

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE PARTÍCULAS DO FOSFATO DE ARAXÁ SOBRE A DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO PARA HÍBRIDOS DE SORGO^{1/}

Regina Maria Quintão Lana^{2/}

José Mário Braga^{2/}

Antônio Carlos Ribeiro^{2/}

José Tarcísio Lima Thiébaud^{3/}

Júlio César Lima Neves^{2/}

1. INTRODUÇÃO

A aplicação direta de rochas fosfatadas nos solos, como fonte de fósforo, é feita há vários anos. Entretanto, a aplicação direta de fontes de fosfatos naturais é limitada pela baixa solubilidade do material. Em razão disso, são de alta importância todos os estudos que visam a seu melhor aproveitamento como fertilizante.

São vários os fatores que contribuem para aumentar a eficiência do uso dos fosfatos naturais, dentre eles a granulometria da rocha fosfatada e a acidez do solo.

BRAGA e NEVES (4) verificaram o efeito do tamanho de partículas do fosfato de Araxá sobre seus teores de fósforo solúvel em água, bem como o efeito do tratamento térmico do material fosfatado, concluindo que o menor tamanho de partículas do fosfato propiciou o maior aproveitamento desse material pelo vegetal. Observaram, ainda, que nos solos com teor de alumínio mais baixo o efeito dos diferentes tamanhos das partículas foi mais evidente, havendo também maior disponibilidade de fósforo nas partículas menores.

^{1/} Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à U.F.V., como um dos requisitos para a obtenção do título «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 4-5-1984.

^{2/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Matemática da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

Estudos conduzidos por CAMPO (8) mostraram que o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% aumenta com a diminuição do tamanho de partículas do fosfato natural até 250 malhas/polegada, estabilizando-se a partir dessa granulometria. Porém os ensaios conduzidos no campo e em casa de vegetação mostraram que em partículas maiores que 100 malhas/polegada o efeito desse fosfato, como fonte de fósforo, é praticamente nulo e que sua eficiência diminui com o aumento do tamanho de partículas, para materiais acima de 100 malhas/polegada (14).

É comumente aceito que o grau de aproveitamento dos fosfatos naturais esteja relacionado com a acidez do solo. A capacidade de sorção de fósforo, associada ao pH do solo, tem, também, grande influência na taxa de solubilização e na eficiência dos fosfatos naturais (2, 9).

Vários trabalhos mostram que a aplicação de fosfatos naturais, em solos ácidos, antes do plantio, aumenta a produção de matéria seca e o teor de fósforo absorvido pelo vegetal (1, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22).

A maior solubilização desses fosfatos pelo alumínio trocável e a diminuição do efeito tóxico desse alumínio pelo fósforo e pelo cálcio, aplicados por via de rocha fosfatada moída, são fatores que têm também relação com a disponibilidade de fósforo para as plantas (6). NOVOA e NUNEZ (18) verificaram que os fertilizantes fosfatados solúveis granulados mostram-se mais eficientes que na forma de pó, principalmente quando aplicados em solos com alta capacidade de sorção de fósforo. Observaram também que rochas fosfatadas moídas propiciaram maior produção de matéria seca da parte aérea de gramíneas em solos com alta capacidade de sorção que uma fonte solúvel, aplicada nas mesmas condições.

A comparação dos efeitos dos fosfatos naturais e das fontes que contêm fósforo solúvel em água, em cultivos sucessivos, tem demonstrado que, no primeiro e segundo ano de cultivo, os efeitos dos fosfatos solúveis são maiores, com tendência a igualar-se aos demais nos cultivos subsequentes (7, 9, 15).

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do tamanho de partículas do fosfato de Araxá sobre o teor de fósforo disponível em amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, cultivados com dois híbridos de sorgo com características diferentes quanto à tolerância à presença de alumínio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se neste experimento um Latossolo Vermelho-Escuro Álico (LEa), com vegetação de cerrado.

Foram usados como fontes de fósforo o fosfato de Araxá, em nove diferentes tamanhos de partículas (C₀, C₁₀, C₂₀, C₄₈, C₁₀₀, C₁₅₀, C₂₀₀, C₂₇₀ e C₄₀₀, correspondentes a 0-10, 10-20, 20-48, 48-100, 100-150, 150-200, 200-270, 270-400 e acima de 400 malhas/polegada, respectivamente), e o superfosfato triplo, passado em peneiras de 60 malhas/polegada. Ambas as fontes de fósforo foram aplicadas em duas doses, equivalentes a, aproximadamente, 25 e 75% da capacidade máxima de adsorção de fósforo - CMAF - do solo.

As doses de fósforo foram de 4 e 12 gramas/vaso, para o fosfato de Araxá, e 2,2 e 6,5 gramas/vaso, para o superfosfato triplo, com base nas percentagens da CMAF. As quantidades de fósforo adicionadas foram calculadas com base no teor de P₂O₅ total de cada fonte de fósforo (24,4% de P₂O₅ para o fosfato de Araxá e 45,16% de P₂O₅ para o superfosfato triplo). Durante um período de incubação de 15 dias o teor de umidade do solo foi mantido próximo da capacidade de campo. Quantidade de solo equivalente a, aproximadamente, 50% da quantidade total foi

dividida em frações de 1,6 kg, que receberam dose de corretivo equivalente a 3,30 g/kg solo.

Os tratamentos constituíram-se de um arranjo fatorial $[2 \times 2 (9 + 1)] + 1$ correspondente a [doses de calcário x doses de fósforo (granulometrias do fosfato de Araxá + granulometria do superfosfato triplo)] + ausência de calcário e fósforo, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Este ensaio foi realizado com dois híbridos de sorgo (tolerante e sensível ao alumínio), com três cultivos sucessivos.

Quarenta dias após a semeadura produziu-se à colheita das plantas. Feita a colheita dos ensaios, coletaram-se amostras de solos de todos os vasos, que foram analisados, quanto a fósforo, pelo extrator Bray-1. No arranjo dos dois últimos cultivos, adotou-se o mesmo método descrito para o primeiro cultivo, omitindo-se somente a calagem e a adição do fosfato de Araxá.

As características químicas e físicas da amostra do solo e a adubação básica utilizada, bem como minúcias do método usado neste trabalho, podem ser encontradas no trabalho de LANA (15).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados referentes ao fósforo disponível mostra efeito significativo de doses e granulometrias e da interação de doses e granulometrias, para cada nível de calagem, nos três cultivos sucessivos, para ambos os híbridos de sorgo (Quadros 1 e 2).

O teor de fósforo extraído pelo extrator Bray-1 variou conforme as granulometrias. Independentemente dos cultivos sucessivos, da presença ou ausência da calagem e da dose de fósforo aplicada, houve aumento do teor de fósforo disponível com a redução do tamanho das partículas até a faixa de granulometria correspondente a 150 malhas/polegada, para os dois híbridos de sorgo (Quadros 3 e 4). Verificou-se que, na ausência da calagem, até o segundo cultivo, a faixa de granulometria para a obtenção de 90% do maior valor do fósforo disponível foi inferior à exigida para os tratamentos com calagem. As faixas de granulometrias foram de 48 a 60 e de 100 a 150 malhas/polegada, na ausência e presença da calagem, respectivamente. No terceiro cultivo, as granulometrias do fosfato que resultaram em 90% desse maior valor foram equivalentes, com e sem calagem, correspondendo a 115 a 150 malhas/polegada para o híbrido sorgo CMS x S 136, tolerante ao alumínio (Quadro 3). Esses resultados sugerem que, na ausência da calagem, o fosfato de Araxá poderá ser usado em tamanho de partículas maiores, o que é mais econômico que a utilização de partículas mais finas. Assim, além de ser favorecido o processo de moagem, será reduzida a fixação de fósforo pelo solo, aumentando seu efeito residual. Resultados semelhantes foram encontrados por ROSCOE *et alii* (19), que verificaram que a adição de calcário reduziu a solubilidade da rocha fosfatada e não foi eficiente no fornecimento de fósforo para os vegetais, em solos calcários. Entretanto, WUTKE *et alii* (23) chegaram a resultados diferentes, concluindo que a elevação do pH concorreu para a solubilização do fósforo contido na fosforita de Olinda, sendo desfavorável ao fosfato Alvorada. Diante desses resultados, supõe-se que a faixa de granulometria do fosfato natural para a obtenção do máximo valor do fósforo disponível varia, conforme o tipo de rocha fosfatada e conforme o nível de acidez do solo. A melhor disponibilidade do fosfato de Araxá parece dar-se numa faixa de pH ligeiramente mais baixa que a da fosforita de Olinda (12).

Um e outro resultados, no entanto, se explicam, desde que se admita certa interação de $H^+ + Al^{+++}$, que atua na solubilização das rochas fosfatadas e suas

QUADRO 1 - Valores médios de fósforo disponível (ppm), em relação ao nível de calcário, doses de fósforo, do fosfato de Araxá, em diferentes classes de tamanho das partículas (malhas/polegada), e de superfosfato triplo, nos três cultivos sucessivos, para o híbrido tolerante (média de 3 repetições)

CULTIVOS	DOSIS DE FOSFATO	CLASSES DE GRANULOMETRIA DO FOSFATO DE ARAXÁ										MÉDIA DO FOSFATO DE ARAXÁ		SUPERFOSFATO TRI-PLO		
		C ₀	C ₁₀	C ₂₀	C ₂₈	Com Calagem					C ₂₀₀	C ₂₇₀	C ₄₀₀			
% CMAF ¹ /																
1.º	25	17	19	47	80	93	100	100	100	100	80	71	60			
	75	19	53	147	247	300	257	253	280	207	196	173	177			
	Média	18	36	97	163	197	178	177	190	143	133	133	177			
2.º	25	20	20	40	80	80	100	140	127	87	77	60	60			
	75	20	47	140	247	306	360	406	293	193	224	173	173			
	Média	20	33	90	163	193	230	273	210	140	150	117	117			
3.º	25	5	12	32	40	47	60	80	80	73	48	40	40			
	75	8	19	127	107	147	193	207	233	227	141	107	107			
	Média	6	16	79	73	97	127	143	157	150	94	73	73			
MÉDIA GERAL		15	28	89	133	162	178	198	185	144	126	102	102			
Sem Calagem																
1.º	25	14	20	40	73	80	87	113	127	93	72	60	60			
	75	16	80	120	140	233	307	220	273	220	179	127	127			
	Média	15	50	80	107	157	197	166	200	158	125	93	10			
2.º	25	20	33	60	40	127	147	140	167	80	90	80	80			
	75	20	53	113	287	293	427	480	673	240	288	194	194			
	Média	20	42	87	163	210	287	310	420	160	189	137	5.7			
3.º	25	20	20	33	60	60	80	100	113	80	63	80	80			
	75	20	20	87	160	140	207	260	240	220	150	183	183			
	Média	20	20	60	110	100	143	180	177	150	107	127	4.8			
MÉDIA GERAL		18	37	75	127	156	208	218	266	156	140	118	118			

1/ Capacidade máxima de adsorção do fosfato.

2/ Solo sem fosfato.

QUADRO 2 - Valores médios de fósforo disponível (ppm) em relação ao nível de calcário, doses de fósforo, fosfato de Araxá, em diferentes classes de tamanho das partículas (malhas/polegada), e de superfosfato triplo, nos três cultivos sucessivos, para o híbrido sensível (média de 3 repetições)

CULTIVOS	DOSES DE FOSFATO		CLASSES DE GRANULOMETRIA DO FOSFATO DE ARAXÁ										MÉDIA DO FOSFATO DE ARAXÁ	SUPERFOSFATO TRI- PLO	SSP ^{2/}		
			C ₀	C ₁₀	C ₂₀	C ₄₈	Com Calagem									C ₂₇₀	C ₄₀₀
							C ₁₀₀	C ₁₅₀	C ₂₀₀	C ₂₇₀	C ₄₀₀						
1.º	25	18.0	26.3	46.7	80.0	86.7	80.0	166.7	106.7	73.3		76.0	100.0				
	75	24.3	73.3	166.7	193.3	240.0	273.3	300.0	360.0	200.0		203.4	153.3				
	Média	21.1	49.8	108.7	136.7	163.4	176.7	233.4	233.4	136.7		139.7	126.7				
2.º	25	20.0	20.0	66.7	80.0	93.3	100.0	100.0	113.3	80.0		74.8	60.0				
	75	20.0	40.0	106.7	273.3	260.0	420.0	340.0	420.0	233.3		234.8	123.3				
	Média	20.0	30.0	86.6	176.6	176.6	260.0	220.0	266.6	156.6		154.8	91.6				
3.º	25	6.7	15.3	43.3	53.3	66.7	66.7	73.3	80.0	73.3		53.0	40.0				
	75	6.7	36.3	56.7	133.3	113.3	146.7	206.7	280.0	240.0		141.0	120.0				
	Média	6.7	25.8	50.0	93.3	90.0	106.7	140.0	180.0	156.6		97.1	80.0				
MÉDIA GERAL		15.95	35.20	81.12	135.56	143.36	181.13	197.80	226.69	150.0		139.57	99.46				
Sem Calagem																	
1.º	25	8.7	26.7	53.3	66.7	80.0	86.7	73.3	106.7	80.0		64.6	73.3				
	75	34.7	73.3	160.0	170.0	260.0	273.3	280.0	326.7	213.3		194.5	180.0				
	Média	21.7	50.0	106.7	118.4	170.0	180.0	176.7	216.7	146.7		129.6	126.7	8.0			
2.º	25	20.0	33.3	46.6	80.0	125.6	173.3	133.3	140.0	80.0		92.5	80.0				
	75	40.0	46.6	106.6	353.0	373.0	413.3	333.3	373.3	246.6		254.0	206.6				
	Média	30.0	40.0	76.6	216.6	250.0	293.3	233.3	256.6	163.3		173.3	143.3	4.2			
3.º	25	26.7	20.0	33.3	53.3	60.0	80.0	80.0	86.7	66.7		56.7	46.7				
	75	20.0	26.7	100.0	146.7	153.3	153.3	206.7	193.3	186.7		129.6	146.7				
	Média	23.3	23.3	66.6	100.0	106.6	116.6	143.3	140.0	126.7		92.9	96.7	3.4			
MÉDIA GERAL		25.0	37.7	83.3	145.0	175.5	196.6	184.4	204.4	145.5		131.9	122.2				

1/ Capacidade máxima de adsorção do fosfato.

2/ Solo sem fosfato.

QUADRO 3 - Equações de regressão, relacionando os teores de fósforo pelo extrator Bray-1 (\bar{Y} , em ppm), as classes de tamanhos de partículas do fosfato de Araxá (G, em mm) e os respectivos valores dessas classes para a obtenção de 90% do fósforo disponível estimado (ppm), considerando as doses de fósforo aplicadas, a presença e ausência da calagem e os cultivos sucessivos, para o híbrido de sorgo CMS x S 136

Cultivos	Doses de P (CMAF)***	Calagem	Equações	R ²	Granulometria para a obtenção de 90% do fósforo disponível estimado (malhas/polegada)
1. ^o	25	Presença	$\bar{Y} = 100,095 - 95,282^{**} G + 23,268^{**} G^2$	0,9442**	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 105,171 - 110,774^{**} G + 27,885^{**} G^2$	0,8765**	48- 60
	75	Presença	$\bar{Y} = 276,225 - 236,291^{**} G + 51,1204^{*} G^2$	0,9033**	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 228,798 - 85,978^{**} G$	0,7114**	48- 60
2. ^o	25	Presença	$\bar{Y} = 112,614 - 121,500^{**} G + 31,481^{*} G^2$	0,8112**	115-150
		Ausência	$\bar{Y} = 114,085 - 40,684^{**} G$	0,6688**	48- 60
	75	Presença	$\bar{Y} = 290,437 - 114,960^{**} G$	0,6410**	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 379,585 - 158,570^{**} G$	0,5838**	48- 60
3. ^o	25	Presença	$\bar{Y} = 70,749 - 75,032^{**} G + 18,404^{*} G^2$	0,8621**	115-150
		Ausência	$\bar{Y} = 90,6920 - 96,8360^{**} G + 25,5312^{*} G^2$	0,8095**	115-150
	75	Presença	$\bar{Y} = 210,207 - 220,228^{**} G + 52,617^{*} G^2$	0,8809**	115-150
		Ausência	$\bar{Y} = 228,531 - 263,187^{**} G + 67,134^{**} G^2$	0,8998**	115-150

* Significativo, a 5%.

** Significativo, a 1%.

*** Capacidade máxima de adsorção do fosfato.

diferentes composições químicas (teor de P_2O_5 , CaO , F , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , etc.), propriedades físico-químicas e mineralógicas.

O efeito da maior solubilização do fosfato de Araxá, na ausência da calagem, sobre o híbrido de sorgo CMS x S 903, sensível ao alumínio, foi atenuado. Observa-se que, para esse híbrido, a faixa de granulometria do fosfato correspondente a 100-150 malhas/polegada resultou em 90% do maior valor do fósforo disponível, independentemente da presença ou ausência da calagem (Quadro 4).

De modo geral, o valor mínimo do fósforo disponível do fosfato de Araxá foi encontrado nas classes de tamanho de partículas menores que 10 malhas/polegada C_0 , aumentando, em seguida, até 150 malhas/polegada, classe de partículas esta que resultou em 90% do fósforo disponível estimado. O aumento das doses de fósforo não acarretou variação na recomendação de uso da granulometria do fosfato, nem no híbrido tolerante nem no sensível (Quadros 3 e 4).

Pela análise de variância, verificou-se que os tratamentos, na ausência da calagem, apresentaram maior teor de fósforo extraído que na presença da calagem, à exceção das classes C_{20} , C_{48} e C_{100} , que apresentaram menores teores de fósforo disponível para o híbrido tolerante ao alumínio (Quadro 1). Para o híbrido sensível, a ausência da calagem teve como resultado teores mais elevados de fósforo até a classe C_{150} de tamanho de partículas, comparativamente à presença da calagem. O contrário foi verificado com as partículas menores do fosfato (C_{200} a C_{400}) (Quadro 2). Isso mostra que a ausência da calagem favoreceu a solubilização do fosfato de Araxá, aumentando o teor de fósforo disponível, principalmente nas classes de maiores tamanhos de partículas. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que, para o fosfato de Araxá, tamanhos de partículas maiores são favorecidos pela ausência da calagem e menores tamanhos de partículas o são com a presença da calagem. Com a análise de variância, observou-se que o efeito da presença ou ausência da calagem sobre a disponibilidade de fósforo variou, conforme o tamanho das partículas do fosfato.

Os efeitos da solubilização do fosfato de Araxá sobre o fósforo disponível, em razão da presença ou não da calagem, não diferiram em relação aos híbridos, que diferiram na sensibilidade ao alumínio.

Com referência ao efeito do tempo de contato entre o solo e o fosfato na disponibilidade de fósforo, os resultados experimentais relacionados na literatura não estão de acordo. Assim, enquanto YOST *et alii* (21) verificaram efeitos positivos do fosfato de Araxá, quando incubado com o solo por maiores períodos de tempo, BRAGANÇA (5) e NOVAIS *et alii* (17) encontraram resultados diferentes. Verificou-se neste trabalho um aumento do fósforo disponível do primeiro para o segundo cultivo e redução no terceiro, tanto na presença como na ausência da calagem, para os híbridos CMS X S 136 e CMS X S 903, tolerante e sensível ao alumínio, respectivamente (Quadros 1 e 2).

Pela análise de variância, verificou-se efeito significativo das doses de fosfato, mostrando que a maior dose provocou aumento do teor de fósforo, em todos os cultivos, na presença e na ausência da calagem. Com o aumento da dose de fósforo do fosfato de Araxá (de 25% para 75% da CMAF), o fósforo disponível foi elevado 2,9 e 2,7 vezes na presença e ausência da calagem, respectivamente. Para o superfosfato triplo, essas relações foram equivalentes a 2,8 e 2,3 vezes, para o híbrido CMS X S 136. Observa-se que, para o superfosfato triplo, o aumento da dose de fósforo, na presença da calagem, resultou num maior aumento do fósforo disponível, enquanto o fosfato de Araxá apresentou comportamento diferente, pois tanto na presença como na ausência da calagem as relações foram as mesmas. Conforme trabalho de GARGANTINI *et alii* (12), foi também observado que os fosfatos solúveis tiveram seus efeitos melhorados com a elevação das quantidades de calcário. O fosfato de Araxá não apresentou nenhum efeito, visto que produções fo-

QUADRO 4 - Equações de regressão, relacionando os teores de fósforo pelo extrator Bray-1 (\bar{Y} , em ppm), as classes de tamanhos de partículas de fosfato de Araxá (O, em mm) e os respectivos valores dessas classes, para a obtenção de 90% do fósforo disponível estimado (ppm), considerando as doses de fósforo aplicadas, a presença e ausência da calagem e os cultivos sucessivos, para o híbrido de sorgo CMS x S 903

Cultivos	Doses de P (CMAF)**	Calagem	Equações	R ²	Granulometria para a obtenção de 90% do fósforo disponível estimado (malhas/polegada)
1.º	25	Presença	$\bar{Y} = 95,5057 - 33,4511 * G$	0,6899*	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 88,7050 - 68,9870 ** G + 14,4127 * G^2$	0,9071**	100-115
	75	Presença	$\bar{Y} = 183,782 - 236,586 * G + 51,263 * G^2$	0,8147*	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 251,163 - 89,6050 ** G$	0,7267**	100-115
2.º	25	Presença	$\bar{Y} = 103,001 - 88,1506 ** G + 20,6664 ** G^2$	0,9151**	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 116,815 - 41,827 * G$	0,5397*	100-115
	75	Presença	$\bar{Y} = 355,349 - 396,833 * G + 98,5436 * G^2$	0,8032*	115-150
		Ausência	$\bar{Y} = 375,374 - 398,499 * G + 98,8382 * G^2$	0,8210**	115-150
3.º	25	Presença	$\bar{Y} = 75,5059 - 68,1259 * G + 15,4848 ** G^2$	0,9759**	100-115
		Ausência	$\bar{Y} = 77,8447 - 77,4489 ** G + 21,0419 ** G^2$	0,8761**	115-150
	75	Presença	$\bar{Y} = 300,334 - 439,289 ** \sqrt{G} + 160,544 * G$	0,8697**	115-150
		Ausência	$\bar{Y} = 191,252 - 189,788 ** G + 45,649 ** G^2$	0,9592**	115-150

* Significativo, a 5%.

** Significativo, a 1%.

*** Capacidade máxima de adsorção do fosfato.

ram semelhantes, tanto no solo que recebeu como no que não recebeu calagem. Observou-se, também, que somente o tratamento com apatita não foi beneficiado pela adição de calcário. WILLIAMS (22) explica essa melhoria da ação dos fosfatos solúveis com a calagem pelo fato de o calcário evitar a fixação do fósforo pelo solo. Com base nos índices de eficiência dos fosfatos naturais brasileiros, nota-se também que é necessário usar maior quantidade de P_2O_5 total na forma desses fosfatos para ter um efeito similar ao dos fosfatos solúveis.

Neste trabalho, na ausência da calagem e com a dose mais elevada de fosfato de Araxá, os efeitos dos diferentes tamanhos de partículas foram mais evidentes, havendo também maior disponibilidade de fósforo. A disponibilidade de fósforo, com os cultivos sucessivos, é dependente da granulometria do fosfato. Assim, com os resultados obtidos, nota-se que o efeito do fosfato de Araxá sobre a disponibilidade de fósforo, em tamanho de partículas maiores, é mais favorecido pelos cultivos sucessivos do que o do fosfato em menores granulometrias.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram conduzidos experimentos, em casa de vegetação, para estudar a influência de nove granulometrias do fosfato de Araxá e de duas doses de fósforo, na presença e ausência da calagem, sobre a disponibilidade de fósforo para dois híbridos de sorgo. As plantas foram cultivadas em amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico (LEa), tomando-se o superfosfato triplo como fonte de referência, em três cultivos sucessivos.

Observou-se que o efeito da granulometria do fosfato de Araxá sobre a disponibilidade de fósforo variou conforme a presença e ausência da calagem, dose de fósforo e cultivos sucessivos. Com a ausência da calagem e com a dose mais elevada do fosfato de Araxá, os efeitos dos diferentes tamanhos de partículas foram mais evidentes, havendo, também, nessa situação, maior disponibilidade de fósforo.

A granulometria do fosfato de Araxá para a obtenção de 90% do maior valor do fósforo disponível foi correspondente à faixa de 100-150 malhas/polegada. Verificou-se que, na ausência da calagem, até o segundo cultivo, essa faixa foi reduzida para 48-60 malhas/polegada. A ausência da calagem favoreceu a solubilização do fosfato até o segundo cultivo, apresentando resultados contrários no cultivo subsequente.

O aumento das doses provocou aumento no teor de fósforo disponível, em todos os cultivos, na presença e na ausência de calagem, porém não acarretou variação na recomendação de uso da granulometria do fosfato.

A disponibilidade de fósforo, com os cultivos sucessivos, é dependente da granulometria do fosfato. Observou-se que o efeito do fosfato de Araxá sobre a disponibilidade de fósforo, em tamanhos de partículas maiores, é mais favorecido pelos cultivos sucessivos que o do fosfato em menores granulometrias.

5. SUMMARY

(INFLUENCE OF PARTICLE SIZE OF ROCK (ARAXÁ) PHOSPHATE ON PHOSPHORUS AVAILABILITY TO SORGHUM HYBRIDS)

Greenhouse studies were conducted to study the effect of nine Araxá rock phosphate granulometries and two phosphorus (P) levels, in the presence and absence of lime, on P availability for two sorghum hybrids. There were three successive plantings and the soil used was an oxisol (dark red latosol) high in

exchangeable Al. Triple superphosphate was also applied at two levels as a reference for soluble phosphate fertilizer.

Results showed that the effect of rock phosphate granulometry on P availability varied with presence and absence of lime, with phosphate level applied, and with the planting. In the absence of lime and at the highest P level applied, the effects of the various size particles upon P availability were more evident and P availability was higher.

Particle sizes ranging from 100-150 mesh corresponded to 90% of the highest value for available P. It was also observed that in the absence of lime, up to the second planting, this range was reduced to 48-60 mesh, with subsequent reduction in P availability for the following planting.

Increasing P levels resulted in increased available P, in all plantings, either in the presence or absence of lime; however, differences were not observed with respect to phosphate granulometry.

Phosphorus availability depended on phosphate granulometry for successive plantings. A higher efficiency of Araxá rock phosphate upon P availability for successive plantings was observed when it was applied as larger particles rather than as smaller ones.

6. LITERATURA CITADA

1. BLANCO, H.G.; VENTURINI, W.R. & GARGANTINI, H. Fosfatos em diferentes condições de acidez do solo. *Bragantia*, 24(22):261-79, 1965.
2. BRAGA, J.M. Resultados experimentais com o uso de fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo. *Revisão de literatura*. Viçosa, UFV, 1970. 61 p. (Boletim n.º 21).
3. BRAGA, J.M.; FRANCO, M. & THIÉBAUT, J.T.L. Efeito de fosfatos naturais parcialmente acidificados com H_3PO_4 , HCl e H_2SO_4 em sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). II. Fósforo absorvido. *Rev. Ceres*, 26(144):131-144, 1979.
4. BRAGA, J.M. & NEVES, M.J.B. Alteração da solubilidade do fosfato de Patos. I. Efeito do tamanho de partículas e do tratamento térmico. *Rev. Ceres*, 28(160):546-554, 1981.
5. BRAGANÇA, J.B. Solubilização do fosfato de Araxá em diferentes tempos de incubação em um solo com diversos níveis de Al trocável. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1979. 69 p. (Tese M.S.).
6. BRAGANÇA, J.B.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F. de & THIÉBAUT, J.T.L. Solubilização do fosfato de Araxá no solo, considerando o teor de alumínio trocável e o tempo de incubação. *Rev. Ceres*, 28(158):383-390, 1981.
7. BUENO, N.; BRAGA, J.M.; THIÉBAUT, J.T.L. & FRANCO, M. Efeito residual de fosfatos naturais parcialmente acidificados com H_3PO_4 , HCl e H_2SO_4 em sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Produção de matéria seca total. *Rev. Ceres*, 26(146):330-340, 1979.
8. CAMPO, R.J. Efeito da interação leguminosa x solo sobre o comportamento de fosfatos naturais. Viçosa, U.F.V. Imprensa Universitária, 1978. 70 p. (Tese M.S.).

9. FERRAZ, C.A.M.; FUZATO, M.C. & SILVA, N.M. Efeito da fosforita de Olin-da e do superfosfato simples sobre a produção do algodoeiro em diferentes so-los do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 28(14):181-193, 1969.
10. FRANCO, M.; BRAGA, J.M. & THIÉBAUT, J.T.L. 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. *Rev. Ceres*, 26(144):113-130, 1979.
11. FUZATO, M.C. & CAVALIERI, P.A. Correlação entre a resposta do algodoei-ro à adubação fosfatada e à análise química do solo nas condições do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 25(37):407-420, 1966.
12. GARGANTINI, H.; FEITOSA, C.T. & IGUE, T. Efeito de diferentes fertilizan-tes fosfatados, em diversas condições de acidez do solo, na produção de trigo em vasos. *Bragantia*, 31(9):110-117, 1972.
13. GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17, Manaus, 1979. Resumo, Soc. Bras. de Ci. do Solo, 1979. p. 38-39.
14. KHASAWNEY, F.E. & DOLL, E.C. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy* 30:159-206, 1978.
15. LANA, R.M.Q. *Influência do tamanho das partículas do fosfato de Araxá so-bre a produção de matéria seca de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. Viçosa, U.F.V. Imprensa Universitária, 1983. 58 p. (Tese M.S.).
16. MOREIRA, S.M.; LOURES, E.G.; THIÉBAUT, J.T.L. & NOVAIS, R.F. de Efei-to da interação gramínea-solo-calagem sobre a eficiência de fosfatos naturais. *Rev. Ceres*, 26(146):360-373, 1979.
17. NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. & MARTINS FILHO, C.A.S. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 4(3):153-155, 1980.
18. NOVOA, F.V. & NUNEZ, R. Efficiency of five phosphate fertilizer sources in soils with different phosphate fixing capacities. *Trop. Agric.*, 2(51):235-245, 1974.
19. ROSCOE, E. JR.; QUADER, M.A. & TROUG, R. Rock phosphate availability as influenced by soil pH. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 19(4):484-487, 1955.
20. SOUZA, J. *Fosfatos naturais como fontes de fósforo, em diferentes períodos de incubação em dois solos*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária. 1977. 55 p. (Tese M.S.).
21. YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E. & NADERMAN, G.C. & SOARES, W.V. Residual effect of phosphorus application. In: *Tropical Soils Research Program. Annual report for 1975*. North Carolina, U.S. Agency for International Development, 1976. p. 26-32.

22. WILLIAMS, C.H. Effect of particle size on the availability of the phosphorus and sulfur in superphosphates. In: **INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS**, 11, Surfers Paradise, Austrália, 1970. Proc., University of Queensland Press, 1970. p. 384-388.
23. WUTKE, A.C.P.; SCHMIDT, N.C.; AMARAL, A.Z.; VERDADE, F.C. & IGUE, K. Disponibilidade de fosfatos naturais em função do pH do solo. *Bragantia*, 21(17).271-295, 1962.