

Crescimento inicial do sorgo e absorção do fósforo em função de diferentes fontes e doses crescentes de fertilizantes fosfatados ⁽¹⁾

Izabel Maria Almeida Lima ⁽²⁾; Bruno Lucio Meneses Nascimento ⁽³⁾; Régis dos Santos Braz ⁽⁴⁾; Bruna de Freitas Iwata ⁽⁵⁾ Boanerges Freire de Aquino ⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Pós Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará.

⁽²⁾ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Agronomia- Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará; izabel-agro1@hotmail.com;

⁽³⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil- Saneamento Ambiental; Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará; brunoinpma@hotmail.com;

⁽⁴⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia- Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará; regismta@bol.com.br;

⁽⁵⁾ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Agronomia- Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará; brunaiwata@gmail.com;

⁽⁶⁾ Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Solo; Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará; aquino@ufc.br;

RESUMO: Os baixos teores de fósforo disponíveis nos solos tropicais, em geral, requerem permanentes pesquisas com relação à eficiência das aplicações de diferentes fontes de adubos fosfatados nas culturas cujo objetivo é elevar os teores desse nutriente no solo. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da aplicação de diferentes fontes (superfosfato triplo - SFT, fosfato natural da Bahia - FNB, fosfato natural do Tocantins - FNT, fosfato natural reativo Gafsa - FNR, e doses crescentes de fósforo sobre alguns parâmetros de crescimento inicial de plantas de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo), sob condições de casa de vegetação. Foi utilizado o delineamento em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4x4 (doses e fontes de P, respectivamente), sendo os tratamentos composto pela combinação de quatro doses de fósforo (0, 100, 200 e 300 mg de P kg⁻¹ solo) e quatro fontes de P (ST, FNB, FNT e FNR) com 4 repetições totalizando 64 unidades experimentais. Foi feita análises de variância para todas as variáveis em função das fontes, doses e interação entre doses e fontes. O ST e o FNB foram às fontes responsáveis pelas respostas mais altamente significativas das variáveis biométricas estudadas. A maior absorção de fósforo pelas plantas de sorgo foi obtida com o uso do ST.

Termos de indexação: *Sorghum bicolor* L. Moench, Adubação Fosfatada, Variáveis Biométricas.

INTRODUÇÃO

O sorgo pertence à família *Poaceae*, gênero *Sorghum* e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É uma cultura que apresenta alto potencial para alimentação de animais, podendo ser empregado nas regiões semiáridas, por ser tolerante

à seca e às altas temperaturas, sendo diferencial em relação às outras culturas e com isso tem sua importância em regiões onde não dispõem de irrigação artificial (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Para o Brasil é estrategicamente importante ter áreas ocupadas com sorgo, para garantir o abastecimento de grãos. A produção brasileira de grãos depende quase que exclusivamente da precipitação pluviométrica. Em anos com a ocorrência de condições desfavoráveis, normalmente há déficit na produção de grãos e o sorgo, sendo uma cultura de vocação para cultivo em condições adversas de clima e solo, poderia reduzir o impacto desse fator no abastecimento de grãos (MAGALHÃES *et al.*, 2000).

Lopes (1989) afirma que a adubação fosfatada além de promover a formação e o crescimento prematuro de raízes, também melhora a eficiência no uso da água, e quando se encontra em alto nível no solo, ajuda a manter a absorção deste pelas mesmas. Nos solos do semi árido podem encontrar-se limitações químicas, dentre essas, baixo conteúdo de fósforo.

O fósforo é considerado como o nutriente mais problemático da agricultura brasileira e o mais utilizado como fertilizante, sendo, portanto, este elemento discutido de modo mais abrangente e com mais detalhes tornando necessárias mais pesquisas.

Dentre as várias fontes minerais e orgânicas de P disponíveis para o uso na agricultura, os fosfatos totalmente acidulados, como os superfosfatos, são as fontes de P mais utilizadas no mundo para a correção dos baixos teores de fósforo no solo (BARBOSA FILHO, 1984). Isso ocorre em consequência da sua elevada quantidade de P considerado disponível para as plantas. Vance *et al.*,



(2003) estimam que as reservas de fósforo no mundo economicamente viável para exploração pode ser suficientes até 2050, indicando a necessidade de estudar a eficiência de fontes alternativas de P para as culturas.

No mercado brasileiro são encontrados alguns dos fosfatos naturais reativos que permitem sua utilização diretamente na agricultura, como os fosfatos naturais da Carolina do Norte nos EUA; de Gafsa na Tunísia; de Daoui em Marrocos, de Sechura no Peru e o de Arad em Israel (SANTOS QUISPE, 2004). Porém, o emprego desses materiais, na forma como são comercializados, não se fundamenta ainda em informações da pesquisa agrícola que assegurem ou não a sua eficiência como fontes de P alternativas.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes doses e fontes de fósforo sobre o crescimento do sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, na cidade de Fortaleza-CE. O solo utilizado foi coletado na profundidade de 0 a 25 cm em uma área de mata nativa na Chapada do Apodi. Os estudos pedológicos identificaram os solos dessa área como sendo Cambissolos Háplico Eutrófico, de textura franco argilo arenosa (EMBRAPA, 1999). As fontes de fósforo usadas no experimento foram: superfosfato triplo (ST), fosfato natural da Bahia (FNB), fosfato natural de Tocantins (FNT) e fosfato natural reativo - Gafsa (FNR).

A semente do sorgo forrageiro foi adquirida junto à Secretaria do Desenvolvimento Agrário- DAS do Estado do Ceará. Depois do processo de secagem, destorroamento e peneiramento, foi realizado o preenchimento com 4 kg de solo em cada vaso. Logo após o preenchimento dos vasos, o solo recebeu uma adubação básica.

Foram plantadas oito sementes por vaso e após sete dias do plantio foi realizado o desbaste, deixando apenas três plantas. A irrigação dos vasos foi realizada diariamente com base no peso dos vasos, procurando-se manter o teor de umidade constante.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental foi o blocos inteiramente casualizados dispostos em um esquema fatorial 4x4 (doses de P - 0, 100, 200 e 300 mg de P kg⁻¹ solo, fontes de P - ST, FNB, FNT e FNR, respectivamente), com quatro repetições. Desta forma, o experimento constou 16 tratamentos totalizando 64 unidades experimentais. Aos 45 dias após o plantio, em ocasião da colheita, foi realizada a medição da altura da planta, medida desde a superfície do solo até a ponta da maior folha com o auxílio de uma trena. O diâmetro do colmo foi determinado logo após o segundo internódio com o auxílio de um paquímetro digital.

A determinação do fósforo na parte aérea do sorgo foi realizada por espectrofotometria com azul-de-molibdênio, sendo que o extrator utilizado foi a solução nitro périclorica na proporção 3:1, conforme metodologia da Embrapa (2009).

Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), relacionando as fontes, doses e interação de fontes e doses. Sendo as médias avaliadas pelo teste de Tukey, a 1 e a 5 % de probabilidade, utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.6 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeitos significativos das fontes, doses e interação entre fontes e doses para a variável diâmetro de caule e fósforo absorvido, porém para altura de planta não houve interação entre fontes e doses (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de Variância (ANOVA) para as variáveis altura de plantas, diâmetro de caule e fósforo absorvido.

Fonte de variação	Teste F		
	A.P ¹ (cm)	D.C ² (mm)	P ³ (mg vaso ⁻¹)
Fontes	6,22**	7,74**	22889,4**
Doses	153,65**	114,80**	24654,1**
FontesXDoses	1,56ns	2,70*	3391,4**

¹ Altura da Planta; ² Diâmetro do caule; ³ Fósforo Absorvido; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade, * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05), /ns não significativo (p >= .05)

Na tabela 2, apresenta-se a altura das plantas do sorgo cultivadas em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Tabela 2 - Altura das plantas do sorgo (cm) em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Fontes	Doses (mg P kg ⁻¹ solo)			
	0	100	200	300
ST ¹	61,83	95,13 ns	98,04 ns	101,00 ns
FNB ²	61,83	97,41 ns	95,94 ns	101,62 ns
FNT ³	61,83	89,16 ns	92,27 ns	85,70 ns
FNR ⁴	61,83	89,78 ns	93,41 ns	96,37 ns
C.V (%)	6,15			

Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de comparação não foi significativo. CV= Coeficiente de variação.¹ Superfosfato triplo; ² Fosfato natural da Bahia; ³ Fosfato natural do Tocantins; ⁴ Fosfato natural reativo;

Avaliando-se as médias do fator fonte, foram verificado que o ST (89,00 cm) e o FNB (89,20 cm) foram as fontes que proporcionaram os maiores valores de altura, diferindo estatisticamente do FNT e do FNR que proporcionaram as menores alturas (82,24 e 85,35 cm, respectivamente).

Os maiores valores para altura de planta obtidos com as fontes ST e FNB se justificam pelas elevadas solubilidades dessas duas fontes. Já os menores valores de alturas proporcionadas pelas outras duas fontes, provavelmente tenham sido resultadas das baixas solubilidades e mais baixas concentrações de P do FNT e do FNR (conforme a tabela 3).

Tabela 3 – Médias dos valores da altura das plantas do sorgo em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Fator 1 = Fontes		Fator 2 = Doses	
ST	89,00 a	0	61,83 b
FNB	89,20 a	100	92,87 a
FNT	82,24 b	200	94,91 a
FNR	85,35 b	300	96,17 a

ST=Superfosfato triplo; FNB= Fosfato Natural da Bahia; FNT= Fosfato Natural do Tocantins; FNR= Fosfato Natural Reativo. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade;

Martinez *et al.*, (1999) encontrou resultados semelhantes de altura de plantas do sorgo adubadas com Superfosfato Triplo.

Verificou-se que as plantas adubadas com superfosfato triplo, em todas as doses, foram as que obtiveram os maiores diâmetro de caule em relação aos valores obtidos quando o milho foi

adubado com as fontes naturais. Não foram observado diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey para o diâmetro do caule das plantas de milho adubadas com as doses 100, 200 e 300 mg P kg⁻¹ solo do superfosfato triplo (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias dos diâmetros dos caules das plantas do sorgo (mm) em função de diferentes fontes e dose de fósforo.

Fontes	Doses (mg P kg ⁻¹ solo)			
	0	100	200	300
ST ¹	2,6 aB	8,7 aA	8,1 aA	8,7 aA
FNB ²	2,6 aB	2,7 cB	6,2 bA	6,2 bA
FNT ³	2,6 aA	2,9 cA	3,4 dA	3,4 cA
FNR ⁴	2,6 aB	4,6 bA	4,7 cA	5,5 bA
C.V (%)	6,89			

¹ Superfosfato triplo; ² Fosfato natural da Bahia; ³ Fosfato natural do Tocantins; ⁴ Fosfato natural reativo; Médias seguidas por letras distintas maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Oliveira *et al.*, (1984) ao utilizarem o superfosfato triplo como fonte de fósforo em latossolo amarelo, observaram resposta positiva do diâmetro do caule em das doses aplicadas, sendo que a dose de 150 kg de P ha⁻¹ proporcionou um diâmetro do caule em torno de 21,6 mm.

Lucena *et al.* (2000) também relataram resposta positiva do diâmetro de caule das plantas de milho cultivadas em latossolo amarelo em função do fósforo aplicado.

Os teores de fósforo absorvido pelas plantas de sorgo estão na tabela 5. Pode-se perceber que as maiores remoções de fósforo foram encontradas nas plantas que foram adubadas com superfosfato triplo nas doses 100, 200, e 300. O teste de Tukey relevou diferenças significativas a 5% de probabilidade entre o tratamento dose 0 e as doses 100, 200 e 300 do superfosfato triplo.

Em relação ao teor de fósforo absorvido pelas plantas cultivadas com os fosfatos naturais, foi possível observar que as maiores remoções foram encontradas quando se utilizou a fonte FNB (doses 200 e 300), seguido pelo FNR (doses 100, 200 e 300). Enquanto que as menores concentrações de fósforo absorvido foram observadas quando se utilizou o FNT como fonte de fósforo.

Tabela 5 – Teores de fósforo (mg vaso⁻¹) encontrados na parte aérea do sorgo em função de diferentes doses e fontes de fósforo.

Fontes	Doses (mg P kg ⁻¹ solo)			
	0	100	200	
ST ¹	3,3 aD	96,0 aC	146,9 aB	155,2 aA
FNB ²	3,3 aC	4,7 cC	43,7 bB	68,1 bA
FNT ³	3,3 aB	6,5 cAB	8,3 dAB	10,3 dA
FNR ⁴	3,3 aD	18,67 bC	25,5 cB	49,8 cA
C.V (%)	10,9			

¹ Superfosfato triplo; ² Fosfato natural da Bahia; ³ Fosfato natural do Tocantins; ⁴ Fosfato natural reativo; Médias seguidas por letras distintas maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Diante dos resultados acima, pode-se concluir que o superfosfato triplo, seguido pelo FNB e FNR, foram as fontes que mais contribuíram para que as plantas removessem o fósforo do solo. O aumento no teor de fósforo absorvido pela parte aérea do sorgo está ocorrendo com o aumento à proporção que foram aumentadas às doses de P aplicadas ao solo.

Costa *et al.*, (2008) estudando aplicações de fontes de P no solo nas formas de superfosfato triplo, fosfato de Arad, fosfato natural de Araxá e, uma mistura superfosfato triplo + fosfato de Arad na relação (1:1), cultivado com *Brachiaria brizantha*, relataram que o teor de P na parte aérea aumentava significativamente ao se utilizar as fontes de P de maior solubilidade.

CONCLUSÕES

As variáveis indicadoras do crescimento vegetativo do sorgo (altura da planta e diâmetro do caule) apresentaram os maiores valores quando se utilizou as fontes Superfosfato triplo e o FNB, mostrando serem as fontes mais viáveis para a cultura do sorgo.

A maior absorção de fósforo pelas plantas de sorgo foi obtida com o uso do ST.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNCAP pela concessão da bolsa de mestrado ao autor principal deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M.P. Utilização de fosfatos naturais em solos de cerrado. *Informações Agronômicas*, n. 28, Piracicaba-SP, p.12, 1984.

COSTA, S.E.V.G.A.; NETO, A.E.F.; RESENDE, A.V.; SILVA, T.O.; SILVA. T.R. Crescimento e nutrição da

Braquiária em função de fontes de fósforo, *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2° ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2009. 627 p.

LOPES, A.S. Manual de fertilidade do solo. Piracicaba: Fundação Cargill, 1989. 177p.

LUCENA, L. de F.C.; OLIVEIRA, F. A. de.; SILVA, I. de F.; ANDRADE, A. P. de. Respostas do milho a diferentes níveis de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4:334-337, 2000.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46p. (Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica, 3).

MARTINEZ, H.E.P. *et al.* Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5ª Aproximação. Viçosa: CFSMG. 1999. p.141-168.

OLIVEIRA, E.L.; O. Muzilli, K. Igue; TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agrônômica dos fosfatos naturais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 8: 63-67, 1984.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; BOTREL, M.A.; PINHO, R.G.; RODRIGUES, J.A.S.; LOPES, F.C.F.; MIRANDA, J.E.C. Aptabilidade e Estabilidade em Cultivares de Sorgo. R. Bras. Zootec., v.31, n.2, p.883-889, 2002.

SANTOS QUISPE, J. F. Eficiência agrônômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos quanto a capacidade de fixação de fósforo. 2004, 57 f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ. São Paulo.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 4:71-78, 2002.

VANCE, C.P.; STONE, C.U.; ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*, Lancaster, v. 157, p. 423-447, 2003