

RENDIMENTO DE MATÉRIA SECA E CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA DE MILHO INFLUENCIADOS PELA ADUBAÇÃO COM SUPERFOSFATO TRIPLO EM PÓ E EM GRÂNULOS⁽¹⁾

D. M. G. de SOUSA⁽²⁾ & S. J. VOLKWEISS⁽³⁾

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da granulação do superfosfato triplo (ST) no rendimento de matéria seca e acúmulo de fósforo (P) na parte aérea do milho. Para isso, foram instalados experimentos em vasos com amostras dos solos Santo Ângelo (Latosolo Roxo distrófico), São Jerônimo (Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico) e Tupanciretã (Podzólico Vermelho-Amarelo), aos quais se adicionaram doses de ST em pó e em grânulos com 2,00-2,38, 4,00-4,78 e 5,66-6,35 mm de diâmetro, cultivando-se milho até dezoito dias após a emergência. Foram determinados o rendimento de matéria seca e o conteúdo de fósforo (P) da parte aérea e as alterações causadas nas características morfológicas do sistema radicular do milho com a variação dos diâmetros dos grânulos do ST. A granulação do ST provocou aumento na quantidade de P absorvido por unidade de área de raiz, mas causou a diminuição no comprimento do sistema radicular das plantas. O rendimento de matéria seca não foi alterado, enquanto o conteúdo de P da parte aérea do milho aumentou com a granulação do ST nos solos São Jerônimo e Tupanciretã. No Santo Ângelo, houve um decréscimo no rendimento de matéria seca e o conteúdo de P da parte aérea não foi afetado.

Termos de indexação: Fósforo, superfosfato triplo, granulação.

SUMMARY: *DRY MATTER PRODUCTION AND PHOSPHORUS CONTENT OF CORN PLANTS IN RESPONSE TO POWDERED AND GRANULATED TRIPLE SUPERPHOSPHATE FERTILIZATION*

Corn plants were grown for 18 days on pots where three soils received powdered and granulated (2.00-2.38, 4.00-4.78, and 5.66-6.35 mm diameter) triple superphosphate (TSP) application. Dry matter production and P content of the corn tops as well as morphological characteristics of the root system were determined. An increase on P uptake per unit area of root and a decrease on root length were observed when granulated TSP was applied. Dry matter production was not affected and P content of corn tops increased when granulated TSP was applied to two of the soils. On the third soil, dry matter production decreased and P content of tops was not affected.

Index terms: Phosphorus, triple superphosphate, granulation.

INTRODUÇÃO

A maior parte do P de adubos fosfatados solúveis é insolubilizada após sua incorporação ao solo (Volkweiss & Raij, 1977). A magnitude dessa insolubilização, ou retenção, depende de propriedades químicas do solo e dos mecanismos pelos quais o P reage com seus componentes.

A granulação de fosfatos solúveis e sua aplicação em linhas ou faixas no solo são feitas pra diminuir o volume de solo em contato com o P e, assim, diminuir a magnitude das reações de insolubilização do P. Contudo, esses processos de localização do P no solo, se, por um lado, levam ao aumento do teor de P na solução nas regiões onde o adubo se localiza, por outro diminui o volume total do solo ocupado por P (Sousa & Volkweiss, 1987).

⁽¹⁾ Parte da dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em julho de 1980. Trabalho financiado pela FINEP e apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Salvador (BA), de 30/8 a 5/9 de 1981. Recebido para publicação em novembro de 1986 e aprovado em abril de 1987.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA/CPAC, Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 Planaltina (DF).

⁽³⁾ Professor-Adjunto do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 776. CEP 91500 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq.

O fluxo de P da solução do solo em contato com a raiz para o interior da planta é determinado pela sua concentração na superfície da raiz, pela extensão do sistema radicular e pela capacidade de a raiz absorver P (Anghinoni, 1979). A manutenção da concentração de P na superfície da raiz depende dos mecanismos pelos quais o P se movimenta no solo, sendo o principal o da difusão (Barber, 1962), responsável por aproximadamente 95% de suprimento de P às raízes. Outros mecanismos, como fluxo de massa e interceptação radicular, podem passar a ter maior importância neste suprimento quando da localização de P, devido às altas concentrações do nutriente na solução do solo nessas regiões, principalmente nos dias iniciais de reação do fosfato solúvel com o solo.

Incrementos no rendimento de matéria seca e absorção de P pelas plantas têm sido observados quando se aumenta o diâmetro dos grânulos de ST até determinado tamanho. Uma queda posterior nesses parâmetros ocorre se o diâmetro dos grânulos continua a aumentar (Suarez & Igue, 1974; Barreto, 1977).

A localização de P aplicado na forma de ST, em sulcos de plantio (Yost et alii, 1979), ou uma localização em percentagem de volume de solo, aplicado na forma de solução de fosfato monocálcico (FMC) (Anghinoni, 1979), promovem maior desenvolvimento de raízes nessas regiões, o que compensa, pelo menos em parte, o menor volume de solo em que o fertilizante foi aplicado. Segundo Anghinoni (1979), o raio médio das raízes diminui na região onde se encontra maior teor de P, com a diminuição do volume de solo adubado com uma mesma quantidade de solução de FMC por vaso. Com a diminuição do raio médio, para uma mesma massa de raízes, há um aumento da área superficial de raízes e a possibilidade de maior absorção de P e de outros nutrientes pelas plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dose e do tamanho de grânulos de ST no rendimento de matéria seca da parte aérea, na absorção de P e em características morfológicas das raízes de milho cultivado em vasos, em três solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos em que se cultivou milho em vasos contendo 5,5 litros dos solos das unidades de mapeamento Santo Ângelo, São Jerônimo e Tupanciretã, classificados respectivamente como Latossolo Roxo distrófico, Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico e Podzólico Vermelho-Amarelo (Brasil, 1973).

A coleta, a calagem e algumas propriedades físicas e químicas destes solos estão descritas em Sousa & Volkweiss (1987).

Antes da aplicação dos tratamentos, aplicou-se uma adubação básica, em forma de solução, de Zn, B, Cu, Mo, N e K nos solos. As doses de Zn, B, Cu e Mo foram 11,0; 5,5; 2,75 e 1,1 mg por vaso, respectivamente. A aplicação de N e K foi feita de modo a elevar os seus teores para 1.100 e 550 mg por vaso, respectivamente, considerando-se os teores iniciais no solo, que foram determinados por extração com $\text{KCl } 1\text{N}$ ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$), conforme descrito por Tedesco (1978), e com acetato de amônio pH 7 (K^+). O K_2SO_4 foi empregado como fonte de K, enquanto NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ nas relações 3/6, 2/6 e 1/6 respectivamente,

foram utilizados como fontes de N. As formas nítricas foram adicionadas com o objetivo de evitar acidificação dos solos pelos processos de nitrificação e de absorção de NH_4^+ pelas plantas.

Os tratamentos constaram de ST incorporado aos solos, em vasos, após a adubação básica, nas formas de pó e de grânulos com 2,00-2,38, 4,00-4,76 e 5,66-6,35 mm de diâmetro nas doses de 120, 240 e 480 mg de P por vaso. Essas doses equivalem, respectivamente, a 100, 200 e 400 kg/ha de P_2O_5 , considerando-se 1 ha como $2 \times 10^3 \text{ m}^3$ de solo. Adotou-se também um tratamento sem P. Os tratamentos foram distribuídos para cada solo em blocos completamente casualizados com quatro repetições, além de quatro repetições adicionais dos tratamentos da dose de 240 mg de P por vaso para avaliar o crescimento e desenvolvimento de raízes.

Um dia após a incorporação dos tratamentos nos solos, semeou-se milho (híbrido simples L699 x Er668, fornecido pela Secretaria de Agricultura, RS), deixando-se quatro plantas por vaso. Durante todo o período experimental, a umidade dos solos era ajustada diariamente aos teores correspondentes à tensão de 0,1 bar.

Dezoito dias após a emergência, as plantas foram cortadas rente ao solo, secas a 60°C por 72 horas, pesadas e moídas.

Efetou-se a extração de P da planta, digerindo-se a quente 0,200 g de tecido com 2 ml de H_2SO_4 concentrado e aplicações sucessivas de 0,2 ml de H_2O_2 30% até completa digestão (aproximadamente 2 ml de H_2O_2 30%). No extrato, determinaram-se P pelo método de Murphy & Riley (1962) e K, por fotometria de chama.

O comprimento do sistema radicular das plantas das repetições adicionais dos tratamentos com 240 mg de P por vaso foi estimado pelo método descrito por Tennant (1975), utilizando-se raízes separadas dos solos manualmente com auxílio de pinça.

O raio médio, r , em centímetros, e a área média de superfície de raízes, sr , em centímetro quadrado, foram estimados pelas fórmulas:

$$r = (\text{Pu}/\mu\text{L})^{1/2} \text{ e } sr = 2\pi r L$$

em que Pu é o peso úmido das raízes, em grama, e L, o comprimento das raízes, em centímetro (Claassen & Barber, 1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos de ST em pó e em grânulos mostraram que houve aumento significativo no rendimento de matéria seca e na absorção de P pelo milho, com o aumento das doses de ST de 120 a 480 mg de P por vaso em todos os solos (Quadro 1). Os rendimentos de matéria seca e absorção de P do tratamento menos P, não incluído nas análises estatísticas, foram menores que qualquer um dos outros tratamentos.

Nos solos São Jerônimo e Tupanciretã (Quadro 1), as médias das doses de ST mostram que a granulação aumentou a absorção de P, mas não afetou significativamente os rendimentos de matéria seca. No São Jerônimo, a interação dose x diâmetro de grânulos de ST foi significativa para o rendimento de matéria seca. Parte dessa interação pode ser atribuída ao aumento de matéria seca com a granulação do ST na dose de 120 mg de P por vaso e à não-influência

da granulação na dose de 480 mg de P por vaso. Como a granulação do ST é uma forma de localizar o P no solo, os resultados obtidos com o solo São Jerônimo estão de acordo com as observações de Anghinoni (1979) e de Fox & Kang (1978): os maiores efeitos de localização de fosfatos solúveis são obtidos em aplicações de quantidades limitadas de P.

Com a granulação do ST, ao contrário do observado no solo São Jerônimo, no Santo Ângelo houve um decréscimo significativo no rendimento de matéria seca, ao passo que a absorção de P não foi influenciada independentemente da dose. A interação dose x diâmetro de grânulos de ST foi significativa tanto para o rendimento de matéria seca quanto para a acumulação de P. Parte dela pode ser explicada pelo efeito negativo da granulação do ST na dose de 480 mg de P por vaso e pela falta de efeito de granulação na dose de 120 mg de P por vaso.

A acumulação de P em função das doses de ST aplicadas nos solos na forma de pó apresentou um comportamento distinto daquele aplicado em grânulos. Independente de solo, quando o ST foi aplicado em pó, quanto maior a dose, maior o aumento da quantidade de P absorvido por unidade de P aplicado, isto é, uma relação curvilínea côncava entre P aplicado e P acumulado. Quando o ST foi aplicado em grânulos, a relação entre P aplicado e P acumulado foi linear com os grânulos de menor diâmetro e curvilínea convexa com os grânulos de maior diâmetro.

A relação observada neste trabalho, entre doses de P aplicado nos solos na forma de ST em pó e P acumulado, é semelhante à comumente obtida (Anghinoni, 1979) entre P aplicado na forma de solução e concentração de P na solução

do solo após certo período de reação. Como a aplicação de ST em pó foi uniforme nos solos, os teores de P na solução deles deve ter aumentado com as doses, também de forma curvilínea côncava. Portanto, como a absorção de P é proporcional ao teor de P na solução do solo (Barber, 1974; Nye & Tinker, 1977), quando o ST é aplicado neles em forma de pó, as plantas respondem aos teores de P na solução proporcionados pelas doses. As respostas tendem a ser maiores às maiores doses de ST em pó, também devido ao aumento do coeficiente de difusão de P no solo com o aumento de P na solução (Vaidyanathan & Nye, 1970).

Por outro lado, quando o ST é aplicado na forma de grânulos de um mesmo tamanho, o número de grânulos aumenta linearmente com as doses, mas os teores de P nas regiões do solo ao redor de cada grânulo são semelhantes. Assim, quando o ST é aplicado em grânulos de um mesmo tamanho, as plantas respondem ao número de regiões de solo com P, ou seja, ao número de grânulos, o que leva a uma relação linear entre doses e P absorvido, como observado com os grânulos de 2,00-2,38 mm de diâmetro. Essas considerações são válidas desde que as doses não sejam tão altas que promovam a sobreposição das regiões de solo ocupadas por P dissolvido dos grânulos, situação que tenderia a proporcionar respostas a doses semelhantes às observadas com o ST em pó. Limitações no desenvolvimento radicular ou deficiência de outros nutrientes nas regiões em que as raízes se situam devem proporcionar uma relação do tipo curvilínea convexa entre o P absorvido e doses de P adicionado, como o observado com o grânulo do ST de maior diâmetro.

Quadro 1. Matéria seca e fósforo acumulado na parte aérea de milho cultivado em vasos contendo 5,5 litros de solos São Jerônimo, Tupanciretã e Santo Ângelo, aos quais foram adicionadas doses de superfosfato triplo em pó e em grânulos (médias de quatro repetições)⁽¹⁾

Diâmetro dos grânulos	Matéria seca				P acumulado			
	Superfosfato triplo				Superfosfato triplo			
	120	240	480	Médias	120	240	480	Médias
mm	g/vaso				mg/vaso			
Laterítico Bruno-Avermelhado (São Jerônimo)								
Pó (2)	1,96	3,25	5,33	3,51a	2,73	5,67	14,51	7,64a
2,00-2,38	2,79	4,03	5,11	3,98a	6,01	10,20	19,25	11,82b
4,00-4,76	3,46	3,77	4,86	4,03a	9,40	11,46	20,47	13,78c
5,66-6,35	2,96	4,10	4,75	3,94a	9,17	14,59	20,10	14,62c
Médias	2,79a	3,79b	5,01c		6,83a	10,48b	18,58c	
Podzólico Vermelho-Amarelo (Tupanciretã)								
Pó	1,51	2,08	3,06	2,22a	1,85	2,93	5,92	3,57a
2,00-2,38	1,73	2,18	2,98	2,30a	2,53	3,96	7,01	4,50ab
4,00-4,76	1,93	2,60	3,32	2,62a	3,11	5,54	8,66	5,77b
5,66-6,35	1,96	2,25	2,44	2,22a	3,40	4,31	6,26	4,66ab
Médias	1,78a	2,28b	2,95c		2,72a	4,18b	6,96c	
Latossolo Roxo distrófico (Santo Ângelo)								
Pó	1,71	2,60	3,49	2,60b	2,19	4,08	7,16	4,48a
2,00-2,38	1,90	2,16	2,76	2,27a	2,77	3,87	6,79	4,48a
4,00-4,76	1,79	2,27	2,73	2,26a	2,50	4,57	6,21	4,43a
5,66-6,35	1,60	2,26	2,57	2,14a	2,51	4,60	5,12	4,08a
Médias	1,75a	2,32b	2,89c		2,49a	4,28b	6,32c	

(1) Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% tanto para matéria seca como para P acumulado para cada solo.

(2) Passou na peneira nº 170.

A aplicação de ST em pó provocou aumento significativo no comprimento do sistema radicular do milho em relação ao tratamento menos P em todos os solos (Quadro 2). Nos solos Tupanciretã e Santo Ângelo, porém, houve uma diminuição do comprimento das raízes nos tratamentos de ST em grânulos em relação ao comprimento de ST em pó. Ao contrário dos tratamentos de ST em pó em que as raízes se distribuíram uniformemente nos solos, nos tratamentos de ST em grânulos as raízes se distribuíram irregularmente, concentrando-se nas regiões ao redor dos grânulos. Isso pode explicar, pelo menos em parte, a diminuição do comprimento de raízes nos tratamentos de ST em grânulos, pois as regiões de solo ocupadas por P, ao redor dos grânulos, diminuem em número e volume com o aumento do diâmetro dos grânulos (Sousa & Volkweiss, 1987).

Um engrossamento (aumento do raio médio) das raízes do milho foi observado com o aumento do diâmetro dos grânulos de ST nos solos Tupanciretã e Santo Ângelo (Quadro 2). Esses resultados contrastam com os obtidos por Anghinoni (1979), que, ao localizar o P em frações do volume de solos em vasos, observou que o raio médio das raízes de milho diminuem nessas frações com o decréscimo de volume de solo ocupado por uma mesma doses de FMC aplicado, 25 dias antes da semeadura, na forma de solução.

O engrossamento e parte da redução do comprimento de raízes provavelmente sejam devidos às altas concentrações de Al (Clark, 1977; Foy, 1974; Malavolta et alii, 1977) nas regiões do solo em torno de grânulos de ST, originadas pela dissolução de óxidos-hidróxidos de Al dos solos pela solução saturada de ST.

Esses efeitos de toxicidade de Al nas raízes localizadas nas regiões próximas dos grânulos é provavelmente importante, apenas nas primeiras semanas após a incorporação dos grânulos nos solos, pois as reações mais intensas de dissolu-

ção-precipitação ao redor dos grânulos de ST ocorrem nas primeiras três semanas (Sousa & Volkweiss, 1987). Se as plantas são cultivadas por mais tempo, como é o caso das culturas no campo, estas se recuperarão provavelmente dos efeitos adversos da toxicidade de Al ao redor dos grânulos e apenas os efeitos benéficos do P serão observados. Em parte, este deve ser o motivo pelo qual Anghinoni (1979) observou, ao contrário de aumentos, uma diminuição do raio médio das raízes nas porções de solo com P, pois fez a semeadura 25 dias após a incorporação do FMC no solo.

O solo Santo Ângelo, por apresentar a maior capacidade em reter P (Sousa & Volkweiss, 1987), foi aquele em que se esperava que a granulação do ST apresentasse os resultados mais favoráveis. Por outro lado, é, dos três, o com maior teor de óxidos-hidróxidos de Al. Nele, portanto, a quantidade de Al solubilizado pela solução saturada de ST deve ter sido maior que nos outros solos e mais intensa nos grânulos de ST com maiores diâmetros e nas maiores doses. Esta é a causa provável da interação negativa dose x diâmetro de grânulos tanto no rendimento de matéria seca quanto na absorção de P (Quadro 1) e também do aumento do raio médio das raízes com o aumento do diâmetro dos grânulos de ST. Explicação semelhante pode ser dada para o engrossamento das raízes no Tupanciretã, apesar de seu baixo teor em óxidos-hidróxidos de Al. Neste solo, devido à mais baixa capacidade de troca de cátions, provavelmente maiores quantidades do Al solubilizado tenham permanecido na solução do solo.

No solo São Jerônimo, não foram visíveis os efeitos de toxicidade de Al nas raízes. Isso possivelmente esteja ligado ao seu baixo teor de óxidos-hidróxidos de Al (Sousa & Volkweiss, 1987), aliado à maior migração do P dissolvido dos grânulos, o que deve ter proporcionado menores teores de Al na solução do solo na região dos grânulos de ST.

Quadro 2. Características morfológicas das raízes e suas relações com a absorção de fósforo e rendimento de matéria seca, influenciadas pela granulação de superfosfato triplo aplicado na dose de 240 mg P/vaso nos solos (médias de quatro repetições)⁽¹⁾

Solo	Diâmetro dos grânulos	Características raiz		P absorvido/ área da raiz	$\mu\text{g P/cm}^2/\text{g mat. seca}$
		Comprimento	Raio médio		
	mm	m	10^{-2} cm	$\mu\text{g P/cm}^2$	
São Jerônimo	Pó ⁽²⁾	137b	2,41a	2,84b	9,13b
	2,00-2,38	126b	2,51a	5,29c	20,11c
	4,00-4,76	116b	2,52a	5,54c	18,68c
	5,66-6,35	110a	2,56a	5,83c	18,98c
	Trat. menos P	84a	2,58a	1,19a	1,59a
Tupanciretã	Pó	107b	2,34a	1,68ab	3,19a
	2,00-2,38	77a	2,78bc	2,84bc	6,31ba
	4,00-4,76	78a	2,85c	3,54c	8,95cb
	5,66-6,35	68a	2,94c	4,03c	10,65cb
	Trat. menos P	73a	2,62b	1,35a	1,26a
Santo Ângelo	Pó	75c	3,00ab	2,50b	5,57b
	2,00-2,38	73c	3,05b	3,18cb	7,71bc
	4,00-4,76	59a	3,18c	3,32dc	7,06bc
	5,66-6,35	59a	3,40d	3,61dc	8,81c
	Trat. menos P	67b	2,89a	1,10a	1,44a

(1) Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste dms ao nível de 5%.

(2) Passou na peneira nº 170.

Os dados de Barreto (1977) mostram que o aumento do diâmetro dos grânulos de ST, independente de dose, proporcionou aumentos significativos no rendimento de matéria seca e na absorção de P de trigo. Aumentos no rendimento de matéria seca até 48% relativo a aplicação do ST em pó foram obtidos com o solo Santo Ângelo, o que contrasta com os dados obtidos neste trabalho em solo da mesma unidade de mapeamento. No entanto, o cultivar nobre de trigo utilizado por Barreto (1977) é considerado tolerante à toxicidade de Al (Nodari, 1980). Além disso, o período de permanência das plantas de trigo nos vasos foi de 25 dias após a emergência, enquanto, neste trabalho, utilizou-se milho, que é provavelmente suscetível ao Al e que permaneceu nos vasos por apenas dezoito dias da emergência.

Apesar da diminuição do comprimento do sistema radicular do milho com a granulação do ST na dose de 240 mg de P por vaso, a quantidade de P absorvida por unidade de área de raiz aumentou com a granulação em todos os solos (Quadro 2). Isso se deve aos aumentos de P na solução e do coeficiente de difusão de P no solo, que ocorrem com incrementos no diâmetro de grânulos de ST, nas regiões do solo ocupadas por P ao redor dos grânulos, favorecendo o movimento de P por difusão para a superfície das raízes.

Os dados da última coluna do quadro 2 mostram que, com a granulação do ST, aumentou a quantidade de P absorvida por unidade de área de raiz por grama de matéria seca produzida, em todos os solos. Relacionados a esta observação, os dados mostrados na figura 1 indicam que os teores de P no tecido de milho, para um mesmo rendimento de matéria seca, aumentam com a granulação do ST.

A maior concentração de P no tecido por unidade de matéria seca produzida, observada com a granulação do ST, possivelmente esteja ligada à concentração das raízes nas regiões dos solos ao redor dos grânulos, a qual tende a limitar o volume de solo explorado. Neste caso, a absorção de outros nutrientes pouco móveis no solo e exigidos pelas plantas em grande quantidade, como K e N, na forma de NH_4^+ , pode ter sido limitante ao desenvolvimento das plantas, apesar da alta absorção de P.

Neste trabalho o N foi aplicado predominantemente na forma de NO_3^- , que, devido à alta mobilidade no solo, poderia deslocar-se até as regiões com alta concentração de raízes e talvez não tenha sido limitante. Por outro lado, o NO_3^- pode diminuir a absorção de P, por acúmulo de fosfato dicálcico na superfície da raiz devido ao maior pH nesta superfície originado pela sua absorção (Miller, 1974).

Em vista da possibilidade de limitação na absorção de N e K, devido ao seu esgotamento na região do solo ao redor dos grânulos do adubo fosfatado, além de interação fisiológica e de diferenças de solubilidade dos fosfatos formados no solo (Miller, 1974), provavelmente os adubos que contenham N, P e K, no mesmo grânulo, proporcionem melhores efeitos sobre o rendimento das culturas do que fórmulas de adubos que contenham ST, ou superfosfato simples em mistura física de grânulos com adubos nitrogenados e potássicos.

CONCLUSÕES

A granulação de ST provocou aumento na quantidade de P absorvido por unidade de área de raiz, mas causou diminuição do comprimento do sistema radicular de plantas de milho nas primeiras semanas após aplicação do adubo no solo.

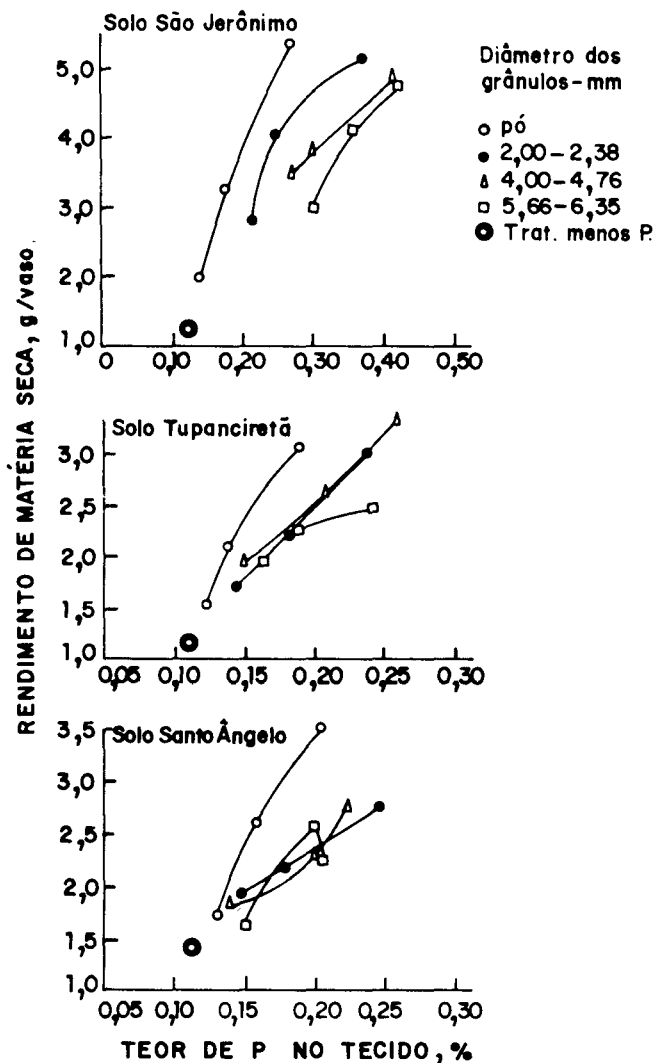


Figura 1. Relação entre o teor de fósforo no tecido e o rendimento de matéria seca da parte aérea de milho cultivado durante 18 dias em vasos contendo 5,5 litros de solos aos quais se adicionaram doses de superfosfato triplo na forma de pó e grânulos.

Para o mesmo rendimento de matéria seca da parte aérea de plantas de milho, nas primeiras semanas após a aplicação do ST no solo, o teor de P no tecido foi maior quando se utilizou o ST em forma granulada do que em pó.

O rendimento de matéria seca não foi alterado, enquanto o conteúdo de P da parte aérea do milho aumentou com a granulação do ST nos solos São Jerônimo e Tupanciretã. No Santo Ângelo, houve um decréscimo no rendimento de matéria seca e o conteúdo de P da parte aérea não foi afetado.

LITERATURA CITADA

- ANGHINONI, I. A method for predicting the most efficient phosphate placement for corn using a simulation model. University of Purdue, West Lafayette, 1979. 170p. Thesis (Ph.D - Soil Science)
- BARBER, S.A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. Soil Sci., Baltimore, 93:39-49, 1962.
- BARBER, S.A. Influence of the plant root on ion movement of soil. In: CARSON, E.W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p. 525-564.

- BARRETO, A.C. Efeito da acidulação parcial de misturas, com superfosfato triplo e enxofre e da granulação na eficiência de fosfatos naturais. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1977. 63 p. (Tese de Mestrado)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431 p. (Boletim, 30)
- CLAASSEN, N. & BARBER, S.A. Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant root system. *Agron. J.*, Madison, 68:961-964, 1976.
- CLARK, R.B. Effect of aluminium on growth and mineral elements of Al-tolerant and Al-intolerant corn. *Pl. Soil*, Hague, 47:653-662, 1977.
- FOX, R.L. & KANG, B.T. Influence of phosphorus fertilizer placement and fertilization rate on maize nutrition. *Soil Sci.*, Baltimore, 125:34-40, 1978.
- FOY, C.D. Effects of aluminium on plant growth. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.
- MALAVOLTA, A.E.; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C. Toxidez de alumínio e manganês. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 21-25 junho 1976. Bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p. 275-301.
- MILLER, M.H. Effects of nitrogen on phosphate absorption by plants. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p. 643-668.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*, Amsterdam, 27:31-36, 1962.
- NODARI, R.O. Bases genéticas da herança do caráter tolerância ao crestamento em genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.). Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1980. 90 p. (Tese de Mestrado)
- NYE, P.H. & TINKER, P.B. The mineral nutrition of single plant in soil. In: NYE, P.H. & TINKER, P.B. *Solute movement in the soil-root system*. Oxford, Blackwells, 1977. p.187-242.
- SOUSA, D.M.G. & VOLKWEISS, S.J. Reações de superfosfato triplo em grânulos com solos. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 11: 133-140, 1987.
- SUAREZ, D. & IGUE, K. Efecto del tamaño de granos en la absorción de fósforo en suelos volcaninos. *Turrialba*, Turrialba, 24: 180-186, 1974.
- TEDESCO, M.J. Método de análise de nitrogênio total, amônia, nitrito e nitrato em solos e tecido vegetal. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1978. p.19 (Informativo interno)
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Appl. Ecol.*, Oxford, 63:995-1.000, 1975.
- VAIDYANATHAN, L.V. & NYE, P.H. The measurement and mechanism of ion diffusion in soils. IV The effect of concentration of moisture content of the counter-diffusion of soils phosphate against chloride ion. *J. Soil Sci.*, Oxford, 21:15-17, 1970.
- VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos: In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 21-25 junho 1976. Bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.317-332.
- YOST, R.S., KAMPRATH, E.J., LOBATO, E. & NADERMAN, G. Phosphorus response of corn on an oxisol as influenced by rates and placement. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 43:338-343, 1979.