

## RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO À ADUBAÇÃO FOSFATADA EM LATOSSOLO AMARELO DO OESTE PARAENSE

Carlos Alberto Costa Veloso<sup>1</sup>, Francisco Ronaldo Sarmanho de Souza<sup>1</sup>, João Roberto Viana Correa<sup>1</sup>, Eduardo Jorge Maklouf Carvalho<sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

O milho no Brasil tem sido cultivado nas mais variadas condições de solo e clima, inclusive em regiões que predominam solos ácidos e deficientes em fósforo. A pobreza natural desses solos em fósforo, decorrente de sua alta capacidade de fixação, em consequência da acidez e dos teores elevados de ferro e alumínio, determina a sua disponibilidade para as plantas (Rajj e Cantarella, 1994).

A cultura do milho tem sido uma excelente atividade para o produtor rural nos programas de manejo e recuperação de solos, como alternativa de produção para abastecer a agroindústria e como uso na alimentação humana e animal. Entretanto, os atuais sistemas utilizados para a cultura do milho no Estado do Pará têm contribuído para a sua baixa produtividade e sustentabilidade (Souza et al., 1999).

Embora as condições edafoclimáticas encontradas no Estado do Pará não apresentem limitações ao desenvolvimento da cultura do milho, diferenças entre variedades quanto à capacidade de crescimento em solo com deficiência de fósforo, de absorção e de utilização desse nutriente, e de reação à adubação fosfatada, podem indicar a presença de variabilidade genética na cultura para maior eficiência no aproveitamento de fósforo (Miola et al., 1999). Essa característica, se adequadamente utilizada em programas de melhoramento genético, poderá representar economia no consumo de fósforo para a cultura do milho no Brasil (Vencovsky & Barriga, 1992).

Para o sucesso do cultivo do milho, a prática do conhecimento da dinâmica do P no solo, nas recomendações de adubação fosfatada, tem sido pouco utilizada. Deve-se isto, em parte, ao fato de que o método Mehlich-1, proposto na década de cinquenta e atualmente utilizado em muitos laboratórios de diagnóstico de fertilidade do solo no Brasil, extrai uma fração solúvel em ácido fraco do nutriente presente no solo. Pode-se acrescentar, ainda, a baixa capacidade de extração de P em solos argilosos e a ação dissolutiva do ácido sobre formas de P disponível (Rajj, 1991).

O fósforo é um nutriente muito importante para a nutrição das gramíneas, leguminosas e para nodulação e fixação do nitrogênio atmosférico. Em condições de elevada acidez do solo a disponibilidade de "P" para as plantas pode diminuir. Devido a sua fixação por reações de adsorção e precipitação por "Al" e "Fe", torna-se indispensável a adição de "P" ao solo na forma de adubos fosfatados, onde a finalidade é se obter altas produções de matéria seca (Rajj e Cantarella, 1994).

Para a cultura do milho, a importância da adubação fosfatada, como um fator de incremento na produção, é sobejamente conhecida (Coutinho et al., 1991).

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa postal 48, Belém – Pará.

veloso@cpatu.embrapa.br , sarmanho@cpatu.embrapa.br, jroberto@cpatu.embrapa.br  
maklouf@cpatu.embrapa.br

Para suprir adequadamente a planta, segundo esses autores, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> seriam necessários para obtenção de altas produtividades, sem a observação de alterações significativas nos teores de zinco nas folhas. É importante conhecer as quantidades absorvidas e exportadas de nutrientes pela cultura, a fim de não provocar o aparecimento de fator limitante por falta e nem por desequilíbrio nutricional. Se a fertilidade do solo estiver em nível satisfatório, esta informação estabelecerá uma adubação que possibilite manter estável o rendimento ao longo dos cultivos. (Souza et al., 1985).

A obtenção de alta produtividade de milho está associada à calagem e adubação e à disponibilidade adequada de água. Em vista disso foi realizado ensaio para avaliar os efeitos da adubação fosfatada na cultura de milho.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de aplicações de fósforo sobre produção de matéria seca, bem como a absorção de fósforo em três cultivares de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, no período de setembro a dezembro de 2005, no Município de Belém (PA), nas coordenadas 1° 28' de Latitude sul e 48° 27' de Longitude a oeste de Greenwich, a altitude de 14 m.

Colocaram-se oito sementes em vasos de plástico com três litros de capacidade, e, posteriormente, selecionadas quatro plantas por vaso. As cultivares de milho usadas foram BR-5102, BRS-1010 e BRS-1030 como planta teste. O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo distrófico, textura argilosa, coletado em área não desbravada do Município de Belterra, PA, na camada de 0-20 cm de profundidade, que apresentou os seguintes resultados: pH (H<sub>2</sub>O) = 4,1; M.O. = 3,6 g/dm<sup>3</sup>; P = 3,0 mg/dm<sup>3</sup>; e os cátions trocáveis, em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, K = 0,11; Ca<sup>2+</sup> = 1,5; Mg<sup>2+</sup> = 0,3; Al<sup>3+</sup> = 1,0; H + Al = 6,5. A análise granulométrica em g.kg<sup>-1</sup>, Areia=200; Silte=200; Argila=600. Para elevar o índice de saturação por base ao valor de 70%, fez-se calagem com CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> P.A. na proporção de 3:1, 60 dias antes da aplicação dos tratamentos, seguindo recomendação técnica para milho em solos cuja saturação por bases é inferior a 60% (Raij et al., 1996).

O solo recebeu adubação básica nas seguintes doses (mg.kg<sup>-1</sup>): 200 de N, na forma de uréia; 150 de K, na forma de cloreto de potássio; 48 de S, na forma sulfato de amônio; 0,5 de B na forma de ácido bórico; 1,5 de Cu na forma de sulfato de cobre; 1,5 de Mn na forma de sulfato de manganês; e 5,0 de Zn na forma de sulfato de zinco. Estas doses foram adaptadas de (Raij et al., 1996) para experimentos em casa de vegetação.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 5, utilizando três cultivares de milho que estão sendo recomendadas para o Estado do Pará: BR-5102, BRS-1010 e BRS-1030; cinco doses de fósforo (0; 75; 150, 225 e 300 mg.kg<sup>-1</sup> de P) na forma de superfosfato triplo com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso, com 3,0 kg de solo, contendo quatro plantas de milho.

A aplicação dos nutrientes foi feita com solução nutritiva, após o estabelecimento das plantas, à exceção do fósforo que foi previamente incorporado ao solo. A aplicação de nitrogênio e potássio foi feita parceladamente



em três doses iguais: aos 10, 20 e 40 dias após o plantio. Os demais nutrientes foram aplicados de uma única vez.

A irrigação foi feita diariamente, utilizando-se água destilada e mantendo-se o teor de umidade próximo da capacidade de campo.

A colheita das plantas foi realizada aos 45 dias após o plantio. Após o corte, separou-se a parte aérea e esta foi levada para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65° C, onde permaneceu até atingir peso constante. As raízes foram devidamente lavadas para separá-las das partículas de solo, sendo também posteriormente secas em estufa. O material vegetal foi pesado, moído em moinho tipo Willey com peneira de 20 malhas e acondicionado em saquinhos de papel para análises dos teores totais de fósforo, seguindo-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

A determinação do nitrogênio foi feita utilizando-se a digestão sulfúrica de 200 mg de massa seca, com destilação em aparelho microkjeldahl e titulação com ácido sulfúrico. As determinações dos teores de fósforo, foram obtidas por meio de digestão nítrico-perclórica e posterior determinação no extrato, por colorimetria de molibdato-vanadato, conforme Malavolta et al. (1997).

A partir dos valores de produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e da altura das plantas, bem como os teores de fósforo na parte aérea, os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, 1993). Efetuou-se análise de correlação e regressão, para todas as variáveis estudadas, em função das doses de fósforo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância evidenciou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para os tratamentos cultivares de milho (C) sobre a altura das plantas e matéria seca da parte aérea. Enquanto isso, para doses de fósforo (P), houve efeito na altura das plantas, matéria seca da parte aérea e raízes. A interação cultivares x doses de fósforo (C x P) revelou efeito significativo apenas sobre a produção de matéria seca da parte aérea.

A significância da interação cultivares (C) x doses de fósforo (P) para o parâmetro da matéria seca da parte aérea ( $P < 0,05$ ) indica reação diferenciada de cultivares de milho a fósforo em solo sob condições de acidez corrigida. Esse efeito também foi observado por Miola et al., (1999), quando trabalharam com adubação fosfatada para o milho.

A cultivar BRS - 1010 apresentou maior produção de matéria seca total a partir da dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo em relação as cultivares BRS-1030 e BR-5102. Na matéria seca das raízes não houve diferença entre cultivares.

Houve uma resposta na produção de matéria seca até a dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de P em todas as cultivares estudadas. Com o aumento das concentrações do fósforo no solo houve redução significativa na quantidade de matéria seca da parte aérea (Figura 1), das raízes (Figura 2) e na planta inteira. Esses dados mostram que a adubação fosfatada no solo estudado proporcionou aumento significativo em relação as cultivares estudadas. (Coutinho et al., 1991) observou efeito semelhante para a produção de grãos na cultura do milho.

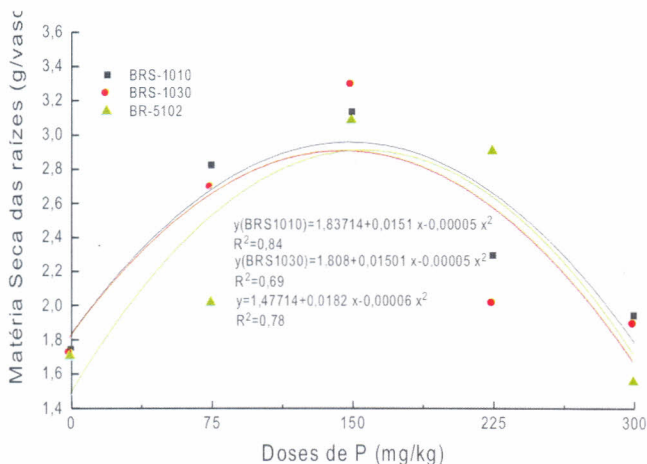


Figura 2. Produção de matéria seca das raízes das cultivares de milho em função das doses de fósforo.

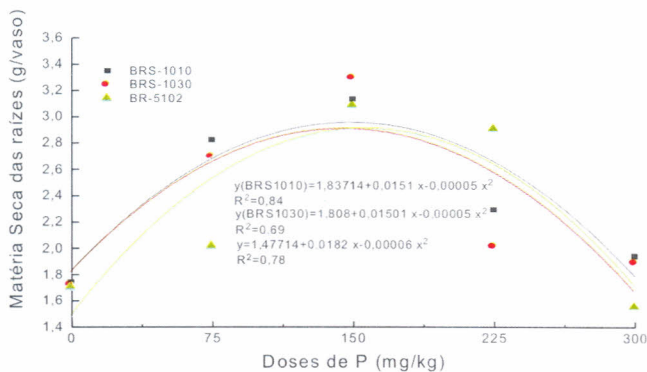


Figura 2. Produção de matéria seca das raízes das cultivares de milho em função das doses de fósforo.

Os valores para a relação matéria seca da parte aérea / matéria seca da raiz elevaram-se com a adubação fosfatada nos cultivares BR-5102 e BRS-1030 e decresceram no cultivar BRS-1010 (Figura 1). Esses dados mostram efeito positivo da adubação fosfatada pela eficiência do sistema radicular na produção

de matéria seca da parte aérea da planta. Cerca de 70% do P total acumulado pelo milho ao longo do ciclo é absorvido entre os estádios de formação das espigas até o enchimento de grãos (Coelho e França, 1995). Resultados semelhantes foram observados por Prado et al. (2001).

### Absorção de fósforo

A quantidade de fósforo na planta cresceu com o aumento da concentração do nutriente no solo.

Tabela 2. Absorção média de fósforo (mg/vaso) em três cultivares de milho em função das concentrações de fósforo.

Doses de P (mg. kg <sup>-1</sup> )	Cultivar		
	BRS-1030	BRS- 1010	BR- 5102
	mg/vaso		
0	<sup>(1)</sup> 7,71 bcC	11,29 aD	6,08 bD
75	86,90 abB	80,56 bC	94,61 aC
150	322,04 aA	285,57 aA	211,77 bB
225	269,51 aA	216,01 bB	243,17 aA
300	275,40 aA	264,37 aA	281,08 aA
C.V. (%)	14,76	13,05	12,80

(1) Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na horizontal, e maiúsculas, na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se que os cultivares BRS-1010 e BRS-1030 absorveram maior quantidade de fósforo do que a BR-5102, com a dose 150 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo. O melhor desempenho das cultivares BRS-1010 e BRS-1030 provavelmente deve estar relacionado com a maior eficiência de absorção de fósforo.

A maior ou a menor eficiência na aproveitamento do fósforo presente no solo é provocada por diferenças na absorção, translocação e utilização desse nutriente pelas plantas (Coutinho et al., 1991). A distinção da capacidade de absorção de fósforo entre cultivares pode ser causada por diferenças nas características genéticas e morfológicas das raízes, importantes principalmente para nutrientes presentes em baixas concentrações na solução do solo. Os cultivares BRS-1010 e BRS-1030 foram mais eficientes do que a cultivar BR-5102. Para Coutinho et al. (1991), essa diferença na absorção de fósforo pode ser atribuída à diferente eficiência, e não a diferenças na absorção do nutriente.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Informações agrônomicas**, Piracicaba, n.71, p.1-9, 1995.
- COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; STUPIELLO, J.J.; CARNIER, P.E. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. **Científica**, São Paulo, v.19, n.2, p.93-104, 1991.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MIOLA, G.R.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.de O. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.813-819, mai.1999.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. e ROQUE, C. G. **Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:83-90, 2001.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação, Piracicaba, **Ceres**, Potafos, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H. Adubação de milho para o Estado de São Paulo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.65, p.8, 1994.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. 285p.
- SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System Institute. Statistical Analysis System: Procedures guide for personal computers. Cary, 1993. 151p.
- SOUZA, F.R.S. de VELOSO, C.A.C.; POLTRONIERI, L.S.; ARAÚJO, S.M.B. de. **Recomendações básicas para o cultivo do milho no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 20p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 2).
- SOUZA, E.C.A.; SANTIAGO, G.; OLIVEIRA, L.C.L.; COUTINHO, E.L.M.; LIMA, L.A. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Científica**, São Paulo, v.13, p.39-49, 1985.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.