

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.2, p.273-279, abr.-jun., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 1164 – 20/10/2010 *Aprovado em 02/02/2011

DOI:10.5039/agraria.v6i2a1164

Djair F. da Silva^{1,5}

Roseane C. P. Trindade²

Mauro W. de Oliveira²

José H. de A. Ferro³

Altanys S. Calheiros^{4,6}

Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mamoneira, influenciados pelas doses de fósforo

RESUMO

Com objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo na produção de biomassa e na concentração e no acúmulo de nutrientes, conduziu-se um experimento no Centro de Ciências Agrárias pertencente à Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo, AL. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, constituído por cinco doses de P (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹) fornecidos na forma de superfosfato triplo, e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu. Aos 50 dias após o transplântio (DAT) coletaram-se as folhas +4 para a determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu e Zn nestes tecidos, e no final do ciclo, ou seja, 150 DAT, a parte aérea das plantas foi coletada para a obtenção dos acúmulos de matéria seca e de N, P e K. Diante dos resultados, verificou-se que a fertilização fosfatada influenciou somente os acúmulos de matéria seca e de nitrogênio, fósforo e potássio, e o efeito varietal foi obtido apenas para os teores foliares de N e Ca, tendo a variedade BRS 149 Nordestina os maiores teores de N e os menores de Ca.

Palavras-chave: teor de nutrientes, *Ricinus communis* L., fertilização fosfatada

Dry matter and nutrient concentration and accumulation in castor oil plant tree, influenced by phosphorus doses

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of different phosphorus doses on biomass production and nutrient concentration and accumulation, an experiment was conducted at the Agricultural Science Center of the Federal University of Alagoas, located in Rio Largo, Alagoas, Brazil. The completely randomized block design was used with four replications in a factorial scheme 5 x 2, consisting of five P doses (0, 20, 40, 60 and 80 kg ha⁻¹) provided in the form of triple superphosphate, and two castor oil plant varieties, BRS 149 Nordestina and BRS 188 Paraguaçu. 50 days after the transplanting (DAT), the +4 leaves were collected to determine the N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu and Zn concentrations in these tissues, and, at the end of the cycle, i.e. 150 DAT, the plants shoots were collected to obtain the dry matter, N, P and K accumulations. Given the results, it was observed that the phosphate fertilization influenced only the dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium accumulations, and the varietal effect was obtained only for the N and Ca leaf contents. The BRS 149 Nordestina variety had the highest N contents and the lowest Ca contents.

Key words: nutrient content, *Ricinus communis*, phosphate fertilization

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. Fone/Fax: (31) 3899-2642. E-mail: djair_felix@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Campus Delza Gitai, BR 104 Norte Km 85, CEP: 57021-090, Rio Largo-AL, Brasil. Fone: (82) 3261-1956 Ramal 237. E-mail: Fax: (82) 3261-1351. E-mail: rcpt@ceca.ufal.br; mwol@oi.com.br

³ Instituto Federal de Alagoas, Campus Avançado Santana do Ipanema, BR 316 – km 87, s/n, Bairro Bebedouro, CEP 57500-000, Santana do Ipanema-AL, Brasil. Fone: (82) 8101-3457. E-mail: harlison.ferro@ifal.edu.br

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. Fone/Fax: (81) 33206220. E-mail: altanys.asc@gmail.com

⁵ Bolsista de Doutorado do CAPES

⁶ Bolsista de Doutorado do CNPq

INTRODUÇÃO

A mamoneira ocupa lugar de destaque entre as oleaginosas, principalmente pela alta capacidade de adaptação a diferentes tipos de clima e solo (Amorim Neto et al., 2001; Martins et al., 2010) e pelo potencial para produção de biodiesel a partir do óleo contido em suas sementes (Teixeira, 2005; Almeida Júnior et al., 2009). Além disso, esse óleo é matéria-prima para produção de mais de 650 produtos, com a vantagem de ser biodegradável (Gonçalves et al., 2005).

Apesar de possuir boa capacidade de adaptação e se encontrar vegetando nos mais variados tipos de solo, a mamoneira requer um manejo adequado de adubação e nutrição, pois essa oleaginosa é considerada uma cultura exigente em fertilidade e sensível à acidez do solo (Malavolta et al., 1997; Chaves et al., 2009; Martins et al., 2010; Oliveira et al., 2010).

Dentre os nutrientes requeridos pela mamoneira, o fósforo merece destaque pelo fato de participar de vários processos fisiológicos e metabólicos, tais como: transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, regulação de atividades enzimáticas, respiração, fotossíntese (Alves et al., 1996; Harger et al., 2007; Xu et al., 2007), e também por ser participante no processo de absorção de nutrientes, como o próprio fósforo e o nitrato (Jeschke et al., 1997; Groot et al., 2003).

As respostas das culturas à absorção e assimilação de fosfatos são observadas através do crescimento vegetativo e reprodutivo (Lavres Júnior et al., 2009; Martins et al., 2010; Oliveira et al., 2010) que, por sua vez, influenciará diretamente na produção de biomassa. Dentre essas respostas, pode-se citar o efeito do fósforo na formação e no crescimento radicular (Lopes, 1989; Crusciol et al. 2005), em que contribuirá para a maior absorção de água e nutrientes, devido ao maior volume de solo explorado pelo sistema radicular. Outro efeito da nutrição fosfatada nas plantas que contribuirá para o incremento do acúmulo de matéria seca é o aumento do influxo de CO₂ proporcionado pelo aumento da área foliar e do número de folhas (Rodríguez, et al. 1998), e pelo fato desse elemento contribuir na regeneração da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase (Fredeen, et al., 1990; Xu et al., 2007).

Além do crescimento radicular e do aumento da área foliar, o suprimento adequado de fósforo proporciona a maturação dos frutos, formação de grãos, frutos e fibras e também no vigor das plantas (Harger et al., 2007). No entanto, esses parâmetros não são capazes de informar o verdadeiro estado nutricional da cultura. Contudo, uma das formas de avaliar os efeitos da adubação e a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas, é determinando seu estado nutricional, obtido através da determinação dos teores foliares de nutrientes.

Os teores foliares variam de acordo com as práticas agrícolas adotadas e com o estado fenológico da cultura, havendo relatos de diferenças entre espécies e até mesmo entre variedades (Alves, et al., 1996; Brasil et al., 2007; Oliveira et al., 2010).

A fertilização fosfatada também é uma prática agrícola que interfere no teor foliar de nutrientes. Nakagawa & Rosolem (2005), avaliando a influência de diferentes doses de fósforo

nos teores foliares de nutrientes em aveia-preta, verificaram que tanto as concentrações de macro quanto as de micronutrientes são favorecidas pelo fornecimento de P, sendo os teores de nitrogênio e fósforo os principais beneficiados. Em mamoneira, Jeschke et al. (1997) também verificaram o incremento dos teores foliares de N e P pelos tratamentos supridos com fósforo. Agora, para os demais elementos presentes nos tecidos foliares da mamoneira, há escassez de informações decorrentes à fertilização, principalmente a fosfatada.

Dessa forma, pela carência de informações, objetivou-se avaliar a influência da adubação fosfatada no estado nutricional e no acúmulo de matéria seca e nutriente na parte aérea 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 Alagoas, 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 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo coeso distrófico (Embrapa, 1999), e o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As tropical chuvoso, com verões secos. A temperatura média durante o período experimental variou de 20,4 a 29,0°C e a precipitação pluvial acumulada foi de 490 mm.

O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por cinco doses de P (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹) 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 em 3,0 m, com espaçamento de 1,0 m entre plantas, considerando como parcela útil apenas as duas fileiras centrais, descontando-se as plantas das extremidades, totalizando, portanto, 8 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⁻¹. Para a correção da acidez do solo, utilizou-se o calcário dolomítico com 100% de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), aplicado de forma mecanizada no período chuvoso, e 30 dias após a aplicação, realizou-se o preparo do solo, efetuado através de uma aração e duas gradagens.

O plantio foi realizado através de mudas, as quais foram obtidas transferindo-se duas sementes de cada variedade para sacos de polietileno de 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

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

Table 1. Analysis of the experimental area collected at depths of 0 to 20 and 20 to 40 cm

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

Extratores químicos utilizados: 1) Para P e K: Mehlich; 2) Para Ca, Mg e Al: KCl 1,0 M, 3) Para H⁺ + Al³⁺: acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0 - 7,2.

correspondentes a cada tratamento, e trinta dias após a semeadura, foi realizado o transplântio para a área definitiva. Cerca de duas semanas após, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas a planta mais vigorosa.

Passados 50 dias após o transplântio, período em que as plantas emitiam seus primeiros botões florais, coletou-se a 4ª folha a partir do ápice das plantas da área útil de cada tratamento, conforme recomendações de Malavolta et al. (1997). Esse material foi lavado com água destilada e, após a separação da nervura, secou-se o limbo foliar em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante, sendo em seguida moído em moinho tipo Willey, determinando-se posteriormente os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e Silva (1990). Para determinar o teor de N, utilizou-se o método semimicro de Kjeldahl, com mineralização das amostras com ácido sulfúrico, e para a determinação dos teores dos demais elementos utilizou-se a mineralização através da mistura nítrico-perclórica, sendo a quantificação dos teores de K realizada através de fotometria de emissão de chama, as do P por colorimetria e as de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica.

No dia seguinte à coleta das folhas, realizou-se a adubação nitrogenada e potássica, nas doses de 40 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente, aplicando-se como fonte de N e de K o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, respectivamente.

Durante o ciclo da cultura coletaram-se as folhas senescentes e os racemos produzidos de quatro plantas de cada parcela, e no final do ciclo, ou seja, 150 dias após o transplântio, estas plantas foram cortadas rente ao solo e toda a biomassa produzida foi passada em picadeira de forragem, homogeneizada, subamostrada e, posteriormente, seca em estufa de circulação forçada a 65°C até massa constante, obtendo-se o acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹). Em seguida, esse material vegetal foi utilizado para a quantificação dos teores de N, P e K, conforme os procedimentos citados acima para os teores de nutrientes nas folhas. Após a obtenção do acúmulo de matéria seca e dos teores de nutrientes na parte aérea da mamoneira, foram obtidos os acúmulos de nutrientes, sendo que, para tal, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$AN = (AMS \times CN) / 1000$$

em que AN = acúmulo de nutrientes (kg ha⁻¹); AMS = acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹) e CN = concentração de nutrientes (g ha⁻¹).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias dos tratamentos das variedades comparadas pelo teste Tukey a 5% de

probabilidade, e os tratamentos das doses de fósforo submetidos à análise de regressão polinomial, considerando como representativa a equação de regressão que melhor explicava cada variável-resposta. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para as concentrações de N, P, K, Ca e Mg nas folhas das duas variedades de mamona em função da adubação fosfatada encontram-se na tabela 2. Verificou-se que os teores foliares desses nutrientes não foram influenciados pelas doses de P. Esses resultados são diferentes dos obtidos por Oliveira et al. (2010), para os teores de N e Ca, nos quais esses autores constataram o efeito quadrático e linear negativo, respectivamente, ao avaliar as quantidades de nutrientes no tecido foliar em mamoneiras submetidas a diferentes doses de fósforo no município de Pelotas-RS.

Em relação ao efeito varietal, pode-se verificar diferença significativa para os teores de macronutrientes nas folhas apenas para as concentrações de nitrogênio e cálcio, conforme se observa na Tabela 2. As plantas da variedade BRS 149 Nordestina apresentaram os maiores teores de nitrogênio nas folhas +4, com concentração de 60,82 g kg⁻¹, e menor concentração de cálcio, 10,96 g kg⁻¹, enquanto que a BRS 188 Paraguaçu apresentou teor foliar de N e Ca, respectivamente, de 56,23 e 14,22 g kg⁻¹, conforme se observa na Tabela 3. Na literatura não foram encontrados trabalhos de avaliação do estado nutricional da mamoneira que permitissem comparações entre as variedades utilizadas nesse estudo. Em trabalho conduzido com outras variedades, Oliveira et al. (2010) também verificaram efeito significativo para os teores de nitrogênio e cálcio nos tecidos foliares das variedades de mamona AL Guarany e Lyra, obtendo teores de N e Ca respectivamente de 54,9 e 13,6 g kg⁻¹ para a AL Guarany 2002 e 52,7 e 11,3g kg⁻¹ para a Lyra. Além disso, é importante observar que estes valores estão próximos aos obtidos com as variedades BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu nesse estudo.

Para a concentração dos micronutrientes nas folhas da mamoneira, tanto a adubação fosfatada quanto as variedades não apresentaram efeito significativo, conforme se observa na Tabela 4. Oliveira et al. (2010), ao analisar o teor de micronutrientes nas folhas de mamoneira, verificaram que

Tabela 2. Quadrados médios da análise de variância para a concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas +4 da mamoneira, em função da adubação fosfatada

Table 2. Mean squares of the variance analysis for nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium concentration in the +4 leaves of the castor oil plant tree, as a function of the phosphorus fertilization

Fonte de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
Dose de P (P)	4	65,977 ^{ns}	0,013 ^{ns}	2,231 ^{ns}	13,839 ^{ns}	0,254 ^{ns}
Variedade (V)	1	210,493 [*]	0,000 ^{ns}	0,699 ^{ns}	106,616 ^{***}	0,001 ^{ns}
P x V	4	23,373 ^{ns}	0,023 ^{ns}	1,470 ^{ns}	4,000 ^{ns}	0,213 ^{ns}
Bloco	3	732,899 ^{***}	0,007 ^{ns}	4,409 ^{ns}	24,040 ^{ns}	0,187 ^{ns}
Resíduo	27	48,617	0,013	3,054	10,334	0,244
CV (%)		11,91	10,43	17,58	25,53	16,53

ns, * e *** = não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

Tabela 3. Médias dos teores de nitrogênio e cálcio nas folhas +4 de duas variedades de mamoneira

Table 3. Means of the nitrogen and calcium contents in +4 leaves of two castor oil tree varieties

Variedades	N	Ca
	----(g kg ⁻¹)----	
BRS 149 Nordestina	60,82 a	10,96 b
BRS 188 Paraguaçu	56,23 b	14,22 a
Médias	58,52	12,59
CV (%)	11,91	25,53

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 a concentração de cobre, zinco e manganês nas folhas +4 da mamoneira em função da adubação fosfatada

Table 4. Mean squares of the variance analysis for copper, zinc and manganese concentration in the +4 leaves of the castor oil plant tree, as a function of the phosphorus fertilization

Fonte de variação	GL	Cu	Zn	Mn
Dose de P (P)	4	0,651 ^{ns}	13,269 ^{ns}	15,645 ^{ns}
Variedade (V)	1	1,193 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,030 ^{ns}
P x V	4	3,295 ^{ns}	10,876 ^{ns}	13,467 ^{ns}
Bloco	3	2,766 ^{ns}	41,688 ^{ns}	42,506 ^{ns}
Resíduo	27	2,435	16,322	14,929 ^{ns}
CV (%)		52,15	22,10	13,35

apenas os teores de cobre foram influenciados pela fertilização fosfatada e variedades.

Para os acúmulos de matéria seca e nutrientes da parte aérea da mamoneira, verificou-se, pela análise de variância, efeito significativo apenas para as diferentes doses de fósforo, conforme se observa na Tabela 5. No entanto, constatou-se o modelo de ajuste quadrático para o acúmulo de biomassa, obtendo-se a produção máxima de 4.125 kg ha⁻¹ na dose de 66,49 kg ha⁻¹ de P (Figura 1). Essa tendência quadrática também foi obtida por Almeida Júnior et al. (2009) e Martins et al. (2010), tanto para o acúmulo de matéria seca, quanto para a altura das plantas, diâmetro caulinar e área foliar, em mamoneiras cultivadas sob diferentes doses de fósforo.

O ganho de biomassa verificado através da fertilização fosfatada atribuiu-se possivelmente ao aumento na absorção, translocação e metabolismo de nutrientes, principalmente do nitrato e do próprio fósforo (Alves et al., 1996; Jeschke et al., 1997; Groot et al., 2003), uma vez que esses dois elementos são determinantes no crescimento vegetativo, principalmente pelo fato de contribuírem para o aumento da área foliar fotossinteticamente ativa (Groot et al., 2003) e, no caso dos fosfatos, pela importância nas reações presentes no ciclo de Calvin, em particular a contribuição na quantidade e na

regeneração da Rubisco (Fredeen et al., 1990; Xu et al., 2007). Ambos os efeitos na fisiologia vegetal resultam em maior influxo de CO₂ e, conseqüentemente, contribuem para o aumento da biomassa.

No entanto, nas doses superiores a 66,49 kg ha⁻¹ de P, verificou-se redução em torno de 2% no acúmulo de matéria seca, ocasionados possivelmente a desbalanços nutricionais, principalmente de cobre e manganês (Abreu et al., 2007). Embora os teores de Cu e Mn nos tecidos foliares não apresentaram diferença estatística para os efeitos das doses de fósforo, verificou-se redução nos valores médios dos teores de cobre e manganês nas doses superiores a 40 kg ha⁻¹ de P.

Ainda na Tabela 5, observa-se que o acúmulo de N, P e K também foi influenciado pelas doses de fósforo. No entanto, somente o acúmulo de nitrogênio apresentou efeito linear (Figura 2A), enquanto que os acúmulos de P e K apresentaram efeito quadrático, conforme ilustrado nas Figuras 2B e 2C. Por outro lado, não houve efeito varietal.

O efeito linear das doses de P sobre o acúmulo de nitrogênio na parte aérea da mamoneira deveu-se, certamente, às alterações na cinética enzimática da absorção, translocação e metabolismo de nitrato (Alves et al., 1996), decorrentes da elevação do potencial eletroquímico da membrana plasmática (Malavolta et al., 1997).

Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância para a produção de matéria seca e para os acúmulos de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da mamoneira em função da adubação fosfatada**Table 5.** Mean squares of the variance analysis for dry matter production and for nitrogen, phosphorus and potassium accumulations in the castor oil plant tree shoots, as a function of the phosphorus fertilization

Fonte de variação	GL	MS	N	P	K
Dose de P (P)	4	3.300.877,60 ***	720,996 ***	19,101 ***	884,335 ***
Variedade (V)	1	74.064,09 ns	1,063 ns	0,278 ns	90,815 ns
P x V	4	1.153.972,71 ns	22,245 ns	1,472 ns	113,585 ns
Bloco	3	581.207,84 ns	66,270 ns	3,857 ns	157,960 ns
Resíduo	27	475.587,43	68,372	1,743	81,262
CV (%)		19,12	15,40	19,75	18,68

ns, ** e *** = não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

Na dose máxima de fósforo, 80 kg ha⁻¹ de P, as plantas acumularam 64 kg ha⁻¹ de N, entretanto, naquelas não adubadas, esse acúmulo foi de 42 kg ha⁻¹ (Figura 2 A); assim, no nível máximo de adubação fosfatada, o nitrogênio acumulado na parte aérea aumentou cerca de 50%. Jeschke et al. (1997), analisando o efeito da deficiência de P na assimilação e transporte de nitrato e fosfato em mamoneira, verificaram que a concentração de NO₃⁻ na seiva xilemática das plantas com o suprimento adequado de P aumentou 2,25 vezes, comparativamente às plantas crescidas em meio com baixo nível de fósforo. Esses efeitos também foram constatados em milho (Brasil et al., 2007) e em tomate (Groot et al., 2003).

Quanto ao acúmulo de fósforo na parte aérea da mamoneira, observou-se que a dose de 55 kg ha⁻¹ de P proporcionou o maior acúmulo desse elemento nas plantas, ou seja, 7,87 kg ha⁻¹ de fósforo na fitomassa acumulada, aproximadamente o dobro do acumulado pela testemunha. Os valores máximos de acúmulo de P coincidem com os relatados por Canecchio Filho & Freire, (1958) e Nakagawa & Neptune, (1971). Por outro lado, nas doses acima a 55 kg ha⁻¹ de P, houve redução do acúmulo de fósforo na parte aérea da mamoneira, ocasionado, possivelmente, por desbalanços nutricionais (Borket et al., 1994; Corrêa et al., 2002; Abreu et al., 2007).

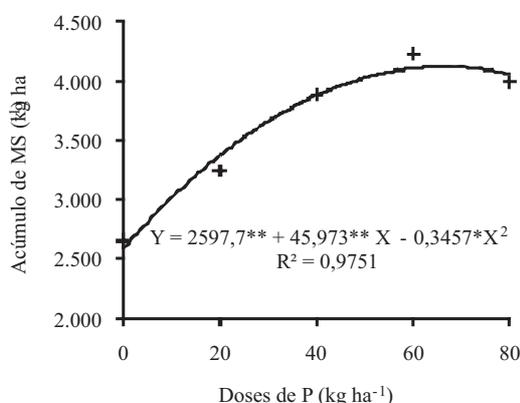
**Figura 1.** Acúmulo de matéria seca (MS) em função das doses de fósforo

Figure 1. Dry matter accumulation (MS) as a function of the different phosphorus doses

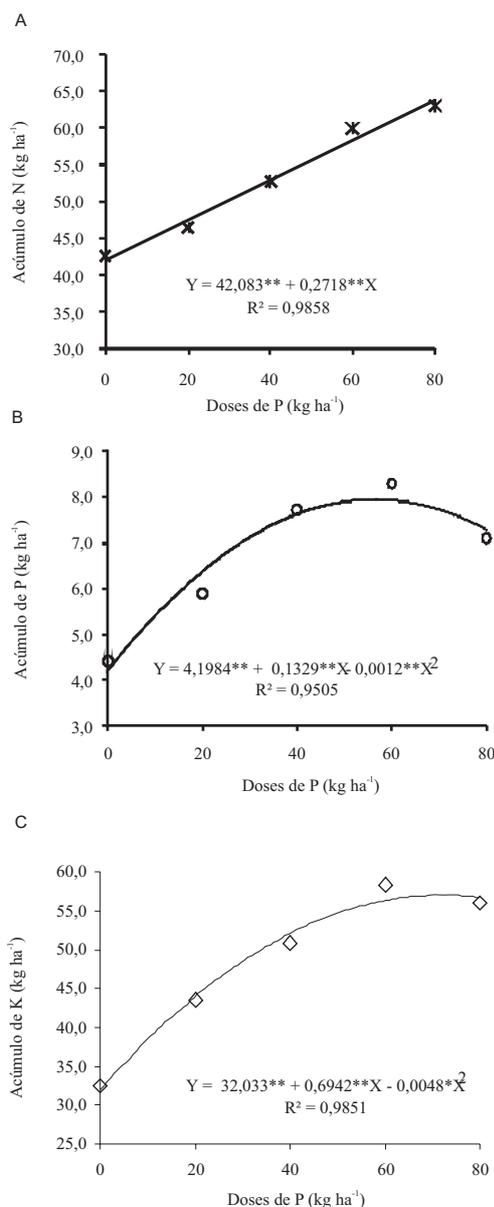
**Figura 2.** Acúmulo de nitrogênio (A), potássio (B) e fósforo (C) na parte aérea da mamoneira em função das doses de fósforo

Figure 2. Nitrogen (A), potassium (B) and phosphorus accumulation (C) on castor oil plant trees shoots as a function of phosphorus doses

Em relação ao acúmulo de potássio, verificou-se que a quantidade máxima acumulada foi de 72,31 kg ha⁻¹, aproximadamente no nível de 57,13 kg ha⁻¹ de P. Na literatura, não foram encontrados estudos do efeito da adubação fosfatada para os acúmulos de potássio em mamoneira, porém, ao comparar com outras espécies vegetais, como aceroleira (Corrêa et al., 2002), milho (Brasil et al., 2007) e alfafa (Carneiro et al., 2009), verificou-se o efeito linear positivo com o aumento das doses de fósforo.

CONCLUSÕES

A adubação fosfatada não influenciou os teores foliares dos macro e micronutrientes averiguados.

Para as variedades, o efeito significativo foi verificado apenas nos teores foliares dos macronutrientes, sendo que, dentre estes, somente os teores de nitrogênio e cálcio apresentaram resposta significativa, obtendo-se, portanto, teores de N e Ca respectivamente de 60,82 e 10,96 g kg⁻¹ para a BRS 149 Nordestina e 56,23 e 14,22 g kg⁻¹ para a BRS 188 Paraguaçu.

Os acúmulos de matéria seca e de nutrientes também foram influenciados pela fertilização fosfatada, observando-se os acúmulos e doses máximas, respectivamente, para matéria seca de 4,125 e 66,49 kg ha⁻¹; para nitrogênio de 64,0 e 80 kg ha⁻¹; para o fósforo de 7,87 e 55,0 kg ha⁻¹ e para o potássio de 72,31 e 57,13 kg ha⁻¹.

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.

LITERATURA CITADA

Abreu, C.A.; Lopes, A.S.; Santos, G. Micronutrientes. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L. F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. (Eds.). Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p.645-736.

Almeida Júnior, A.B. de; Oliveira, F. de A. de; Medeiros, J.F. de.; Oliveira, M.K.T. de.; Linhares, P.C.F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. Revista Caatinga, v.22, n.1, p.217-221, 2009.

Alves, V.M.C.; Novais, R.F.; Oliveira, M.F.G.; Barros, N.F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays* L.). Revista Ceres, v.43, n.248, p. 435-443, 1996.

Amorim Neto, M. de S; Araújo, A.E. de; Beltrão, N.E. de M. Clima e solo. In: Azevedo, D.M.P. de; Lima, E.F. (Eds.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.63-88.

Borkert, C.M; Yorinori, J.T.; Ferreira, B.S.C.; Almeida, A.M.R.; Ferreira, L.P.; Sfredo, G.J. Seja o doutor da sua soja. Informação Agrônômica, n. 66, p.1-17, 1994. 17p. (Potafos. Arquivo do Agrônomo, 5).

Brasil, E.C.; Alves, V.M.C.; Marriel, I.E.; Pitta, G.V.E.; Carvalho, J.G. de. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto à aquisição de fósforo. Ciência e Agrotécnica, v.31, n.3, p.704-712, 2007. [Crossref](#)

Canecchio Filho, V.; Freire, E.S. Adubação da mamoneira. I - Experiências preliminares. Bragantia, v.17, n.1, p.243-259, 1958. [Crossref](#)

Carneiro, R.F.V.; Evangelista, A.R.; Araújo, A.S. Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorriza e doses de fósforo. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, n.3, p.267-273, 2009. [Crossref](#)

Chaves, L.H.G.; Cabral, P.C.P.; Barros Júnior, G.; Lacerda, R.D. de. Efeito de zinco e cobre no estado nutricional da mamoneira, BRS 188 Paraguaçu. Revista Caatinga, v.22, n.4, p.129-135, 2009.

Corrêa, F.L. de O.; Souza, C.A.S.; Mendonça, V.; Carvalho, J.D. de. Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. Revista Brasileira de Fruticultura, v.24, n.3, p.765-769, 2002. [Crossref](#)

Crusciol, C.A.C.; Mauad, M.; Alvarez, R. de C.F.; Lima, E. do V.; Tiritan, C.S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. Bragantia, v.64, p.643-649, 2005. [Crossref](#)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Produção de Informação, 1999. 412p.

Ferreira, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows: versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45., 2000, São Carlos, SP. Resumos... São Carlos: UFScar, 2000. p.235.

Fredeen, A.L.; Raab, T.K.; Rao, I.M.; Terry, N. Effects of phosphorus nutrition on photosynthesis in *Glycine max.* (L.) Merr. Planta, v.181, n. 3, p.399-405, 1990. [Crossref](#)

Gonçalves, N.P.; Faria, M.A.V. de R.; Saturino, H.M.; Pacheco, D. D. Cultura da mamoneira. Produção de oleaginosas para biodiesel. Informe Agropecuário, v.26, n.229, p.28-32, 2005.

Groot, C.C. de; Marcelis, L.F.M.; Boogaard, R. van den.; Kaiser, W.M.; Lambers, H. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. Plant and Soil, v.248, n.1-2, p.257-268, 2003. [Crossref](#)

Harger, N.; Brito, O.R.; Ralisch, R.; Ortiz, F.R.; Watanabe, T.S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. Semina.Ciências Agrárias, v.28, n.1, p.39-44, 2007.

Jeschke, W.D.; Kirkby, E.A.; Peuke, A.D.; Pate, J.S.; Hartung, W. 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. [Crossref](#)

Lavres Júnior, J.; Nogueira, T. A. R.; Cabral, C. P.; Malavolta, E. Deficiências de macronutrientes no crescimento e na

- produção da mamoneira cultivar Iris. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.4, p.405-413, 2009. [Crossref](#)
- Lopes, A.S. Manual de fertilidade do solo. Piracicaba: Fundação Cargill, 1989. 177p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- Martins, L.D.; Tomaz, M.A.; Amaral, J.F.T. do; Laviola, B.G.; Borcarte, M. Desenvolvimento inicial de mamona e pinhão-manso em solo submetido a diferentes corretivos e doses de fósforo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.1, p.143-150, 2010.
- Nakagawa, J.; Neptune, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v.28, p.323-337, 1971.
- Nakagawa, J.; Rosolem, C.A. Teores de nutrientes da folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. *Bragantia*, v.64, n.3, p.441-445, 2005. [Crossref](#)
- Oliveira, J.P.M. de.; Scivittaro, W.B.; Castilhos, R.M.V.; Oliveira Filho, L. C. I. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.40, n.8, p.1835-1839, 2010. [Crossref](#)
- Rodríguez, D.; Keltjens, W.G.; Goudriaan, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil*, v.200, n.4, p.227-240, 1998. [Crossref](#)
- Silva, D.J. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.
- Teixeira, L.C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. *Produção de Oleaginosas para Biodiesel. Informe Agropecuário*, v.26, n.229, p.18-27, 2005.
- Xu, H.X.; Weng, X.Y.; Yang, Y. Effect of phosphorus deficiency on the photosynthetic characteristics of rice plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, v.54, n.6, p.741-748, 2007. [Crossref](#)