

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS PARTÍCULAS DO FOSFATO DE ARAXÁ SOBRE A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO SORGO^{1/}

Regina Maria Quintão Lana ^{2/}
José Mário Braga ^{2/}
Antonio Carlos Ribeiro ^{2/}
José Tarcísio L. Thiébaut ^{3/}
Júlio César Lima Neves ^{2/}

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, como outros países, tem necessidade de aumentar sua produção agrícola para obter mais alimentos, mais fibras e mais divisas. Nesse contexto, o aproveitamento dos cerrados, área de grande potencial agrícola, graças principalmente à sua dimensão, localização e relevo, é de grande importância para o desenvolvimento nacional. Essa importância cresce dia a dia, embora as áreas de cerrado sejam constituídas de solos pobres e estejam sujeitas à insuficiência hídrica, resultante de irregular distribuição pluviométrica.

Como a fertilidade da maioria desses solos é baixa, é grande a demanda de fertilizantes, especialmente fosfatos, para que a produção seja satisfatória.

A utilização de fosfatos naturais pode constituir um recurso para aumentar a disponibilidade de fósforo nesses solos. Todavia, o emprego desses materiais fosfatados não pode ser recomendado indiscriminadamente, em razão de suas características de solubilidade e de dependerem de fatores como grau de finura do fosfato, acidez do solo, tipo de vegetal, modo de aplicação e tempo de contato entre o fosfato e o solo. Portanto, o uso eficiente desses fertilizantes fosfatados fundamenta-se no conhecimento do comportamento e da dinâmica dessas fontes de fósforo no sistema solo-planta. Assim, diversos estudos têm tentado caracterizar os vários fatores que influenciam seu uso como fonte direta de fósforo para as plantas (4, 5, 8).

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

Recebido para publicação em 21-2-1984.

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

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

É comumente aceito que o grau de aproveitamento dos fosfatos naturais está relacionado com o tamanho das partículas de fosfato. BRAGA e NEVES (6) verificaram o efeito do tamanho das partículas do fosfato de Patos sobre os teores de fósforo solúvel em água e concluíram que o menor tamanho das partículas favoreceu o maior aproveitamento desse material pelo vegetal.

Em razão da sua baixa solubilidade, as rochas fosfatadas reagem com componentes ácidos do solo e liberam fósforo somente na região vizinha à partícula de rocha fosfatada. Conseqüentemente, quanto maior o contato entre o solo e fosfato de rocha, maior a utilização de fósforo pelas culturas. Entretanto, dados indicam que para partículas acima de 100 malhas/polegadas a eficiência de rochas fosfatadas como fonte de fósforo diminui com a redução do tamanho das partículas (15).

Estudos têm mostrado também que fosfatos naturais de menor reatividade não são convertidos em formas mais disponíveis simplesmente pela moagem em partículas.

BRAGANÇA (7) e CANTARUTTI (9) verificaram menor produção em solos com maiores teores de alumínio trocável, apesar da maior solubilização dos fosfatos naturais utilizados nessa situação. Isso foi atribuído à acidez, que, atuando positivamente sobre a solubilização do fosfato, provocou, ao mesmo tempo, menor eficiência no uso do fósforo solubilizado pelas plantas.

ROSCOE *et alii* (19) e SOUZA (20) verificaram que a melhoria da eficiência dos fosfatos naturais em solos ácidos não resulta somente do efeito direto da atividade hidrogeniônica, mas também do fato de que, em tais solos, além de muito alumínio, há pouco cálcio e pouco fósforo.

Segundo COOKE (10), a baixa eficiência da rocha fosfatada como fonte de fósforo pode ser devida ao uso de pequenas quantidades e ao fato de os experimentos serem, geralmente, conduzidos somente numa estação do ano. Nessas condições de aplicação de baixas doses de fósforo e de pequeno tempo de contato entre o fosfato e o solo, os fosfatos solúveis, quando tomados para efeitos de comparação, são favorecidos.

A comparação entre os 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, tendendo a igualar-se aos demais nos cultivos subseqüentes (11).

Comparando os efeitos do fosfato de Araxá e do superfosfato simples na produção de milho, em condições de campo, durante dois anos, BRAGA (3) concluiu que, economicamente, o fosfato de Araxá mostrou-se equivalente ao superfosfato, quando aplicado em quantidade quatro vezes maior. O fosfato de Araxá, como todos os demais fosfatos naturais testados, nem sempre alterou significativamente a produção de matéria seca do vegetal, muito embora sua economicidade tivesse sido maior, principalmente pelo seu efeito residual (4).

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do tamanho das partículas do fosfato de Araxá, usado como fertilizante, sobre a produção de matéria seca do sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste experimento, utilizou-se amostra da camada de 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), com vegetação de cerrado, da região de Sete Lagoas-MG, química e fisicamente caracterizada (Quadro 1).

A amostra de solo, homogeneizada e passada em peneira de 10 malhas/polegada, foi dividida em duas porções iguais. Cada porção foi novamente dividida em 10 partes iguais, que receberam o fosfato de Araxá, em nove diferentes classes de tamanho, e o superfosfato triplo, seco em estufa e passado em peneira de 60 malhas/polegada. As classes de partículas do fosfato de Araxá receberam a seguinte

QUADRO 1 - Características químicas e físicas da amostra do solo utilizado (média de três repetições)*

Características	Valores
pH em água (1:2,5)	4,5
Al ⁺⁺⁺ (eqmg/100g) ¹	2,2
Ca ⁺⁺ (eqmg/100g) ¹	0,36
Mg ⁺⁺ (eqmg/100g) ¹	0,14
P (ppm) ²	1,0
K ⁺ (ppm) ²	35,0
Matéria orgânica (%) ³	7,04
Capacidade máxima de adsorção P (mgP/g solo) ⁴	1,0231
"Capacidade de campo" (%)	24,3
Areia grossa (%)	5
Areia fina (%)	16
Silte (%)	16
Argila (%)	63

* Análises realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UFV.

1 Extrator: KC1 1N (VETTORI, (21))

2 Extrator: Mehlich - 1 (VETTORI, (21))

3 Método: WALKLEY-BLACK (VETTORI, (21))

4 MÉTODO: OLSEN e WATANABE (18)

codificação: 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 mais de 400 malhas/polegada, respectivamente. Ambas as fontes de fósforo foram aplicadas em dois níveis, equivalentes a aproximadamente 25 e 75% da capacidade máxima de adsorção de fósforo do solo, correspondendo à aplicação de 4 e 12 g/vaso para o fosfato de Araxá e 2,2 e 6,5 g/vaso para o superfosfato triplo, respectivamente. As combinações de níveis dos fatores mencionados constituíram os tratamentos, que foram dispostos num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

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 45,2% de P₂O₅ para o superfosfato triplo). Durante um período de incubação de 15 dias, o teor de umidade do solo foi mantido próximo à capacidade de campo. Após esse período, as porções de solo foram secadas ao ar, destorreadas e novamente passadas em peneiras. Quantidade de solo equivalente a aproximadamente 50% da quantidade total de cada porção foi dividida em porções de 1,6 kg, as quais receberam dose de corretivo equivalente a 3,30 g/kg solo. Essa dose foi determinada

pelo processo de incubação, visando a elevar o pH para 5,5. O solo corrigido foi incubado num nível de umidade correspondente à capacidade de campo.

Após 15 dias, procedeu-se ao plantio, utilizando-se sementes de dois híbridos de sorgo, CMSXS 136 e CMSXS 903, tolerante e sensível ao alumínio, respectivamente. Utilizaram-se 25 sementes, deixando-se 15 plantinhas após o desbaste. Os tratamentos constituíram-se de um arranjo fatorial $(9 \times 2 \times 2) \times 3$, correspondente a nove classes de tamanho de partículas de fosfato de Araxá, dois níveis de fósforo (25% e 75% da capacidade máxima de adsorção — CMAF), de cada uma das fontes, fosfato de Araxá e superfosfato triplo, e dois níveis de calagem (presença e ausência). As adubações com macro e micronutrientes, exceto P e Ca, foram feitas no dia seguinte ao do desbaste e, depois, a cada oito dias (Quadro 2).

Aos 40 dias após a semeadura, procedeu-se à colheita do experimento, cortando-se a parte aérea das plantas rente ao solo. As raízes foram separadas, após a secagem do solo, e lavadas, em seguida, com água desmineralizada. Após a secagem em estufa com ventilação forçada, foi feita a determinação do peso da matéria seca da parte aérea e das raízes.

Foram feitos mais dois cultivos sucessivos, adotando-se o mesmo método descrito para o primeiro cultivo, omitindo-se somente a calagem e a adição de fosfato.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Matéria Seca da Parte Aérea*

Os dados de produção de matéria seca da parte aérea do sorgo mostram a influência do tamanho das partículas do fosfato de Araxá e dos cultivos sucessivos

QUADRO 2 - Solução nutritiva usada na adubação básica dos vasos *

<u>Solução</u> A:		g/1
KNO_3		8,5252
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		10,3944
<u>Solução</u> B:		
H_3BO_3		1,55
$\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$		0,90
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		0,58
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,08
H_2MoO_4		0,02

* Foram aplicados 100 ml da solução A e 20 ml da solução B, por vaso, no dia seguinte ao do desbaste e, depois, a cada oito dias.

(Quadro 3). O efeito do tamanho das partículas do fosfato de Araxá sobre a produção de matéria seca da parte aérea variou conforme a sucessão dos cultivos.

No primeiro cultivo, para o híbrido tolerante, observou-se tendência de aumento da produção de matéria seca da parte aérea com o decréscimo das partículas de fosfato (Quadro 3), o que está de acordo com BRAGA e NEVES (6), que obtiveram resultados semelhantes. Entretanto, houve aumento na produção de matéria seca até as classes de partículas C48 e C150, para o segundo e terceiro cultivo, respectivamente, verificando-se redução a partir dessas granulometrias.

Tal fato pode ser explicado por uma reação mais rápida do fosfato com o solo, quando as partículas do material fosfatado eram menores. Já em partículas de maior tamanho, reagindo mais lentamente, o fosfato assegurou maior produção por maior período de tempo. A reação aqui mencionada refere-se à ação da acidez e dos óxidos de ferro e de alumínio do solo tanto na solubilização do material fosfatado quanto na passagem de P-Lábil para P- Não-Lábil.

No segundo e terceiro cultivo, o efeito do tamanho das partículas do fosfato sobre a produção de matéria seca foi menor que no primeiro cultivo (Quadro 3). Isso indica que, com o prolongamento do tempo de contato fosfato-solo, o efeito do tamanho das partículas na produção de matéria seca foi atenuado. O efeito residual do fosfato em partículas maiores foi maior do que em partículas mais finas (Quadro 3).

O efeito do tamanho das partículas foi estatisticamente significativo para o híbrido tolerante em todos os cultivos, ao passo que, para o sensível, foi-o apenas no primeiro e no segundo cultivo. Após o segundo cultivo, houve efeito significativo para granulometria apenas na presença da calagem, enquanto, após o terceiro cultivo, esse efeito foi significativo para os tratamentos que não receberam calagem (Quadro 3).

Com os cultivos sucessivos, a produção de matéria seca foi-se igualando, nas várias granulometrias testadas, com tendência de apresentarem as partículas intermediárias as maiores produções. Além do efeito do tamanho das partículas do fosfato sobre a produção de matéria seca da parte aérea, houve efeito da calagem, para os dois híbridos de sorgo (Quadro 3). Na ausência da calagem, o efeito dos tamanhos das partículas foi diferente do verificado com a calagem. As quedas de produção de matéria seca, obtidas, de modo geral, no primeiro cultivo, na ausência da calagem, provavelmente podem ser explicadas pela possibilidade de ter o nível de alumínio trocável superado o teto de tolerância do híbrido CMXXS 136.

No segundo cultivo, na ausência da calagem, observou-se maior produção com as partículas de fosfato maiores, correspondentes às classes C0, C10 e C48 (Quadro 3).

O superfosfato triplo apresentou maior produção, quando comparado ao fosfato de Araxá, em todos os cultivos, na ausência e na presença da calagem. Entretanto, com os cultivos sucessivos, a produção de matéria seca obtida com o superfosfato triplo diminuiu mais acentuadamente que a obtida com o fosfato de Araxá (Quadro 3). Possível justificativa para essa ocorrência seria a maior redução da disponibilidade de fósforo com os cultivos sucessivos, quando se utiliza uma fonte totalmente solúvel, comparativamente ao fosfato de Araxá.

Com referência ao efeito do tempo de contato entre o solo e o fosfato, em cultivos sucessivos, sobre a produção de matéria seca dos vegetais, os resultados já obtidos não estão em concordância. Enquanto WEEKD e MILLER (23), BRAGANÇA (7) e NOVAIS *et alii* (17) verificaram um declínio na produção de matéria seca com os cultivos sucessivos, VIEGAS e FREIRE (22), SOUZA (20) e MOREIRA *et alii* (16) obtiveram resultados diferentes. NOVAIS *et alii* (17) sugerem que o efeito do tempo de contato entre o fosfato e o solo na produção de matéria seca varia de um solo para outro.

ARNDT e MCINTYRE (2), ao pesquisarem o efeito residual do superfosfato e da rocha fosfatada, usando o sorgo como planta indicadora, concluíram que, durante os primeiros cinco anos, o efeito residual do superfosfato torna-se progressivamente menos eficaz.

Quando o solo recebeu calagem, foi verificado que, nos tratamentos com superfosfato triplo, a produção foi maior em todos os cultivos, comparativamente aos tratamentos sem calagem (Quadro 3), o que está de acordo com os resultados de CANTARUTTI (9).

A produção de matéria seca da parte aérea, para o híbrido tolerante, foi maior para todas as classes de partículas, com e sem calagem, no primeiro cultivo. Tanto para o híbrido tolerante quanto para o sensível, as produções de matéria seca da parte aérea não diferiram, significativamente, na presença da calagem, com o emprego do superfosfato triplo. Já na ausência da calagem, com a mesma fonte de fósforo, o tolerante produziu maiores quantidades de matéria seca.

Isso pode ser explicado pelos efeitos das condições de acidez do solo sobre as plantas sensíveis, que se manifestam mais intensamente no sistema radicular, interferindo nos processos bioquímicos e fisiológicos dos vegetais (13).

Houve efeito significativo do tamanho das partículas sobre a produção de matéria seca da parte aérea, para o híbrido sensível, após o primeiro e segundo cultivo, nos tratamentos que receberam calagem, enquanto nos tratamentos em que a calagem não foi aplicada apenas no segundo cultivo houve efeito estatisticamente significativo (Quadro 3).

No primeiro cultivo, nos tratamentos com calagem, as médias de produção de matéria seca obtidas com o uso da classe C150 à C400 não diferiram entre si, verificando-se os melhores resultados. No segundo cultivo, as médias obtidas com as partículas maiores, correspondentes às cinco primeiras classes, resultaram nas maiores produções. No terceiro cultivo, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os vários tamanhos de partículas (Quadro 3).

Para o híbrido tolerante ao alumínio, os efeitos dos diferentes tamanhos de partículas foram maiores, quando comparado com o híbrido sensível. De fato, a tolerância ao alumínio parece estar estreitamente associada à eficiência no uso do fósforo. Para a variedade sensível, o teor de alumínio trocável do solo foi tão elevado, que provocou redução na matéria seca, de tal forma que não ocorreram diferenças entre os diferentes tamanhos de partículas no primeiro e terceiro cultivo.

3.2. *Matéria Seca das Raízes*

A produção de matéria seca das raízes do sorgo foi influenciada pelo tamanho das partículas do fosfato de Araxá (Quadro 4).

A análise dos dados revelou efeito significativo do tamanho das partículas do fosfato de Araxá sobre a produção de matéria seca das raízes no primeiro e segundo cultivo, para o híbrido CMSXS 136, tolerante ao alumínio. Para o híbrido CMSXS 903, sensível ao alumínio, houve efeito significativo desse parâmetro apenas no segundo cultivo (Quadro 4). Isso indica que, com o prolongamento do tempo de contato entre o fosfato e o solo, o efeito do tamanho das partículas do fosfato na produção de matéria seca foi atenuado.

O híbrido tolerante apresentou maior produção em todos os cultivos e na ausência e presença da calagem, bem como maior efeito do tamanho das partículas, comparativamente ao híbrido sensível (Quadro 4). Segundo FOY e BROWN (12), a tolerância de uma espécie ou variedade ao alumínio está relacionada com a capacidade da planta em absorver e utilizar fósforo na presença de excesso desse cátion. De fato, para o híbrido sensível, foram observados sintomas visuais típicos de deficiência de fósforo na parte aérea, principalmente nos tratamentos sem a calagem e com a dose mais baixa de fósforo.

QUADRO 3 - Produção de matéria seca da parte aérea (g/vaso), sob efeito da presença ou ausência de calagem e de diferentes tamanhos de partículas de fosfato de Araxá e de superfosfato triplo, nos três cultivos sucessivos, para dois híbridos de sorgo com diferentes características de tolerância à presença de alumínio (média de três repetições)

Cultivos	C ₀	C ₁₀	C ₂₀	C ₄₈	C ₁₀₀	C ₁₅₀	C ₂₀₀	C ₂₇₀	Classe de granulometria do fosfato de Araxá		
									Tolerante	Sensível	Superfosfato triplo
Tolerante											
Com calagem	1. ⁰	1,46d	1,65cd	1,79cd	2,21bc	2,20bc	2,51ab	2,68a	2,80a	3,13a	21,88
	2. ⁰	1,02ab	1,15ab	1,18ab	1,32ab	1,53a	0,98b	1,11ab	1,46ab	1,06ab	11,30
	3. ⁰	1,21	1,40	1,56	1,31	1,19	1,63	1,30	1,33	1,22	5,03
Sem calagem	1. ⁰	1,07e	1,20e	1,29e	1,49de	1,80cde	1,95bcd	2,07bc	2,31b	2,85a	18,34
	2. ⁰	1,20	1,19	1,30	1,23	0,98	1,03	1,02	1,05	1,25	8,67
	3. ⁰	0,95b	1,02ab	0,87b	1,13ab	1,38a	1,02ab	0,92b	1,11ab	1,12ab	4,40
Sensível											
Com calagem	1. ⁰	1,40c	1,40c	1,50c	1,61bc	1,71bc	2,26ab	2,04ab	2,36a	2,50a	22,88
	2. ⁰	0,50a	0,62a	0,57a	0,76a	0,63a	0,39b	0,35b	0,62b	0,46a	7,57
	3. ⁰	0,74	0,71	0,96	0,83	0,79	0,77	0,80	0,91	0,71	2,51
Sem calagem	1. ⁰	0,64	0,83	0,72	0,79	0,99	0,92	1,11	0,91	0,99	10,62
	2. ⁰	0,65a	0,76a	0,79a	0,69a	0,46b	0,49b	0,54a	0,45b	0,58a	5,57
	3. ⁰	0,43	0,45	0,63	0,62	0,59	0,57	0,58	0,53	0,75	2,49

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5%.

* Solo sem fosfato.

QUADRO 4 - Produção de matéria seca das raízes (g/vaso), sob o efeito da presença ou ausência de calagem e de diferentes tamanhos de partículas de fosfato sêneca e de alumínio (média de três repetições) nos três cultivos sucessivos, para dois híbridos de sorgo com diferentes características de tolerância à pre-

Cultivos	C ₀	Classe de granulometria do fosfato de Araxá									
		Tolerante					Sensível				
		C ₁₀	C ₂₀	C ₄₈	C ₁₀₀	C ₁₅₀	C ₂₀₀	C ₂₇₀	C ₄₀₀	C ₄₀₀	SSF*
Com calagem	1 ^o	1,56	1,42	1,73	2,31	2,09	2,60	2,65	2,91	3,67	15,78
	2 ^o	1,02	1,01	1,13	1,30	1,50	0,80	0,70	0,85	0,77	7,24
	3 ^o	0,88	1,12	0,84	0,82	0,92	1,15	1,06	1,12	0,87	5,07
Sem calagem	1 ^o	1,20e	1,27de	1,25de	1,44cd	1,80bcd	1,76bcd	1,93bc	2,14ab	2,65a	11,94
	2 ^o	1,00	1,23	1,15	1,19	0,66	0,74	0,76	0,75	0,99	5,15
	3 ^o	0,55	0,51	0,58	0,54	0,61	0,68	0,85	0,60	0,75	4,73
Com calagem	1 ^o	1,31b	1,33b	1,24b	1,24b	1,38ab	1,69a	1,50a	1,78a	2,08a	15,42
	2 ^o	0,44a	0,48a	0,49a	0,57a	0,56a	0,20a	0,21a	0,25b	0,17b	5,31
	3 ^o	0,74	0,44	0,57	0,56	0,52	0,60	0,53	0,49	0,48	0,12
Sem calagem	1 ^o	0,35	0,31	0,42	0,44	0,53	0,59	0,65	0,55	0,53	5,99
	2 ^o	0,53a	0,52a	0,68a	0,57a	0,22b	0,22b	0,26b	0,25b	0,27b	2,05
	3 ^o	0,23	0,18	0,31	0,39	0,28	0,33	0,38	0,66	0,61	5,45

Solo sem fosfato.

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma Linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5%.

Houve redução da produção de matéria seca do primeiro para o segundo cultivo com todas as classes de partículas. Entretanto, do segundo para o terceiro cultivo essa redução foi apenas até a classe de partículas C100, com inversão desses resultados acima dessa classe (Quadro 4).

O efeito do tamanho das partículas de fosfato na matéria seca variou conforme os cultivos. Assim, no primeiro cultivo, observou-se aumento da produção com o decréscimo das partículas de fosfato. Já no segundo e terceiro cultivo a maior produção foi verificada para as classes C48 e C10, para o híbrido tolerante, e para as classes C20 e C270, para o sensível, respectivamente (Quadro 4).

O efeito dos diferentes tamanhos de partículas sobre a produção de matéria seca das raízes variou conforme a aplicação ou não de calagem (Quadro 4). Nos tratamentos com a calagem, para o híbrido tolerante, não houve efeito significativo em nenhum dos cultivos. Já no tratamento sem calagem esse efeito foi significativo no primeiro cultivo. Quando o solo recebeu calagem, foi verificado que, nos tratamentos com superfosfato triplo, a produção foi maior em todos os cultivos, comparativamente aos tratamentos sem calagem, o que está de acordo com os resultados de CANTARUTTI (9).

No primeiro cultivo, para o fosfato de Araxá, os tratamentos que receberam calagem apresentaram uma produção média de raízes de 2,33 g, contra 1,71 g para os tratamentos sem calagem. Possivelmente, esse aumento de produção foi devido ao fato de o calcário reduzir a sorção de fósforo pelo solo e a precipitação do alumínio, na forma de complexo P-Al, na superfície da raiz. No trabalho de GARGANTINI e SOARES (14) também foi observado que a aplicação de materiais corretivos da acidez do solo aumenta sensivelmente a eficiência dos fertilizantes fosfatados naturais, influenciando diretamente tanto a produção de matéria seca das raízes como a matéria seca da parte aérea. No presente trabalho, a menor produção de matéria seca das raízes foi obtida na ausência da calagem e com a menor dose de fósforo.

O valor médio de produção de matéria seca obtido com a menor dose de fósforo no tratamento com calagem foi superior ao obtido com a maior dose nos tratamentos sem calagem.

WILLIAMS (24) diz que o fato de a calagem, isoladamente, aumentar a produção do vegetal é devido a seu efeito sobre as formas inorgânicas de fosfato existentes no solo, porquanto as torna aproveitáveis pelas plantas.

O superfosfato triplo propiciou maior produção de matéria seca de raiz e parte aérea, quando comparado ao fosfato de Araxá, em todos os cultivos e na ausência e presença da calagem. Entretanto, com os cultivos sucessivos, a produção de matéria seca obtida com o superfosfato triplo diminuiu mais acentuadamente que a obtida com o fosfato de Araxá (Quadro 4).

Esse resultado pode ser atribuído à maior solubilidade e, consequentemente, maior intensidade de reação do fósforo do superfosfato triplo com o solo.

Esse fato foi também observado por AGUILAR *et alii* (1), que chegaram à conclusão de que o superfosfato triplo foi superior aos fosfatos naturais, diferença que se foi reduzindo no decorrer de ensaios mais prolongados.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram conduzidos experimentos, em casa de vegetação, para estudar a influência do tamanho das partículas do fosfato de Araxá, comparativamente ao superfosfato, com duas doses de fósforo e de calagem, sobre a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes de dois híbridos de sorgo, em Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa).

Os tratamentos constituíram-se de nove classes de tamanho de partículas do

fosfato de Araxá, correspondentes a 0-10, 10-20, 20-48, 48-100, 100-150, 150-200, 200-270, 270-400 e mais de 400 malhas/polegada, dois níveis de fósforo (25% e 75% da capacidade máxima de adsorção), como fosfato de Araxá e superfosfato triplo, e dois níveis de calagem (presença e ausência), usando-se dois híbridos de sorgo (CMX x S 136 e CMSxS 903), tolerante e sensível ao alumínio, respectivamente. Foram realizados três cultivos sucessivos, procedendo-se à colheita das plantas 40 dias após a semeadura, em cada cultivo.

O peso da matéria seca da parte aérea e das raízes variou conforme a granulometria, fonte e dose de fósforo, presença e ausência de calagem e cultivos sucessivos.

Esse efeito foi mais evidenciado na ausência da calagem e com a dose de fosfato correspondente a 75% da capacidade máxima de adsorção de fósforo, no primeiro cultivo. Tanto na ausência como na presença da calagem, houve maior disponibilidade de fósforo quando este foi aplicado na forma de partículas menores. Já no segundo e terceiro cultivo, na ausência da calagem, as partículas de maior tamanho propiciaram maiores produções de matéria seca total.

A melhor faixa de tamanho de partículas do fosfato, considerando a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, variou conforme a calagem e dose do fosfato natural. Entretanto, observaram-se diferenças mínimas entre as classes C200 e C270, o que evidencia a não-necessidade do uso de frações menores que as da classe C200.

As classes de partículas que propiciaram maior produção de matéria seca da parte aérea foram a C400, a C100 e a C48, para o primeiro, segundo e terceiro cultivo, respectivamente.

O híbrido tolerante ao alumínio (CMSXS 136) apresentou maior produção de matéria seca para todas as classes de tamanho de partículas.

5. SUMMARY

(THE INFLUENCE OF PARTICLE SIZE OF ARAXÁ PHOSPHATE ON DRY MATTER PRODUCTION OF GRAIN SORGHUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Experiments were carried out in pots, in the greenhouse, to evaluate the effects of particle size of Araxá phosphate rock (0-10; 10-20; 20-48; 48-100; 100-150; 150-200; 200-270 and larger than 400 mesh/inch), phosphorus sources (Araxá phosphate rock and triple superphosphate), phosphorus levels (25% and 75% of the maximum soil adsorption capacity), and liming (presence and absence) on dry matter production of two sorghum hybrids (CMSXS 136 and CMSXS 903, tolerant and sensitive to aluminum, respectively). The hybrids were seeded and harvested in the same pots three times, consecutively. At each time, the plants were harvested 40 days after emergence and separated as to shoot and root, then dried and weighed.

Shoot and root dry weights were affected by the particle size of the phosphate rock, by phosphorus levels and sources, by liming, and by the harvest time. This effect was most prominent in the absence of liming and with the phosphate level corresponding to 75% of the maximum phosphorus adsorption capacity of the soil, in the first planting.

Phosphorus availability was greater when this element was applied as smaller particles whether liming was performed or not. However, in the second and third plantings, when liming was not performed, larger particles resulted in greater dry matter production. When dry matter production of shoot and roots was considered, the best particle size varied with liming and the level of rock phosphate

applied. However, small differences were observed between C₂₀₀ and C₂₇₀, showing that the application of a fraction smaller than C₂₀₀ was not necessary.

The particle sizes that resulted in greater dry matter production of tops were C₄₀₀, C₁₀₀ and C₄₈ in the first, second and third plantings, respectively. CMSXS 136, the hybrid tolerant to Al, produced more dry matter than did CMSXS 903, the sensitive hybrid, regardless of particle size.

6. LITERATURA CITADA

1. AGUIAR, H.C.; CORREA, D.M. & NEVES, O.S. Adubação do algodoeiro. VIII. Ensaio com diversos adubos fosfatados. *Bragantia*, 19(4):35-56. 1960.
2. ARNDT, W. & MCINTYRE, G.A. The initial and effects of superphosphate and rock phosphate for sorghum on a lateritic red earth. *Aust. J. Agric. Res.*, 14(6):785-795. 1963.
3. BRAGA, J.M. *Contribuição ao estudo do fosfato de Araxá, como fonte de fósforo, em um solo de Viçosa. Minas Gerais.* Viçosa, U.F.V., 1967. 65 p. (Tese M.S.).
4. BRAGA, J.M. *Resultados experimentais com o uso de fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo.* Viçosa, U.F.V., 1970. 61 p. (Boletim Técnico n.º 21).
5. BRAGA, J.M.; FRANCO, M. & THIÉBAUT, J.T.L. Efeito de fosfatos naturais parcialmente acidificados com H₃PO₄, HCl e H₂SO₄ em sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). II — Fósforo absorvido. *Rev. Ceres*, 26(144): 131-144. 1979.
6. 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.
7. BRAGANÇA, J.B. *Solubilização do fosfato de Araxá em diferentes tempos de incubação em um solo com diversos níveis de Al trocável.* Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1979. 69 p. (Tese de M.S.).
8. BRAGANÇA, J.B.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F. & 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.
9. CANTARUTTI, R.B. *Época de aplicação do fosfato natural, em relação à calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável.* Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1980. 44 p. (Tese M.S.).
10. COOKE, G.N. Fixation of phosphate during the acid extraction of soil. *The Journal of Soil Science*, 2(2):254-262. 1951.
11. FERRAZ, C.A.M.; FUZATO, M.G. & SILVA, N.M. Efeito da fosforita de Olinda e do superfosfato simples sobre a produção do algodoeiro em diferentes solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 28(14):181-193. 1969.
12. FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. (ed). *The plant root and its environment.* Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.

13. FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soil: II. Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28(1):27-32. 1964.
14. GARGANTINI, H. & SOARES, E. Efeito de diversos fertilizantes fosfatados na produção de trigo cultivado em vasos. *Bragantia*, 32(9):193-201. 1976.
15. KHASAWNEH, F.E. & DOLL, E.C. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy*, 30:159-206. 1978.
16. MOREIRA, S.M.; LOURES, E.G.; THIÉBAUT, J.T.L. & NOVAIS, R.F. Efeito 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. OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21(2):144-149. 1957.
19. ROSCOE, E. Jr.; QUADER, M.A. & TRUOG, 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. VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24 p. (Boletim técnico n.º 7).
22. VIÉGAS, G.P. & FREIRE, E.S. Adubação de milho. XI — Efeito residual de fósforo. *Bragantia*, 17(21):271-278. 1958.
23. WEEKS, M.E. & MILLER, H.F. The residual effects of phosphate used on long time field experiments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 13:102-107. 1948.
24. WILLIAMS, C.H. Effect of particle-size on the availability of the phosphorus and sulfur in superphosphate. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Queensland, 1970. Proceedings, University of Queensland Press, 1970, vol. II, p 384-388.