

Resposta do sorgo-sudão à adubação fosfatada em solo do Semiárido Pernambucano.

André Pereira Freire Ferraz^(1*); Rodolfo Marcondes Silva Souza⁽¹⁾; Ênio Gomes Flôr Souza⁽¹⁾; Rayana Pires Marques⁽¹⁾; Alexandre Tavares da Rocha⁽²⁾; Emídio Cantídio Almeida de Oliveira⁽²⁾.

⁽¹⁾ Mestrando em Produção Vegetal; Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada; Serra Talhada, Pernambuco; Fazenda Saco, s/n. Caixa Postal 063; E-mail: andrepferraz@gmail.com; *Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;

⁽²⁾ Professor orientador, Programa de pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

RESUMO: Objetivou-se avaliar a resposta do sorgo-sudão a diferentes fontes e doses de fósforo. O experimento foi conduzido em viveiro na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013, em solo classificado como Cambissolo salino-sódico. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 7 kg de solo, em blocos casualizados sob esquema fatorial 2 x 5 (duas fontes de fósforo (superfosfato simples - SS e fosfato monoamônico - MAP) e cinco doses de P_2O_5 (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1})), com quatro repetições. Foram avaliados o número de folhas, número de perfilhos, diâmetro do colmo e produção de massa seca. Em média, a dose de 90 Kg ha^{-1} promoveu maior produção de massa seca e altura de plantas, nas duas fontes de fósforo utilizadas. O conjunto das variáveis explicou 97,9% (R^2) das variações na MS para o MAP e 97,7% para o SS.

Termos de indexação: *Sorghum sudanense*, salinização, fósforo.

INTRODUÇÃO

Em regiões semiáridas a prática da agricultura é uma atividade de risco potencial para a qualidade do solo, principalmente quanto aos riscos de salinização e sodificação (Corrêa et al., 2009). Os solos salinos ocorrem em geral devido ao acúmulo de determinadas espécies iônicas, como os cátions Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e os ânions Cl^- e SO_4^{2-} . O excesso de Na^+ e de Cl^- no meio de crescimento, causa toxidez e quando se acumulam nos tecidos vegetais provocam mudanças na capacidade da planta para absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento.

Nos solos salinos, o fósforo (P) tem sido encontrado em teores adequados, onde se pode observar aumentos de P solúvel com elevação do pH em níveis não muito altos, fazendo com que a carência deste elemento não seja problema para tais solos (Freire & Freire, 2007). Porém, valores

muito altos de pH e as altas concentrações de cálcio (Ca) assumem grande importância, pois o P liga-se ao Ca tornando-se indisponível, resultando em deficiência deste elemento para as plantas.

Plantas não-halófitas tolerantes como o sorgo, especialmente o híbrido sorgo-sudão (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) (Simili et al., 2008), podem ser uma alternativa para o aproveitamento de recursos salinos (Igartua et al., 1995). O sorgo sudão possui ainda a vantagem de apresentar ciclo precoce, elevado valor nutritivo de forragem (Tabosa et al., 2008), e alto potencial produtivo, podendo constituir alternativas de forragem para intensificar a produção animal, principalmente em épocas de escassez de alimento (Simili et al., 2008).

O sorgo está sujeito a uma série de fatores ambientais que direta ou indiretamente podem influenciar no seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. Para Garcez Neto et al. (2002), o sucesso na utilização de pastagens depende, entre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes e da escolha da planta forrageira a ser utilizada, pontos estes fundamentais para suportar tanto o crescimento quanto a manutenção da capacidade produtiva das plantas.

Nesse sentido, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito de fontes e doses de fósforo em sorgo sudão cultivado em solo salino-sódico no Semiárido Pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro, com sombreamento de 50%, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), de novembro de 2012 a janeiro de 2013. O clima da região, para Köppen, é do tipo Bsh, semiárido, com chuva nos meses mais quentes, de dezembro a maio. A precipitação pluviométrica e temperatura média anual são de 642 mm e de 25,5 °C, respectivamente (Moura et al., 2006).

O solo utilizado foi classificado como Cambissolo Flúvico (EMBRAPA, 2006), o qual apresentava elevado grau de salinização e sodificação. A caracterização química do solo foi realizada por Santos (2012) e encontra-se na **tabela 1**.

O solo foi coletado da camada de 0-20 cm de profundidade no Perímetro Irrigado Cachoeira II, município de Serra Talhada, à jusante do Açude Cachoeira II e às margens do Riacho Cachoeira e do Rio Pajeú.

O experimento foi conduzido em vasos plásticos (25 cm de diâmetro x 20 cm de altura) contendo 7 kg de solo. Foi utilizado o sorgo sudão.cv. IPA 4202 por meio da semeadura de quatro sementes por vaso. Após 10 dias fez-se o desbaste, deixando uma planta por vaso. A irrigação foi realizada a cada dois dias e a lâmina de água calculada de acordo com a evapotranspiração da cultura.

Os tratamentos foram compostos por duas fontes de fósforo (superfosfato simples – SS e fosfato monoamônico – MAP) e cinco doses de cada fonte (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), dispostos em blocos ao acaso em arranjo fatorial 2x5, com quatro repetições, totalizando 40 vasos. O enxofre (S) presente no SS e o nitrogênio (N) presente no MAP foram respectivamente corrigidos, antes da semeadura, aplicando-se sulfato de amônio e uréia, de forma que todos os tratamentos receberam 73,3 kg ha⁻¹ de S e 91,7 kg ha⁻¹ de N.

Aos 45 dias após a semeadura foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), obtida com auxílio de fita métrica, considerando a distância a partir da superfície do solo até a folha mais alta; diâmetro do colmo (DC), medido com paquímetro a cerca de três centímetros de altura a partir da superfície do solo; número de folhas expandidas (NF) e de perfilhos (NP), ambos por contagem; e massa seca (MS) das plantas, coletando-as rente ao solo e as colocando em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Considerou-se como folha expandida aquela que apresentava a lígula.

As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico R 3.0.0 (R Core Team, 2013), além da utilização do pacote agricolae (de Mendiburu, 2013) para a análise de trilha objetivando quantificar o grau de associação entre a variável dependente (MS) e as variáveis independentes (dose de P, número de folhas e de perfilhos, diâmetro do colmo e altura de planta).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis massa seca (MS) e altura de planta (AP) (**Figura 1**), houve efeito significativo (P<0,05) apenas quanto a MS das plantas adubadas com MAP (**Tabela 2**). Esse resultado pode estar

relacionado com possíveis diferenças na dinâmica de liberação dos nutrientes pelas duas fontes, tendo em vista que são obtidas de formas diferentes. Enquanto para o SS a matéria-prima básica é o fosfato natural (apatita) misturado ao ácido sulfúrico, para o MAP a matéria-prima básica é o ácido fosfórico, o qual neutralizado parcialmente pela amônia (NH₃) (Novais et al., 2007). Portanto, o fato de serem obtidos a partir de matérias-primas e processos diferentes, é possível que os fertilizantes avaliados possuam diferenças quanto à taxa de liberação dos nutrientes.

Os resultados obtidos mostraram que o sorgo-sudão responde à adubação fosfatada em solos salinos-sódicos (**Figura 1a**). Porém, alguns fatores influenciam na disponibilidade de P em solos afetados por sais, entre eles o pH e as altas concentrações de cálcio (Freire & Freire, 2007). Em condições alcalinas, com pH em torno de 8, o fósforo sob a forma do íon PO₄³⁻ começa a aparecer, mas combina-se com o cálcio e precipita-se como fosfato de cálcio, entretanto, os fosfatos tornam-se disponíveis novamente em pHs acima de 8,5 porque esses altos valores indicam uma grande porcentagem de sais de sódio, e os fosfatos de sódio são solúveis em água e, então, são disponíveis (Troeh & Thompson, 2007). Isso ocorre devido ao fato de que, com o aumento do pH, a carga superficial das partículas do solo torna-se cada vez mais negativa, aumentando a repulsão entre fosfato (ânion) e a superfície adsorvente, no caso o solo (Haynes, 1984). Nesse sentido, os solos de regiões semiáridas são favorecidos quanto à disponibilidade de P, tendo em vista serem solos em sua maioria pouco desenvolvidos, ricos em bases, enquanto que os solos mais intemperizados, normalmente presentes em áreas úmidas e sub-úmidas, são ácidos, por conta da lixiviação das bases pela percolação da água. Como consequência, a adsorção do P é maior devido aos baixos valores de pH.

No presente trabalho, o sorgo-sudão apresentou crescimento (**Figura 1**) em um solo com CE de 30 dS m⁻¹ e PST de 41,77 % (**Tabela 1**), demonstrando elevado potencial para cultivo em áreas onde outras culturas não se desenvolveriam por conta da salinidade e/ou sodicidade, podendo ser considerada uma alternativa para produção de forragem nessas áreas.

Em relação à análise de trilha, o conjunto das variáveis selecionadas explicou 97,7% (R²) das variações na MS das plantas de sorgo-sudão quando da aplicação do superfosfato simples (**Tabela 3**). As variáveis que apresentaram coeficiente de correlação (efeito total) significativo a 1% com a MS podem ser classificadas na seguinte ordem decrescente: DC> AP> Dose> NP. Todas as

variáveis apresentaram correlação positiva com a MS (**Tabela 3**), indicando que houve incremento em termos de MS no sorgo à medida que as doses de P na forma de SS foram aumentando, por exemplo.

AP, DC e NP apresentaram efeito direto sobre a MS, sendo que dos que influenciaram diretamente, o DC foi o mais importante (efeito total). Já a dose apresentou efeito indireto, via AP e DC, na MS (**Tabela 3**). Quanto ao MAP, o conjunto das variáveis explicou 97,9% (R^2) das variações na MS das plantas. A dose, a AP, o DC e o NP tiveram efeito direto e apresentaram correlação positiva com a MS, sendo o NP a variável independente mais importante na MS (**Tabela 3**).

CONCLUSÕES

De modo geral, plantas de sorgo-sudão adubadas com doses de P maiores que 90 kg ha⁻¹ apresentam incrementos decrescentes em termos de altura de planta e produção de massa seca, independente da fonte utilizada, seja MAP ou SS;

O diâmetro do colmo e o número de perfilhos são as variáveis mais importantes em termos da produção de massa seca, ao se fazer adubação com SS e MAP, respectivamente.

O sorgo-sudão apresenta potencial para ser cultivado em solos salino-sódicos.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 305-314, 2009.

de MENDIBURU, F. agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.1-4, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA – Serviço de Produção da Informação; Rio de Janeiro, EMBRAPA solos, 2006. 306p.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. *Fertilidade do Solo*. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.929-954.

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CTC	PST	CE
	-----cmol _c .kg ⁻¹ -----					%	dS.m ⁻¹
9	2,02	0,61	3,83	0,26	10,96	41,77	30

pH em água (1:2,5), PST: porcentagem de Na trocável, CE: condutividade elétrica do extrato de saturação. Fonte: Santos (2012).

GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M.; MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31: 1890-1900, 2002.

HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advances and agronomy*, 37: 249-315, 1984.

IGARTUA, E.; GRACIA, M. P.; LASA, J. M. Field responses of grain sorghum to a salinity gradient. *Field Crops Research*, 42: 15-25, 1995.

MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F.; GALVÍNIO, J. D.; RIBEIRO, J. G. Variação espacial da precipitação e temperatura do ar no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., Florianópolis, 2006. Anais. Florianópolis: SBMET, 2006. p.1-6.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. *Fertilidade do Solo*. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

SANTOS, M. A. Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), 89 f. – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; Bellingieri, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. *Ciência e Agrotecnologia*, 32: 474-480, 2008.

TABOSA, J. N.; TAVARES FILHO, J. J.; BRITO, A. R. M. B.; NASCIMENTO, M. M. A.; REIS, O. V.; SIMPLÍCIO, J. B.; SANTOS, R. S. M.; DIAS, F. M.; TAVARES, J. A.; BRITO, P. R.; LIMA, L. E.; SOUZA, O. P. O cultivo do sorgo no semi-árido de pernambuco – aspectos gerais e recomendações básicas de plantio. Recife: Instituto Agromômico de Pernambuco, 2008. p.5.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. Solos e fertilidade do solo. – 6. ed. DOURADO NETO, D.; DOURADO, M. N. (Tradutores). São Paulo: ANDREI, 2007. 718p.

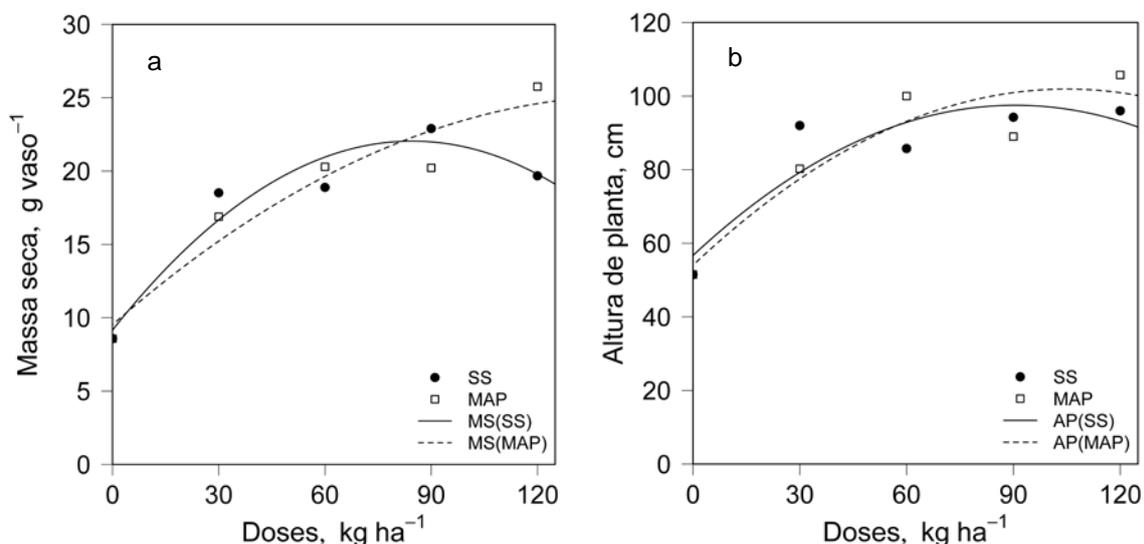


Figura 1. Efeito das doses de fósforo a partir de duas fontes (superfósforo simples – SS e fósforo monoamônico – MAP) sobre a massa seca (a) e altura de planta (b) em sorgo-sudão.

Tabela 2. Equações de regressão relacionando-se a massa seca da parte aérea (g vaso⁻¹) e a altura da planta (cm) do sorgo-sudão com as doses de fósforo das duas fontes utilizadas (superfósforo simples – SS e fósforo monoamônico – MAP)

Variável	Equação	R ²	RMSE
Massa seca, SS	$y = 9,1580 + 0,3046^{ns} x - 0,0018^{ns} x^2$	0,924	1,65
Massa seca, MAP	$y = 9,5229 + 0,2114^* x - 0,0007^{ns} x^2$	0,926	1,94
Altura de planta, SS	$y = 56,6857 + 0,9018^{ns} x - 0,0050^{ns} x^2$	0,812	8,32
Altura de planta, MAP	$y = 54,0286 + 0,9123^{ns} x - 0,0043^{ns} x^2$	0,875	8,23

RMSE é o erro quadrático (*Root Mean Square Error*).

Tabela 3. Desdobramento das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos de doses de fósforo obtidas das fontes superfósforo simples e fósforo monoamônico e características biométricas de plantas de sorgo sobre a matéria seca

	Dose	AP	DC	NF	NP	Total
Tratamento com superfósforo simples - SS						
Dose	0,077	0,186	0,354	0,000	0,082	0,700**
AP	0,052	0,278	0,391	0,001	0,089	0,810**
DC	0,052	0,209	0,521	0,000	0,098	0,880**
NF	0,017	0,139	0,208	0,001	0,044	0,410
NP	0,037	0,145	0,297	0,000	0,171	0,650**
Coeficiente de determinação (R ²)						0,977
Efeito da variável residual (ρ _ε)						0,151
Tratamento com fósforo monoamônico - MAP						
Dose	0,292	0,184	0,182	0,000	0,163	0,820**
AP	0,201	0,266	0,157	-0,010	0,145	0,760**
DC	0,236	0,186	0,225	-0,007	0,189	0,830**
NF	0,000	0,043	0,025	-0,060	-0,098	-0,090
NP	0,160	0,130	0,144	0,020	0,296	0,750**
Coeficiente de determinação (R ²)						0,979
Efeito da variável residual (ρ _ε)						0,145

*correlação de Pearson significativa a 5%, para o efeito total; ** correlação de Pearson significativa a 1%, para o efeito total; Leituras dos efeitos diretos (coeficiente de trilha) sobre a variável respostas na diagonal, em negrito, e dos efeitos indiretos na horizontal; AP é altura de planta; DC é o diâmetro do caule; NF é o número de folhas; NP é o número de perfilhos.