

## Crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo<sup>1</sup>

### Growth and mineral composition of soursop plant seedlings in response to doses of phosphorus

Ismail Soares<sup>2</sup>, Sergio Costa Lima<sup>3</sup> e Lindbergue Araújo Crisóstomo<sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho foi realizado em casa de vegetação com o objetivo de estudar os efeitos de diferentes doses de fósforo no crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.). Como substrato foi utilizado um Argissolo Vermelho-Amarelo acondicionado em vasos de polipropileno com capacidade de 7 dm<sup>3</sup>. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições e seis doses de fósforo (20, 40, 60, 80, 100 e 120 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Foram avaliados a altura, diâmetro do colo, matéria seca da parte aérea, da raiz e total das plantas, teores e quantidades acumulados de nutrientes na parte aérea das plantas. As características de crescimento avaliadas apresentaram baixo incremento quando as plantas foram submetidas a doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> acima de 60 mg dm<sup>-3</sup>. A dose de fosfato que proporcionou 90% da máxima eficiência de utilização de fósforo para produção da matéria seca da parte aérea foi de 64 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e o nível crítico de fósforo na parte aérea com essa dose de fosfato foi de 1,48 g kg<sup>-1</sup>. A quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea das mudas foi em ordem decrescente para os macronutrientes N, K, Ca, P, S e Mg e, para os micronutrientes Mn, Zn, Fe e Cu.

**Palavras chave:** *Annona muricata*. Adubação fosfatada. Eficiência de utilização de fósforo.

**Abstract** – This work aimed to analyse the effects of different doses of phosphorus on the growth and mineral composition of soursop plant seedlings (*Annona muricata* L.). It was performed in greenhouse. Red-Yellow clay-based soil was used as a substrate, wrapped in polypropylene containers with 7 dm<sup>3</sup>. It was used a completely randomized block design with five replicates and six doses of phosphorus (20, 40, 60, 80, 100 and 120 mg dm<sup>-3</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The height, stem diameter, shoot, root and total dry matter yield of the plants, concentration and quantities of nutrients accumulated in the shoot of the plants were evaluated. The evaluated growth characteristics showed low growth rate when the plants received doses of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> above 60 mg dm<sup>-3</sup>. The phosphate dosage that provided 90% of the maximum efficiency of utilization of phosphorus for the production of the aerial part of the dry matter was 64 mg dm<sup>-3</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and the critical level of phosphorus in the aerial part with this dosage of phosphate was 1.48 g kg<sup>-1</sup>. The quantity of the nutrients accumulated in the aerial part of the seedlings was in decreasing order for the macronutrients N, K, Ca, P, S and Mg, and the micronutrients Mn, Zn, Fe, and Cu.

**Key words:** *Annona muricata*. Phosphate fertilization. Efficiency in the utilization of phosphorus.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 29/05/2007; aprovado em 13/09/2007

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Associado, UFC/CCA/DCS., Cx. Postal 12168, CEP 60021-970, Fortaleza, CE. E-mail: ismail@ufc.br

<sup>3</sup> Estudante de Agronomia, UFC/CCA/DCS., Cx. Postal 12168, CEP 60021-970, Fortaleza, CE. E-mail: sergiolimaufc@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, PhD., Pesquisador CNPAT/EMBRAPA, Cx. Postal 3761, CEP 60511-110, Fortaleza, CE. E-mail: lindbeg@cpnat.embrapa.br

## Introdução

As pesquisas com gravioleira no Brasil são relativamente recentes e, portanto, poucos resultados práticos foram efetivamente alcançados. Na área de implantação da cultura, sobretudo na produção de mudas, são escassos os resultados de pesquisa. A propagação da gravioleira passa pela produção de mudas que é um dos meios para a exploração técnica e comercial dessa espécie. Trata-se de uma cultura perene e os erros cometidos no processo de produção de mudas, certamente resultarão em consequências danosas por todo o período de exploração da cultura.

Para a obtenção de mudas de boa qualidade, faz-se necessário a utilização de substratos, os quais devem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas e fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta. Entretanto, muitas vezes, a produção de mudas é feita utilizando-se solo ou subsolo como substrato, cuja fertilidade natural é extremamente baixa, notadamente em fósforo (BARROS; NOVAIS, 1990), assim, faz-se necessária à determinação da quantidade de fósforo a ser fornecida para o melhor desenvolvimento das plantas.

Em virtude da dinâmica do fósforo nos solos mais intemperizados, a sua baixa disponibilidade para as plantas tem sido apontada como causa do inadequado desenvolvimento da maioria das culturas em solos das regiões tropicais. Nessas áreas, onde os solos possuem elevada capacidade de fixação, a deficiência do nutriente é o mais importante fator nutricional a restringir o crescimento das plantas, como têm sido observados por diversos pesquisadores (GOMES et al., 2004; NEVES et al., 2004; SHUMACHER et al., 2004).

A baixa disponibilidade de fósforo, comum na maioria dos solos das regiões tropicais, transforma esse elemento em objeto de freqüentes estudos, que visam analisar os mecanismos reguladores do seu suprimento aos vegetais.

O objetivo do experimento foi avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira.

## Material e Métodos

Foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, no Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC), utilizando-se amostra da camada superficial (0-20 cm) de um Argissolo Vermelho-Amarelo com os seguintes atributos químicos e físicos: pH (H<sub>2</sub>O) 5,3, maté-

ria orgânica 12,5 g dm<sup>-3</sup>, P e K 4,1 e 72,1 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> 2,1; 0,3 e 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, areia, silte e argila 620, 200 e 180 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O solo foi passado em peneira com malha de 4 mm de abertura e distribuídos em vasos de polipropileno com capacidade de 7 dm<sup>3</sup>.

Foram empregados tratamentos com fornecimento de seis doses de fósforo, correspondentes à aplicação de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dm<sup>-3</sup> de solo, na forma de superfosfato simples. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, com cinco repetições.

As quantidades de cálcio e enxofre com as doses crescentes de fósforo foram balanceadas com gesso agrícola e cloreto de cálcio. Aplicou-se também sulfato de magnésio, com objetivo de elevar o teor de Mg<sup>++</sup> trocável no solo para 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e micronutrientes em mg dm<sup>-3</sup>: 1,5 de Cu (CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O), 5,0 de Zn (ZnSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O), 0,5 de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) e 0,1 de Mo (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O). Após homogeneização do solo e fertilizantes, a umidade do solo foi mantida em torno de 65% da capacidade de retenção de água durante o decorrer do experimento por meio de irrigações diárias com água destilada.

Sementes de gravioleira, tipo morada, foram germinadas em bandejas contendo areia lavada. Trinta dias após a germinação foi transplantada uma plântula por vaso com os respectivos tratamentos de fósforo. Sete dias após o transplante, iniciou as adubações com nitrogênio e potássio, aplicando-se 22 e 28 mg dm<sup>-3</sup> de N e K<sub>2</sub>O, respectivamente, na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, a qual foi repetida a cada 15 dias. No decorrer do experimento, totalizou-se um fornecimento de 132 e 168 mg dm<sup>-3</sup> de N e K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Altura das plantas foi coletada a cada sete dias após o transplante (DAT), e aos 77 DAT mediu-se o diâmetro do coleto, e a seguir as plantas foram cortadas rente ao solo e material vegetal, separado em raízes e parte aérea, foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, durante 72 horas, para determinação da matéria seca. Com os resultados de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST), altura (H) e diâmetro do coleto (DC) determinou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) utilizando a fórmula descrita por Gomes et al. (2003), definida pela expressão  $IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSR)]$ . A parte aérea foi moída e mineralizada para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn conforme metodologia descrita por Silva (1999).

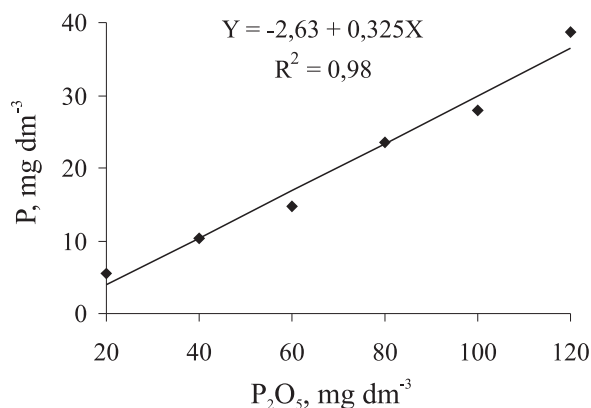
A eficiência de utilização de fósforo na parte aérea foi calculada pelo índice proposto por Siddiqi e Glass (1981), definido pela expressão  $EU = W/C$ , em que EU: eficiência de utilização; W: matéria seca da parte aérea e C: teor de fósforo.

Por ocasião do corte das plantas, amostras de solo foram coletadas para determinação do teor de fósforo extraído por Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância e foram ajustadas equações de regressão das características avaliadas como variáveis dependentes das doses de  $P_2O_5$ .

## Resultados e Discussão

Aplicação de fósforo proporcionou aumentos lineares na disponibilidade deste elemento no solo (Figura 1). Em média, a quantidade recuperada de fósforo pelo extrator Mehlich-1 foi de 64% do aplicado após o período de cultivo das mudas, evidenciando que este solo apresenta baixa capacidade de adsorção de fósforo. Isto pode ser confirmado pelo baixo teor de argila presente neste solo, o qual possui uma correlação positiva com a capacidade de adsorção de fósforo no solo (BONFIM et al., 2004; ROLIN NETO et al., 2004).



**Figura 1** - Disponibilidade de fósforo no Argissolo Vermelho-Amarelo em função das doses de  $P_2O_5$ , aos 77 dias após transplantar das mudas de gravioleira

As plantas que receberam fósforo abaixo de  $60\ mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$  tiveram seu crescimento comprometido, o que evidencia que este nutriente é indispensável ao crescimento inicial da gravioleira. Novais et al. (1990), relataram que quando o solo apresenta baixo teor de fósforo, espera-se resposta acentuada das plantas à aplicação deste elemento, tanto na fase de produção de mudas como no estabelecimento das plantas no campo.

Com base nas equações de regressão (Tabela 1), observou-se que o incremento em altura das plantas nas

**Tabela 1**- Equações de regressão para altura das mudas de gravioleira (Y) em função das doses de fosfato aplicadas (X), em várias épocas de avaliação após transplante das mudas de gravioleira

DAT	Equação	R <sup>2</sup>
21	$Y = 12,06 + 0,0317X - 0,000105X^2$	0,77
28	$Y = 9,96 + 1,1087X^{1/2} - 0,04084X$	0,83
35	$Y = 9,67 + 1,8577X^{1/2} - 0,07643X$	0,85
42	$Y = 11,61 + 2,0849X^{1/2} - 0,07394X$	0,82
49	$Y = 13,71 + 2,6093X^{1/2} - 0,01002X$	0,77
56	$Y = 12,89 + 4,1078X^{1/2} - 0,1886X$	0,73
63	$Y = 21,59 + 3,1293X^{1/2} - 0,1131X$	0,71
70	$Y = 20,11 + 4,7729X^{1/2} - 0,2056X$	0,70
77	$Y = 19,99 + 6,0981X^{1/2} - 0,2803X$	0,65

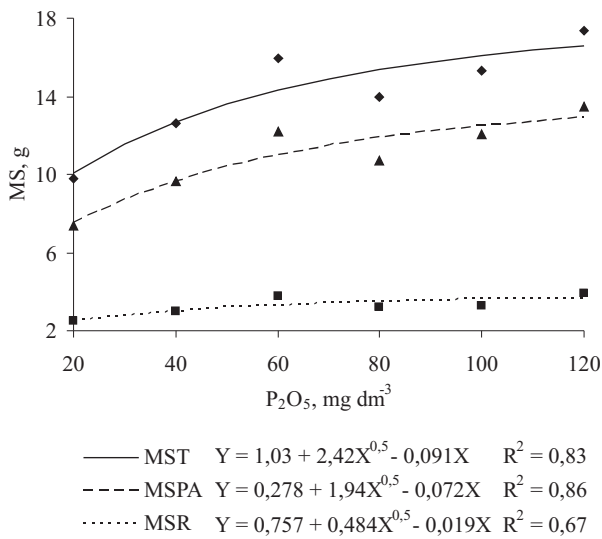
DAT - Dias após transplante

épocas avaliadas, quando se aumentou a dose de fósforo de 20 para  $60\ mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ , foi em média de  $0,39\ cm\ dia^{-1}$ , inferior do que o observado de 60 para  $120\ mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ , que foi em média de  $0,46\ cm\ dia^{-1}$ , incrementos estes, superiores os observados por Barbosa et al. (2003), de  $0,22\ cm\ dia^{-1}$  em mudas de gravioleira.

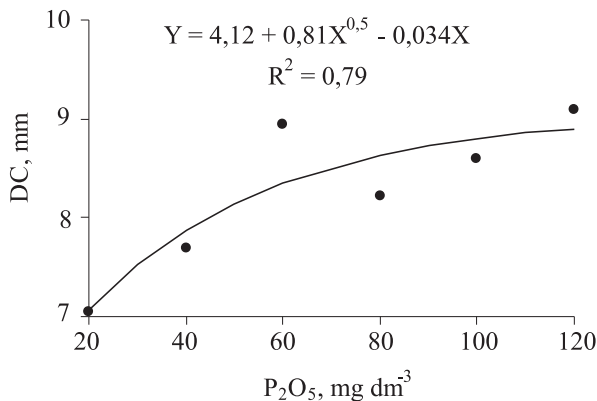
As características de crescimento, matéria seca da parte aérea, das raízes e total, e diâmetro do colo (Figuras 2 e 3), apresentaram comportamento semelhante a altura das plantas (Tabela 1), com respostas positivas à adubação fosfatada, sendo que, a partir de

$60\ mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$  os incrementos dessas características foram de pequena magnitude, evidenciando uma estabilização de crescimento a partir desta dose, e não atingiu o crescimento máximo das características avaliadas na maior dose de  $P_2O_5$  utilizada. Este baixo incremento quando as plantas foram submetidas a doses de  $P_2O_5$  acima de  $60\ mg\ dm^{-3}$  é um indicativo de que, em solos com características semelhantes ao utilizado no presente experimento, a adição de fósforo com dose superior a esta, poderá não resultar em melhoria no desenvolvimento das mudas de gravioleira.

Em termos percentuais, os acréscimos para produção de matéria seca da parte aérea das mudas de gravioleira foram em média de 10% até  $60\ mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ , e a partir desta dose os acréscimos foram em média de 2,7%; da mesma forma, os acréscimos para produção de matéria seca das raízes foram em média de 7,0 e 1,7%, respectivamente, e para o diâmetro do colo foram em média de 4,3 e 1,1%, respectivamente (Figuras 2 e 3).



**Figura 2** - Produção de matéria seca total (MST), da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de mudas de gravioleira em função das doses de  $P_2O_5$

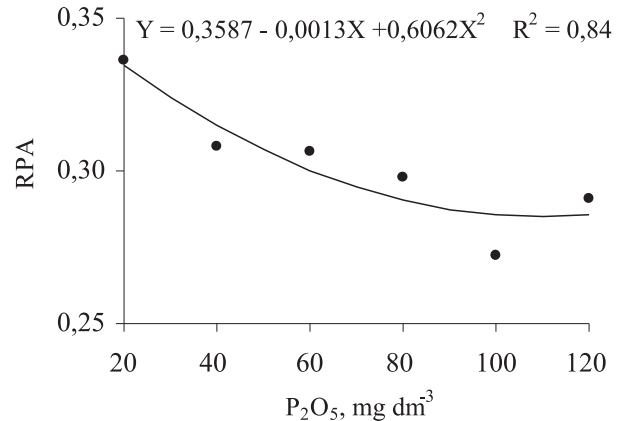


**Figura 3** - Diâmetro do colo (DC) de mudas de gravioleira em função das doses de  $P_2O_5$

Respostas positivas de características de crescimento em mudas de espécies florestais incrementando à proporção que aumentam as doses de fósforo aplicadas ao solo, e a partir das maiores doses, as respostas à adubação passou a decrescer, também foram observadas por Resende et al. (1999), Neves et al. (2004), Gomes et al. (2004) e Schumacher et al. (2004).

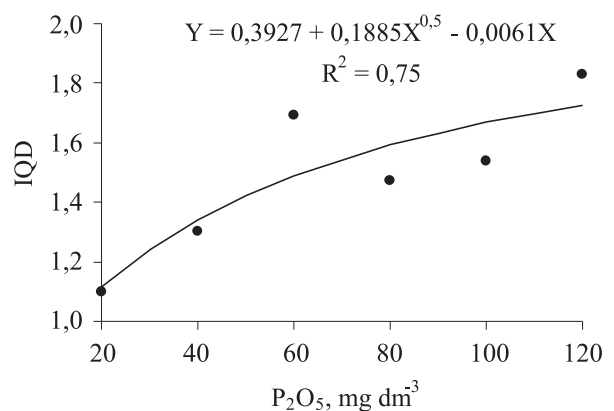
A relação raiz/parte aérea diminuiu com o aumento das doses de fósforo (Figura 4), indicando que em condições de baixa disponibilidade deste elemento, a planta destina maior potencial de crescimento para o sistema radicular

em detrimento da parte aérea. Resultados semelhantes foram observados em mudas de espécies florestais por Resende et al. (1999) e Gomes et al. (2004). Segundo Clarkson (1985), o maior crescimento das raízes em relação à parte aérea é uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes do solo, em condição de baixa fertilidade.



**Figura 4** - Relação raiz-parte aérea (RPA) de mudas de gravioleira em função das doses de  $P_2O_5$

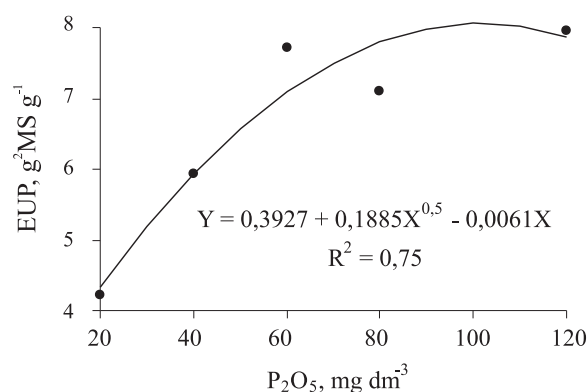
O índice de qualidade de Dickson (IQD) é apontado como bom indicador da qualidade de mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo ponderados várias características importantes (GOMES et al., 2003). O IQD também apresentou comportamento semelhante a outras características de crescimento avaliadas (Figura 5), com incrementos médios de 7,5% até 60  $mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ , e com respostas positivas das plantas à adubação fosfatada até 120  $mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ , porém com acréscimos de pequena magnitude, em média de 2,5%.



**Figura 5** - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de gravioleira em função das doses de  $P_2O_5$

A eficiência de utilização de fósforo (EUF) para produção de matéria seca da parte aérea aumentou até a dose de 100 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e reduziu na maior dose de adubação fosfatada (Figura 6). Este resultado é justificado pelo maior teor de fósforo na parte aérea verificado nas plantas submetidas a maior dose de fosfato (Tabela 2), sem refletir em aumentos proporcionais na produção de matéria seca. Este fato caracteriza um possível consumo de luxo de fósforo pelas plantas em condição de alta disponibilidade deste elemento. Resultados semelhantes também foram observados por Furtino Neto et al. (1996) e Fernandes et al. (2000) em mudas de espécies florestais.

Para obter 90% da máxima eficiência de utilização de fósforo para produção de matéria seca da parte aérea das



**Figura 6** - Eficiência de utilização de fósforo (EUF) para produção de matéria seca da parte aérea de mudas de gravioleira em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

**Tabela 2** - Teor (g kg<sup>-1</sup>) e conteúdo (mg planta<sup>-1</sup>) de macronutrientes na parte aérea das mudas de gravioleira em função das doses de fósforo aplicadas no solo

Nutrientes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg dm <sup>-3</sup>						DMS	CV (%)
	20	40	60	80	100	120		
N	g kg <sup>-1</sup>						1,50	2,80
	28,33	27,14	26,31	26,44	27,02	26,62		
	mg planta <sup>-1</sup>							
	208,41	261,67	321,19	256,60	325,52	358,11	70,42	12,26
P	g kg <sup>-1</sup>						0,13	4,20
	1,75	1,63	1,58	1,37	1,48	1,69		
	mg planta <sup>-1</sup>							
	12,87	15,71	19,33	13,28	17,83	22,78	4,68	13,86
K	g kg <sup>-1</sup>						ns	8,88
	25,65	25,03	22,84	25,35	24,15	22,50		
	mg planta <sup>-1</sup>							
	188,36	242,81	279,43	244,90	288,23	304,85	84,60	16,77
Ca	g kg <sup>-1</sup>						0,08	1,30
	3,12	3,02	3,07	3,37	3,04	3,19		
	mg planta <sup>-1</sup>							
	22,93	29,14	37,42	32,71	36,69	43,00	8,13	12,14
Mg	g kg <sup>-1</sup>						0,02	1,92
	0,48	0,46	0,47	0,48	0,48	0,45		
	mg planta <sup>-1</sup>							
	3,55	4,46	5,75	4,66	5,79	6,16	1,24	12,35
S	g kg <sup>-1</sup>						0,05	1,68
	1,56	1,76	1,53	1,57	1,57	1,44		
	mg planta <sup>-1</sup>							
	11,49	16,97	18,65	15,20	18,91	19,33	4,12	12,34

DMS, diferença mínima significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV, coeficiente de variação

mudas de gravioleira será necessário aplicar 64 mg de  $P_2O_5$   $dm^{-3}$  de solo, nas condições estudadas. Substituindo esta dose de fosfato na equação de regressão que relaciona os teores de fósforo na parte aérea como variável dependente das doses de  $P_2O_5$  ( $Y = 2,061 - 0,0156839X + 0,000102232X^2$ ), obtém-se o teor de 1,48  $g\ kg^{-1}$  de fósforo na parte aérea como nível crítico para atingir 90% da máxima eficiência de utilização de fósforo para produção de matéria seca, sem que a planta realiza consumo de luxo de fósforo. Tais resultados apontam para uma alta eficiência de utilização de fósforo por planta de gravioleira.

Embora os teores de magnésio na parte aérea das mudas de gravioleira (Tabela 2), estejam abaixo da faixa considerada adequada para o crescimento das plantas de 1,5 a 3,5  $mg\ kg^{-1}$  por Marschner (1995), as mudas não expressaram sintomas visíveis de deficiência deste elemento nas folhas. Quanto aos demais nutrientes, os teores encontram-se na faixa adequada de acordo com o autor supracitado. Os teores de fósforo na parte aérea foram superiores aos encontrados por Chu et al. (2001) e semelhantes aos de Barbosa et al. (2003) em mudas de gravioleira.

O teor e a quantidade acumulada de ferro na parte aérea das mudas de gravioleira reduziram com as doses de

fósforo (Tabela 3), este efeito pode ser explicado pela reação de precipitação do  $Fe^{3+}$  com o fosfato, formando compostos de menor solubilidade, o que reduz o fluxo de difusão do ferro no solo (NUNES et al., 2004), e diminui também a absorção deste elemento pela planta. Com base nos teores de fósforo na parte aérea das mudas de gravioleira e o não efeito das doses de fósforo em solução nutritiva sobre os teores de ferro na folha em mudas de macadânia por Morrocos et al. (2003), o teor de fósforo na planta não pode ser o responsável por uma possível inativação do ferro interno na planta, como sugerido por Hue & Nakamura (1988) e Hue et al. (1988).

Os nutrientes que mais acumularam na parte aérea das mudas de gravioleira seguem a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes N, K, Ca, P, S e Mg e, para os micronutrientes Mn, Zn, Fe e Cu (Tabelas 2 e 3). Barbosa et al. (2003) observaram que a acumulação de nutrientes acompanhou a produção de matéria seca e apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes K, N, Ca, Mg e P e para os micronutrientes Fe, Zn, Mn e Cu. Essa diferença na seqüência de acumulação de nutrientes pode ser atribuído as condições edafoclimáticas, tais como, a disponibilidade de nutrientes, umidade do solo e do ar e temperatura do

**Tabela 3** - Teor ( $mg\ kg^{-1}$ ) e conteúdo ( $mg\ planta^{-1}$ ) de micronutrientes na parte aérea das mudas de gravioleira em função das doses de fósforo aplicadas no solo

Nutrientes	$P_2O_5$ , $mg\ dm^{-3}$						DMS	CV (%)
	20	40	60	80	100	120		
Fe	$mg\ kg^{-1}$						11,38	6,84
	163,07	95,61	69,17	47,87	74,80	51,29		
	$mg\ planta^{-1}$							
Mn	1,20	0,92	0,84	0,46	0,90	0,69	0,20	12,00
	$mg\ kg^{-1}$						26,08	4,16
	306,53	354,48	260,26	327,85	308,38	333,80		
$mg\ planta^{-1}$								
Zn	2,25	3,41	3,13	3,18	3,71	4,48	0,67	9,98
	$mg\ kg^{-1}$						6,37	3,84
	80,22	89,89	93,10	76,08	83,53	77,12		
$mg\ planta^{-1}$								
Cu	0,59	0,87	1,14	0,74	1,00	1,03	0,23	12,77
	$mg\ kg^{-1}$						1,44	2,55
	34,36	28,17	29,57	24,37	27,87	25,76		
$mg\ planta^{-1}$								
	0,25	0,27	0,36	0,24	0,34	0,35	0,07	11,09

DMS, diferença mínima significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV, coeficiente de variação

solo, os quais são os principais fatores responsáveis pelo padrão de absorção de nutrientes pelas plantas.

## Conclusões

1. Em solo com baixo teor de fósforo, é necessário usar adubos fosfatados para obter bom desenvolvimento de mudas de gravioleira;
2. As plantas apresentaram baixo incremento das características de crescimento quando submetidas a doses de  $P_2O_5$  acima de  $60 \text{ mg dm}^{-3}$ ;
3. Em solos com características semelhantes ao utilizado neste experimento, a adição de fósforo com dose superior a  $60 \text{ mg dm}^{-3}$ , poderá não resultar em melhoria no desenvolvimento das mudas de gravioleira;
4. A gravioleira mostrou ser uma planta de alta eficiência na utilização de fósforo.

## Referências

- BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 519-522, 2003.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora folha de Viçosa, 1990. 330p.
- BONFIM, E. M. S.; FREIRE, F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 281-288, 2004.
- CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P. C. (Ed.) **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p. 45-75.
- CHU, E. Y.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 671-680, 2001.
- EMBRAPA. **Manual e métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis crítico de fósforo e frações fosfatada em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1191-1198, 2000.
- FURTINI NETO, A. E.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. Eficiência nutricional em mudas de eucalyptus em relação a fósforo. **Revista Árvore**, v. 20, p. 17-28, 1996.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, p. 113-127, 2003.
- GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N.F.; SILVA, S.R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v. 28, p. 785-792, 2004.
- HUE, N. V.; NAKAMURA, E. T. Iron chlorosis in macadamia as affected by phosphate-iron interactions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 11, p. 1635-1648, 1988.
- HUE, N. V.; FOX, R. L.; McCALL, W. W. Chlorosis in macadamia as affected by phosphate fertilization and soil properties. **Journal of Plant Nutrition**, v. 11, p. 161-173, 1988.
- MARROCOS, P. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVEREZ, V. H. V.; BRUCKNER, C. H.; CANTARUTTI, R.B. Interações P x Fe em mudas de macadâmia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 323-325, 2003.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Second Edition. London: Academic Press Inc., 1995. 889p.
- NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, v. 28, p. 343-349, 2004.
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.
- NUNES, F. N.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; GEBRIM, F. O.; SÃO JOSÉ, J. F. B. Fluxo difusivo de ferro em solos sob influência de doses de fósforo e de níveis de acidez e umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 423-429, 2004.
- RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIM, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2071-2081, 1999.
- ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 953-964, 2004.
- SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, v. 28, p. 149-155, 2004.
- SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 289-302, 1981.
- SILVA, F. C. **Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.