

## CRESCIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DE MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA VARIEDADE E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA<sup>1</sup>

DJAIR FELIX DA SILVA<sup>2\*</sup>, ROSEANE CRISTINA PRÉDES TRINDADE<sup>3</sup>, MAURO WAGNER DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, JOSÉ HARLISSON DE ARAÚJO FERRO<sup>4</sup>, ALTANYS SILVA CALHEIROS<sup>5</sup>

**RESUMO** - Tendo como objetivo avaliar o efeito das variedades e da adubação fosfatada no crescimento e produtividade da mamoneira, realizou-se um experimento no Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Rio Largo-AL. O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), utilizando como fonte o superfosfato triplo, e duas variedades de mamona, (BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições. Determinaram-se a área foliar (AF) e alturas das plantas (AP) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT), o comprimento dos racemos primários (CRP) e subsequentes (CRS), o número de racemos durante todo o ciclo (NR), a produtividade de sementes (PS) e acúmulo de matéria seca na parte aérea (MS). A adubação fosfatada aumentou a área foliar somente aos 30 e 120 DAT, enquanto para a altura de plantas o efeito foi constatado somente aos 30 DAT. Verificou-se efeito quadrático da adubação fosfatada para o CRP, NR, PS e MS. A variedade BRS 188 Paraguaçu produziu maior número de racemos, mas, por outro lado os racemos da BRS 149 Nordestina foram mais compridos.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Macronutrientes. Nutrição mineral. Sistema de produção.

## VEGETATIVE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF CASTOR BEAN ACCORDING TO THE VARIETY AND PHOSPHORUS FERTILIZATION

**ABSTRACT** - Having to evaluate the effect of varieties and phosphorus fertilization on growth and productivity of castor beans, is an experiment conducted at the Center for Agricultural Sciences, located in Rio Largo-AL. The paper was a 5 x 2 factorial, consisting of five doses of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) using triple superphosphate as source, and two varieties of castor bean, (BRS 149 Nordestina and BRS 188 Paraguaçu), with the treatments distributed in a randomized block design with four replications. We determined leaf area (LA) and plant height (PH) 30, 60, 90 and 120 days after transplanting (DAT), the length of the primary racemes (LPR) and subsequent (LSR), the number of racemes throughout the cycle (NR), the seed yield (SY) and dry matter accumulation in shoot (DM). The P fertilization increased the leaf area only at 30 and 120 DAT, while for plant height, the effect was only observed at 30 DAT. There was a quadratic effect of phosphorus for the LPR, NR, SY and DM. The variety BRS 188 Paraguaçu produced more racemes, but on the other side of the racemes BRS 149 Nordestina were longer.

**Keywords:** *Ricinus communis* L. Macronutrientes. Mineral nutrition. Production system.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 06/04/2011; aceito em 23/08/2011.

Parte da Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal do primeiro autor, pela Universidade Federal de Alagoas.

<sup>2</sup>Departamento de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa – MG; djair\_felix@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Campus Delza Gitai, BR 104 Norte, Km 85, 57021-090, Rio Largo – AL; rept@ceca.ufal.br; mwol@oi.com.br

<sup>4</sup>Instituto Federal de Alagoas, Campus Avançado Santana do Ipanema, BR 316 – km 87, s/n, Bairro Bebedouro, 57500-000, Santana do Ipanema – AL; harlisson.ferro@ifal.edu.br

<sup>5</sup>Departamento de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife - PE; altanyasc@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é um arbusto herbáceo da família das euforbeáceas, tolerante à seca e exigente em calor e luminosidade, cujo principal produto é o óleo contido em suas sementes. O óleo possui várias aplicações industriais, sendo utilizado como ingrediente na fabricação de plásticos, fibras sintéticas, tintas, esmaltes, lubrificantes, biodiesel, entre outros (BELTRÃO et al., 2001; LIMA et al., 2008; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2009). No entanto, a formação das sementes e a síntese de óleo são processos energeticamente custosos para a planta, o qual requer uma demanda nutricional elevada, principalmente pelos macronutrientes (SAVY FILHO et al., 2005).

Apesar do alto requerimento nutricional, no Brasil a mamoneira é cultivada em áreas com baixo ou nenhum uso de fertilizantes e corretivos, pois, trata-se de cultura típica da agricultura familiar (AZEVEDO et al., 2001), onde, por sua vez, caracteriza-se por apresentar pequenas produções. Dessa forma, para obtenção de altas produtividades a mamoneira necessita de solos férteis ou que haja suplementação via adubação, especialmente de fósforo.

O fósforo é essencial para as plantas devido seus efeitos na fisiologia e metabolismo vegetal, tais como, transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, regulador de atividades enzimáticas, respiração, fotossíntese (ALVES et al., 1996; HARGER et al., 2007; XU et al., 2007), e como participante no processo de absorção de nutrientes, como o próprio fósforo e o nitrato (JESCHKE et al., 1996 e 1997). Além disso, verifica-se a carência generalizada nos solos brasileiros e, também, o P é um elemento que possui forte interação com o solo (RAIJ, 1991).

Nas plantas o efeito do fósforo é observado através do crescimento radicular, maturação de frutos, formação de grãos, frutos e fibras e também no vigor das plantas (HARGER et al., 2007). Em mamoneira vários trabalhos comprovam o efeito do P no crescimento (JESCHKE et al., 1996; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2009; SOUZA et al., 2009), produtividade (SOUZA et al., 1974; NAKAGAWA et al., 1986; OLIVEIRA et al., 2010) e teor de óleo (SEVERINO et al., 2006), porém esses efeitos precisam ser confirmados em outros ambientes e por outros genótipos.

Dessa forma, pela carência de informações locais, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da adubação fosfatada, através de diferentes doses de fósforo, no crescimento e produtividade de duas variedades de mamona, nas condições edafoclimáticas do município de Rio Largo, zona da mata alagoana.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Ala-

goas, localizado no município de Rio Largo, zona da mata alagoana, cujas coordenadas geográficas de referência são: Latitude 09°28'02"S e Longitude 35°49'43"W e altitude média de 127 metros. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo coeso distrófico (Embrapa, 1999), e o clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo As tropical chuvoso, com verões secos. A temperatura média durante o período experimental variou de 20,4 °C a 29,0 °C e a precipitação pluvial acumulada foi de 490 mm.

O estudo foi constituído de um fatorial 5 x 2, formado por cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) fornecidos na forma de superfosfato triplo, e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta de quatro fileiras de 6 m de comprimento distanciadas entre si de 3,0 m, com espaçamento de 1,0 m entre plantas, considerando-se a parcela útil apenas as duas fileiras centrais, descontando-se as plantas das extremidades, totalizando, portanto, oito plantas.

Antecedendo a implantação do experimento coletaram-se amostras de solo nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade para análise química, e de posse dos resultados (Tabela 1), calculou-se a quantidade de calcário necessária para elevar a saturação por bases a 60%, correspondendo, dessa forma à aplicação de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>. Para correção da acidez do solo, utilizou o calcário dolomítico com 100% de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), aplicados de forma mecanizada no período chuvoso, e 30 dias após a aplicação realizou-se o preparo do solo, efetuado através da uma aração e duas gradagem.

O plantio foi realizado inicialmente através de mudas, obtidas transferindo-se duas sementes de cada variedade para sacos de polietileno, com as dimensões de 14 x 25 cm, contendo substrato constituído de saibro e esterco bovino na proporção de 3:1 (v/v). Antecedendo o transplantio das mudas aplicou-se o fertilizante fosfatado no fundo das covas nas doses correspondentes a cada tratamento, e trinta dias após a semeadura foi realizado o transplantio para a área definitiva, e cerca de duas semanas após, realizou-se o desbaste deixando-se apenas a planta mais vigorosa.

No início do florescimento, aproximadamente aos 50 dias após o transplantio, realizaram-se a adubação nitrogenada e potássica, nas doses de 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aplicando-se como fonte de N o sulfato de amônio, e de K, o cloreto de potássio.

As variáveis analisadas foram: crescimento das plantas, avaliado através da área foliar, da altura, do comprimento e número dos racemos e do acúmulo de matéria seca, e da produtividade de grãos, para as diferentes doses de fósforo e variedades.

A medição da área foliar e da altura das plantas foi realizada aos 30, 60, 90 e 120 dias após o

transplântio, utilizando quatro plantas da área útil. A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento e largura de todas as folhas das plantas, utilizando-se a equação  $S = 0,1515 (C + L)^2$ , desenvolvida por Severino et al. (2005), onde C é a medida de comprimento da nervura principal da folha e L é a largura foliar, ambas em cm. No caso da altura, as plantas foram medidas do solo até o ápice do ramo mais alto, de acordo com a escala proposta por Veiga et al. (1989).

Na fase reprodutiva mediu-se o comprimento dos racemos primários e subsequentes, no intervalo de aproximadamente 30 dias e no final do ciclo contabilizou-se o número dos racemos por parcela, extrapolando-se esses valores para 1,0 ha.

Para avaliar o acúmulo de matéria seca cole-

taram-se as folhas senescentes e os racemos produzidos de quatro plantas de cada parcela durante todo ciclo da cultura e, aos 150 dias após o transplântio, cortaram-se as plantas rente ao solo e o material vegetal assim obtido, foi passado em picadeira de forragem, homogeneizado, subamostrado, seco em estufa de circulação forçada a 65 °C até massa constante, determinando-se a seguir o acúmulo de matéria seca. A produtividade de sementes da mamoneira foi estimada amostrando-se quatro plantas por parcela da área útil.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, ao teste F, e para as características que apresentaram significância entre os diferentes níveis de fósforo, obtiveram-se equações de regressão.

**Tabela 1.** Análise química do solo da área experimental nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

Profundidade (cm)	pH	P		K	Ca	Mg	H + Al	S	CTC	V	M
		mg dm <sup>-3</sup>									
0 a 20	5,5	10	30	2,6	0,6	4,2	3,33	7,53	44,2	1,5	
20 a 40	4,7	7	19	0,8	0,7	4,7	1,59	6,29	25,3	36,9	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para as características ligadas ao crescimento da mamoneira obtidos através da área foliar e da altura das plantas em resposta à adubação fosfatada e as variedades, medidas nas quatro épocas, encontram-se na Tabela 2. Para área foliar não foi verificado efeito varietal, porém, para as doses de fósforo encontrou-se diferença significativa somente nas avaliações realizadas aos 30 e 120 dias após o transplântio, obtendo-se efeito quadrático (Figura 1A), com área foliar máxima, respectivamente de 2.246 cm<sup>2</sup> e 12.391 cm<sup>2</sup>, obtidos com as doses de 112,48 kg ha<sup>-1</sup> e 117,36 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O efeito da adubação fosfatada sobre a área foliar aos 30 dias após o transplântio, deveu-se possi-

velmente ao sistema radicular das plantas encontrarem-se ainda pequeno e com pouca superfície de absorção, explorando conseqüentemente pouco volume de solo. Neste caso, as plantas adubadas, mesmo com sistemas radicular ainda em formação, absorveram mais fósforo devido à maior disponibilidade do nutriente na rizosfera.

Para as avaliações realizadas aos 120 dias após o transplântio, o efeito da área foliar ocorreu devido a maior longevidade das folhas, podendo-se inferir que houve variação na disponibilidade endógena de nutrientes, especialmente de N e P, ocasionado possivelmente pela estocagem de P inorgânico no vacúolo, conforme verificado em milho por Alves et al. (1996). Nessa época, observou-se redução da disponibilidade hídrica, e de acordo com resultados encontrados por Novais e Smyth, (1999); Costa et

**Tabela 2.** Quadrados médios da análise de variância para área foliar e altura de plantas em quatro épocas, em função de diferentes doses de fósforo e variedades de mamona.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio para área foliar			
		Dias após o transplântio			
		30	60	90	120
Dose de P (P)	4	992.288,18 *	52.054.049,71 <sup>ns</sup>	63.390.710,36 <sup>ns</sup>	35.277.240,67 **
Variedade (V)	1	42.601,72 <sup>ns</sup>	5.506.894,05 <sup>ns</sup>	16.304.633,94 <sup>ns</sup>	1.213.386,65 <sup>ns</sup>
P x V	4	352.698,29 <sup>ns</sup>	6.780.554,87 <sup>ns</sup>	22.484.864,75 <sup>ns</sup>	1.721.540,75 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1.106.873,98 *	10.684.530,36 <sup>ns</sup>	18.929.872,34 **	35.712.012,13 *
Resíduo	27	246.708,72	21.597.023,68	32.320.877,25	8.207.029,56
C.V. (%)		25,73	23,35	24,88	27,05
		Quadrado médio para altura de plantas			
Dose de P (P)	4	57,20 **	247,22 <sup>ns</sup>	669,56 <sup>ns</sup>	664,79 <sup>ns</sup>
Variedade (V)	1	84,82 *	319,16 <sup>ns</sup>	327,58 <sup>ns</sup>	187,05 <sup>ns</sup>
P x V	4	14,24 <sup>ns</sup>	17,49 <sup>ns</sup>	33,01 <sup>ns</sup>	32,23 <sup>ns</sup>
Bloco	3	32,11 <sup>ns</sup>	123,02 <sup>ns</sup>	371,47 <sup>ns</sup>	432,88 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	13,76	129,40	297,22	291,22
C.V. (%)		8,75	10,13	11,26	11,09

ns, \*, \*\* e \*\*\* = não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

al., (2006) e Costa et al. (2009), há diminuição acentuada da absorção de P com o decréscimo de pequenas quantidades de água no solo, pois a baixa umidade do solo reduz o fluxo difusivo de P. Assim, o fósforo endógeno seria a causa da diferença na área foliar avaliada aos 120 DAT, uma vez que, o fósforo estocado no vacúolo passaria para o citosol para ser utilizado nos processos metabólicos da planta, e os tratamentos em que as plantas estocaram P apresentaram maior longevidade foliar mesmo no período de limitação hídrica.

O aumento da área foliar devido a aplicação de fertilizante fosfatado também foi verificado por outros autores. Almeida Júnior et al. (2009) ao avaliar o efeito do fósforo no crescimento inicial da mamoneira, observou incremento de 268% da área foliar na dose máxima de P, porém, quando utilizou doses elevadas de P a área foliar foi reduzida drasticamente. Em outro estudo, Jeschke et al. (1996) avaliando o efeito do P no desenvolvimento foliar da mamoneira, observou que a área foliar foi afetada pelo baixo suprimento de fósforo, pois as plantas crescidas em solução com o suprimento adequado ( $48 \text{ mg L}^{-1}$  de P) apresentaram área foliar 23% superior àquelas mantidas em baixa concentração ( $0,48 \text{ mg L}^{-1}$  de P). Por outro lado, Souza et al. (2009), utilizando doses de fósforo variando de 0 a  $320 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , não observou o efeito da adubação fosfatada na área foliar, porém, verificou que as maiores médias foram obtidas pelas doses mais altas.

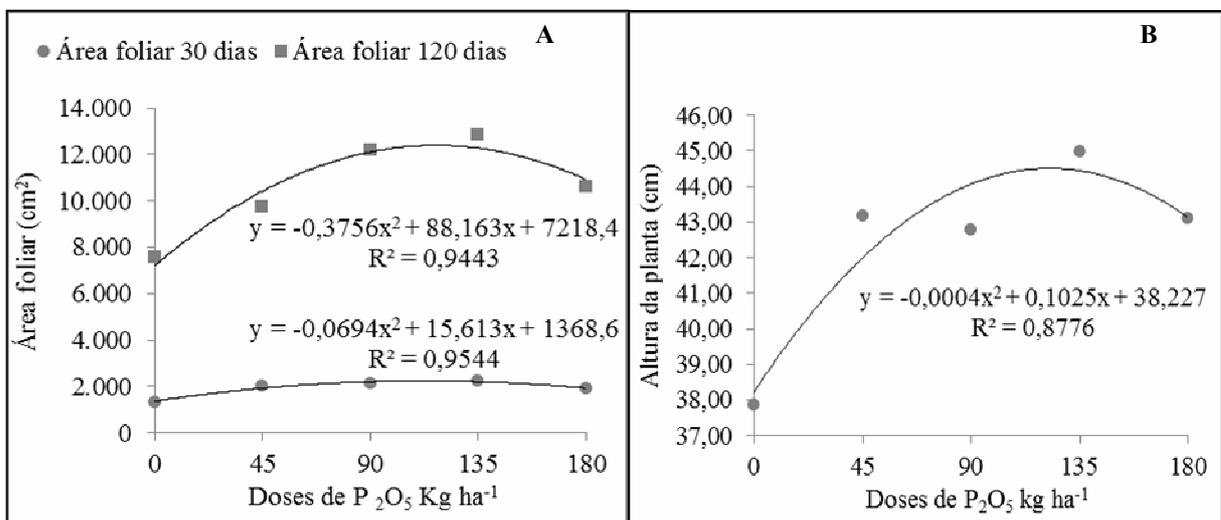
Para a altura das plantas o efeito significativo foi observado tanto pelos tratamentos com adubação fosfatada quanto pelas variedades, somente aos 30 dias após o transplantio (Tabela 2). Em relação as doses de fósforo, constatou-se o efeito quadrático, tendo-se altura máxima de plantas de 44,80 cm, obtida na dose  $128,12 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 1B). Por outro lado, nas plantas não adubadas a altura foi bastante comprometida, encontrado-se valor médio de

$38,22 \text{ cm}$ , conforme é ilustrado na figura 1B. Esses resultados condizem com os encontrados por Almeida Júnior et al. (2009) onde também observaram resposta quadrática na altura da mamoneira ao testar diferentes doses de P. Por sua vez, Souza et al. (2009) não verificou influência das doses de fósforo na altura da mamoneira.

O crescimento da parte aérea da mamoneira em função da aplicação de fertilizante fosfatado ocorreu devido a esse elemento aumentar a absorção e assimilação do próprio fósforo (JESCHKE et al., 1997) e também do nitrato (JESCHKE et al., 1996), e contribuir para fotossíntese líquida (MARSCHENER, 2002), alterando assim, a partição de assimilados para a parte aérea, ocasionando portanto, o aumento proporcional da relação raiz:parte aérea. Em mamoneira sob deficiência temporária de fósforo, essa relação aumentou cerca de 75% quando comparada às plantas com suprimento adequado e constante (JESCHKE et al., 1996).

Comparando as variedades, observou-se que as plantas mais altas foram as da variedade BRS 188 Paraguaçu, com altura média de  $43,33 \text{ cm}$ , conforme verifica-se na Tabela 3. No entanto, na literatura não foram encontrados resultados que possibilitassem comparações de altura entre as variedades em diferentes fases de desenvolvimento.

A análise de variância para as características ligadas à expressão sexual da mamoneira, tais como: comprimento dos racemos primários e subsequentes, número de racemos, produtividade de sementes, além do acúmulo de matéria seca da parte aérea em função da adubação fosfatada, encontra-se na Tabela 4. A fertilização fosfatada influenciou o tamanho dos racemos primários, número de racemos, acúmulo de matéria seca e produtividade de sementes, obtendo-se efeito quadrático, observando-se efeito varietal apenas para o número e comprimento dos racemos.



**Figura 1.** Área foliar aos 30 e 120 dias após o transplantio (A), e altura de plantas aos 30 dias (B) após o transplantio da mamoneira em função de doses de fósforo.

**Tabela 3.** Altura de plantas (AP) aos 30 dias após o transplante (DAT), comprimento dos racemos primários (CRP) e subsequentes (CRS), número de racemos (NR) e acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) de variedades de mamona. Média de quatro repetições.

Variedades	AP aos 30 DAT	CRP	CRS	NR	MS
	----- cm -----			Unidade ha <sup>-1</sup>	---- kg ha <sup>-1</sup> ---
BRS 149 Nordestina	40,91 a	35,84 a	16,90 a	23.581,0 b	3.775,30 a
BRS 188 Paraguaçu	43,83 b	22,26 b	13,75 b	34.250,0 a	3.514,42 a
Médias	42,37	29,05	15,32	28.915,0	3.619,70
C.V. (%)	8,75	11,17	10,69	15,43	10,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

**Tabela 4.** Quadrados médios da análise de variância para comprimento dos racemos primários (CRP) e subsequentes (CRS), número de racemos (NR), acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) e produtividade de sementes (PS) em função de diferentes doses de fósforo e variedades de mamona.

Fonte de variação	GL	CRP	CRS	NR	MS	PS
Dose de P (P)	4	50,69 **	5,16 ns	55.965.261,34*	3.300.877,60 ***	107.563,03 ***
Variedade (V)	1	1.843,75 ***	98,65 ***	1,13 ***	74.064,09 ns	85.747,60 ns
P x V	4	18,88 ns	1,62 ns	33.118.818,68 ns	1.153.972,71 ns	26.098,16 ns
Bloco	3	8,01 ns	8,67 *	149.801.594,71 ***	581.207,84 ns	33.004,40 ns
Resíduo	27	10,53	2,68	19.908.668,12	475.587,43	25.928,39
C.V. (%)		11,17	10,69	15,43	19,12	15,58

ns, \*, \*\* e \*\*\* = não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O comprimento máximo dos racemos primários foi de 31,22 cm (Figura 2A), e a maior quantidade de racemos produzidos pela cultura foi de 31.075 unidades por hectare (Figura 2B), na dose correspondente a 97,4 e 96,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. O desenvolvimento desses órgãos foi prejudicado pelos tratamentos com baixo suprimento de fósforo, devido, possivelmente, à concentração de P da planta não atender a demanda energética na fase reprodutiva, havendo assim, redução no crescimento e na emissão dos racemos, principalmente na época de formação das sementes, uma vez que o armazenamento de produtos como óleo, proteínas e carboidratos exigem o gasto de energia em forma de ATP (SEVERINO et al., 2006).

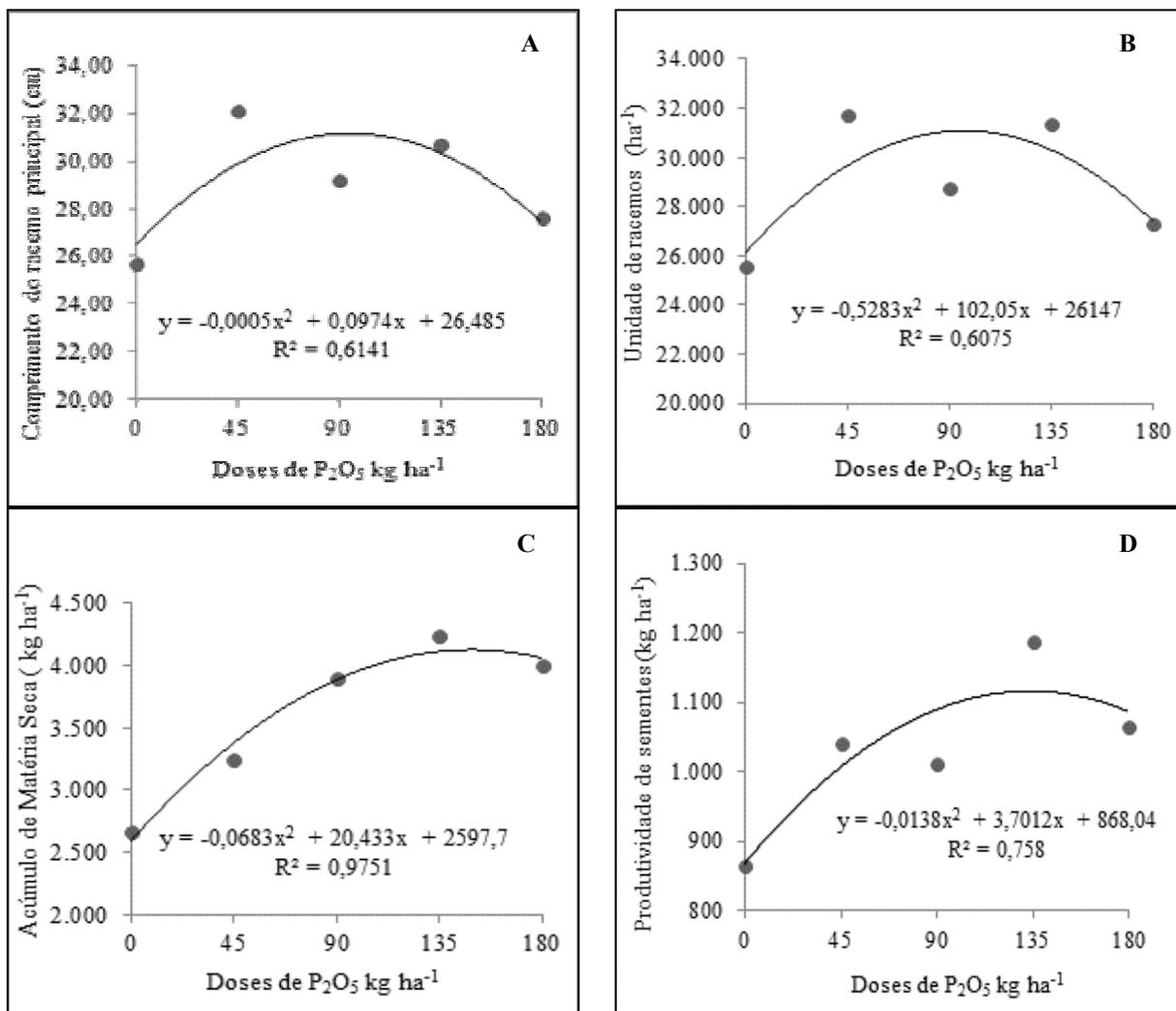
Em relação às variedades, observa-se efeito significativo para o comprimento dos racemos primários e subsequentes (Tabela 4), tendo-se obtido os maiores tamanhos na variedade BRS 149 Nordestina, com racemos primários de 35,84 cm e, 16,90 cm para os subsequentes, comparados com os 22,26 cm e 13,75 cm, produzidos, respectivamente, pela variedade BRS 188 Paraguaçu (Tabela 3). Essa diferença também foi relatada por Carvalho (2005) verificando que os tamanhos médios dos racemos (primários + subsequentes) são de 33 e 25 cm, para as variedades BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, respectivamente.

O número de racemos também apresentou

diferença significativa para as variedades (Tabela 4), sendo a BRS 188 Paraguaçu a que produziu maior quantidade de racemos por unidade de área, havendo portanto, incremento de 69%, conforme observa-se na Tabela 3. Essa relação também foi observada por Carvalho (2005), onde a BRS 188 Paraguaçu produziu em média 26.666 racemos por hectare, comparados com os 20.000 racemos produzidos pela BRS 149 Nordestina.

Para o acúmulo de matéria seca da parte aérea, pode-se verificar respostas ao fósforo semelhantes as encontradas para as demais características avaliadas, tendo-se acúmulo máximo de 4.125 kg ha<sup>-1</sup>, na dose de 149,58 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 2C). Outros autores também observaram o aumento do acúmulo de matéria seca pela utilização de doses crescentes de fósforo, dentre eles, Souza et al (2009) que obteve acúmulo máximo de 24 g planta<sup>-1</sup> na dose máxima de 340 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e Almeida Júnior et al. (2009) que obteve acúmulo máximo de 8,78 g planta<sup>-1</sup>, na dose máxima de 137,7 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O efeito da adubação fosfatada no acúmulo de biomassa atribui-se ao aumento na absorção, translocação e metabolismo de nutrientes, dentre eles o próprio fósforo (JESCHKE et al., 1997) e principalmente o nitrato (JESCHKE et al., 1996), uma vez que, esse elemento tem sido descrito como um dos fatores determinante do crescimento, contribuindo para o aumento da aérea foliar fotossinteticamente ativa,



**Figura 2.** Comprimento dos racemos primários (A), número de racemos produzidos (B), acúmulo de matéria seca (C) e produtividade de sementes (D) da mamoneira em função de doses de fósforo.

resultando em maior absorção de  $CO_2$ , e consequentemente, aumentando a biomassa acumulada pelas plantas (MARSCHNER, 2002).

Tendo em vista que a fertilização fosfatada influenciou a maioria das características avaliadas, por sua vez, como era de se esperar, a produtividade também foi influenciada, obtendo-se rendimento máximo de  $1.116,20\ kg\ ha^{-1}$  na dose de  $134,10\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (Figura 2D). Enquanto isso, nas plantas não adubadas a produtividade foi consideravelmente reduzida, apresentando valor médio de  $868,04\ kg\ ha^{-1}$ , aproximadamente 22% menor do que aquelas com o fornecimento adequado de fósforo. Por outro lado, não verificou diferença significativa entre as variedades avaliadas, conforme observa-se na Tabela 4.

Em estudos conduzidos por Oliveira et al. (2010), também observou-se aumento da produtividade da mamoneira pela aplicação de doses crescente de  $P_2O_5$ , utilizando para isso, plantas das variedades variedades AL Guarani e Lyra. Ainda nesse estudo, verificou-se diferença entre as variedades, sendo que a AL Guarani produziu  $2.822\ kg\ ha^{-1}$  no nível de  $120\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , enquanto que a variedade Lyra

produziu  $2.278\ kg\ ha^{-1}$  no nível de  $90,38\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

Ao avaliar o efeito da adubação com macro e micronutrientes na produtividade da mamoneira, Severino et al. (2006) verificou que o elemento preponderante para o aumento do rendimento dessa oleaginosa é o nitrogênio, tendo-se porém, percebido que há tendência para aumento na produtividade com a aplicação de P, K, Ca e micronutrientes.

O aumento da produtividade em função do acréscimo de fósforo no solo ocorreu, devido a esse elemento proporcionar maior absorção de nutrientes pelas plantas com suprimento adequado de P, principalmente o nitrogênio (JESCHKE et al., 1996), maior fixação do  $CO_2$  (MARSCHNER, 2002), e também pelo fato do fósforo estar ligado ao processo de transferência e armazenamento de energia, conforme citados para o milho (ALVES et al., 1996; HARGER et al., 2007) e o arroz (XU et al., 2007). Esses resultados confirmam os encontrados por outros trabalhos, nos quais concluem que o P é o elemento com maior resposta na produção da mamoneira.

## CONCLUSÕES

As doses de P influenciam positivamente a área foliar aos 30 e 120 DAT, a altura de plantas aos 30 DAT, o comprimento dos racemos primários, o número de racemos, o acúmulo de matéria seca e a produtividade de sementes. Somente o comprimento dos racemos secundários não é influenciado pelas doses de fósforo;

Verifica-se efeito varietal, tendo a BRS 149 Nordestina as maiores médias de altura de plantas aos 30 DAT e comprimento dos racemos primários e subsequentes. A variedade BRS 188 Paraguaçu apresenta-se superior apenas na quantidade de racemos produzidos. Não há diferença entre as variedades para a área foliar, acúmulo de matéria seca e produtividade de sementes.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela estrutura didático-científica.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela concessão da bolsa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, A. B. et al. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 217-221, 2009.

ALVES, V. M. C. et al. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 43, n. 248, p. 435-443, 1996.

AZEVEDO, D. M. P. et al. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. v. 1., cap. 6, p. 121-160.

LIMA, C. B. et al. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 50-56, 2008.

BELTRÃO, N. E. M. et al. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. L. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. v. 1, cap. 2, p. 37-61.

CARVALHO, B. C. L. Clima, solo, botânica e variedades. In: CARVALHO, B. C. L. (Ed.). **Manual do**

**cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. v. 1, cap. 2, p. 9-12.

COSTA, J. P. V. et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.

COSTA, J. P. V. et al. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 229-235, 2009.

HARGER, N. et al. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39-44, 2007.

JESCHKE, W. D. et al. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 48, n. 306, p. 75-91, 1997.

JESCHKE, W. D. et al. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H<sub>2</sub>O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 304, p. 1737-1754, 1996.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889 p.

NAKAGAWA, J. et al. Efeitos de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes, em dois cultivares de mamoneira (*Ricinus Communis* L.). **Científica**, Jaboticabal, v. 14, n. 1/2, p. 55-64, 1986.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta sob condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, J. P. M. et al. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1835-1839, 2010.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. 2.ed. Piracicaba: Ceres/Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

SAVY FILHO, A. **Mamona: tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006.

SEVERINO, L. S. et al. **Métodos para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20 p.(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

SOUZA, E. A. et al. Efeitos da fertilização nitrogenada, fosfatada e potássica na produção da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Científica**, Jaboticabal, v. 2, n. 2, p. 62-168, 1974.

SOUZA, K. S. et al. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.

VEIGA, R. F. A. et al. **Descritores mínimos para caracterização e avaliação de mamoneira (*Ricinus communis* L.) aplicados no Instituto Agrônomo**. Campinas: IAC, 1989. 16 p.

XU, H. X. et al. Effect of phosphorus deficiency on the photosynthetic characteristics of rice plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 54, n. 6, p. 741-748, 2007.