

Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio¹

Response of castor bean cultivar BRS 188 Paraguaçu to application of nitrogen, phosphorus and potassium

Susane Ribeiro², Lúcia Helena Garófalo Chaves^{3*}, Hugo Orlando Carvalho Guerra⁴, Hans Raj Gheyi⁵ e Rogério Dantas de Lacerda⁶

Resumo - Propôs-se no presente trabalho avaliar os efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e produção de sementes da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Três experimentos foram realizados em estufa, em Campina Grande, PB, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, tendo como adubação de referência 40:90:60 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O e mantendo uma planta da cultivar BRS 188 - Paraguaçu por unidade experimental. Os tratamentos do primeiro, segundo e terceiro experimento consistiram, respectivamente, da aplicação de cinco doses de N (40 a 200 kg ha⁻¹), de cinco doses de P₂O₅ (30 a 150 kg ha⁻¹) e de cinco doses de K₂O (30 a 150 kg ha⁻¹). Dados sobre a altura da planta, diâmetro caulinar, número e comprimento das folhas foram medidos aos 20; 40; 60; 80; 100; 120 e 140 dias após o plantio (DAP). A adubação desbalanceada afetou o desenvolvimento e a produção de sementes da mamoneira, tendo, as melhores respostas das plantas, sido observadas com as doses de 200 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

Palavras-chave - *Ricinus communis* L. Nutrição de plantas. Adubação N, P, K.

Abstract - The present study was carried out aiming to evaluate the effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the growth and production of seeds of castor bean (*Ricinus communis* L.). Three experiments were conducted in a greenhouse, in Campina Grande, Paraíba State, Brazil. The experimental design was a completely randomized with three replications and five treatments, with reference dose of 40:90:60 kg ha⁻¹ of N:P₂O₅:K₂O, respectively. A single castor bean plant, cultivar BRS 188 - Paraguaçu, was cultivated in each experimental unit. The treatments of the first, second and third experiment consisted of application of five N levels (40 to 200 kg ha⁻¹), five P₂O₅ levels (30 to 150 kg ha⁻¹) and five K₂O levels (30 to 150 kg ha⁻¹). Plant height, stem diameter, number and length of leaves were measured at 20, 40, 60, 80, 100, 120 and 140 days after planting (DAP). The unbalanced fertilization affected the development and seed production of castor bean, and the best response of the plants was observed at levels of 200 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ and 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

Key words - *Ricinus communis* L. Plant nutrition. N, P, K fertilization.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 26/04/2009; aprovado em 25/08/2009

Parte da Dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor no CTRN/UFCG. Projeto financiado pelo CNPq

²Dep. de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, susaneribeiro@yahoo.com.br

³Dep. de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Avenida Aprígio Veloso n. 882, Campina Grande-PB, Brasil, 58109-850, lhgarofalo@hotmail.com

⁴Dep. de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, hugo_carvalho@hotmail.com

⁵Dep. de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, hans@deag.ufcg.edu.br

⁶Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, rogerio_dl@yahoo.com.br

Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis L.*), pertencente à família *Euphorbiaceae*, é uma oleaginosa de elevado valor socioeconômico, cujos produtos e subprodutos são utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, além da possibilidade, do óleo extraído de suas sementes, ser usado como bicomustível.

Atualmente, as produtividades médias obtidas em cultivos extensivos da cultura, ainda estão aquém do seu real potencial produtivo devido, provavelmente, ao baixo nível tecnológico empregado por grande parte dos agricultores, com pouco ou nenhum uso de fertilizantes (AZEVEDO; LIMA, 2001; SOUZA et al., 2007).

Na tentativa de aumentar a produtividade e sabendo-se que a adubação é uma das principais tecnologias usadas para isto, as quantidades de nitrogênio adicionadas aos solos para a adubação da mamoneira na região Nordeste, têm sido maiores que os 40 kg ha⁻¹, recomendados por Beltrão et al. (2006). No entanto, este aumento de nitrogênio, nem sempre é acompanhado por um aumento do fósforo e potássio, condição necessária para se obter uma adubação balanceada para a cultura. De acordo com a Lei do Mínimo, o equilíbrio de nutrientes é vital em fertilidade do solo, quando se pensa na produção das culturas. Assim, o aumento indiscriminado da aplicação de um só nutriente no solo, pode causar um desequilíbrio nutricional para as plantas, impedindo o desenvolvimento e aumento de sua produção.

O nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são elementos essenciais para o crescimento e produção da mamoneira. Santos et al. (2004), mostraram que a mamoneira tem forte demanda por N para seu crescimento e produção foliar, e quando cultivada sob deficiência, forte redução no crescimento e baixa estatura são observados. Níveis insatisfatórios de P, da mesma forma que de potássio (K), retardam o crescimento inicial da planta e provocam redução considerável na produtividade (SEVERINO et al., 2006). Pacheco et al. (2008a), verificaram que a produtividade da mamoneira foi mais influenciada pela adubação fosfatada, havendo pouco efeito do N, o qual discorda dos resultados encontrados por Severino et al. (2006), que constataram maior resposta à adubação nitrogenada, seguida pela fosfatada e potássica.

Atualmente, vários são os trabalhos encontrados na literatura relacionados com o crescimento e produtividade da mamoneira (COSTA et al., 2009; GUIMARÃES, et al., 2008; PACHECO et al., 2008a; SEVERINO et al., 2008). No entanto, devido a carência de informações sobre recomendações adequadas de adubação, faz-se necessária a busca pelas mesmas, mesmo porque a mamoneira é exigente em nutrientes (SEVERINO et al., 2006).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e a produção de sementes da cultivar BRS 188 Paraguaçu, em relação às doses crescentes de N, P e K.

Material e métodos

Três experimentos foram realizados em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no período de junho a novembro de 2007, utilizando-se vasos plásticos com 100 L de capacidade, perfurados na base para permitir drenagem, os quais foram preenchidos com 78 kg de material de solo franco-arenoso (NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico típico), coletado na camada superficial do solo, tendo como características: pH (H₂O) = 6,4 ; Ca = 2,41 cmol_c kg⁻¹; Mg = 2,37 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,04 cmol_c kg⁻¹; K = 0,02 cmol_c kg⁻¹; H = 0,95 cmol_c kg⁻¹; Al = 0,20 cmol_c kg⁻¹; matéria orgânica = 6,5 g kg⁻¹; P = 21,7 mg kg⁻¹; areia = 770,5 g kg⁻¹; silte = 84,6 g kg⁻¹; argila = 144,9 g kg⁻¹. A quantidade de material de solo utilizado teve como base trabalhos anteriormente conduzidos em ambientes protegidos (BARROS JUNIOR, 2007; SILVA et al., 2008).

Os experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado com três repetições sendo cada um com cinco níveis, perfazendo o total de quarenta e cinco unidades experimentais, que consistiram da aplicação de N (40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹), de P₂O₅ (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹) e de K₂O (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹), utilizando-se como fontes dos elementos os adubos sulfato de amônio e uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Os adubos nitrogenados foram utilizados de forma intercalada para limitar e/ou minimizar grandes variações no pH do solo, tendo em vista que uso de apenas uma destas fontes poderia acidificar (sulfato de amônio) ou alcalinizar (uréia) o solo. As doses crescentes tiveram como base a menor recomendação para mamoneira feita por Azevedo et al. (1997), que corresponde a 40:30:30 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O. Nas unidades experimentais que receberam as doses correspondentes ao N foram aplicados 90 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O; naquelas que receberam as doses de P, 40 e 60 kg ha⁻¹ de N e K₂O, e finalmente, nas demais, que receberam as doses de K, 40 e 90 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅. Todo o P₂O₅ e 30 % das doses recomendadas de K₂O para cada unidade experimental foram aplicados em fundação; o restante das doses de K e o N foram aplicados, quinzenalmente até os 120 DAP.

Cada vaso recebeu cinco sementes de mamona cultivar BRS 188 – Paraguaçu, tendo permanecido, após o desbaste, uma planta por vaso. Durante todo o período

experimental (140 dias), o solo foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, tendo sido a umidade monitorada diariamente, utilizando-se sonda de TDR.

Aos 20; 40; 60; 80; 100; 120 e 140 dias após o plantio (DAP) foram avaliados os parâmetros biológicos indicativos do desenvolvimento das plantas como: altura da planta, diâmetro do caule na base, número e comprimento de folhas. O cálculo da área foliar (AF) foi feito de acordo com o método de Wendt (1967), utilizando a fórmula $\log(Y) = \Sigma\{-0,346 + [2,152 \times \log(X)]\}$, sendo Y a área foliar em cm^2 e X o comprimento da nervura central da folha em cm. A produção da mamoneira foi avaliada considerando o peso das sementes produzidas.

Os dados foram analisados através da análise de variância (ANOVA), utilizando-se a análise de regressão para os dados que foram significativos, de acordo com Ferreira (2000).

Resultados e discussão

As plantas, submetidas aos tratamentos com N, P e K, independentemente das doses dos elementos que receberam, apresentaram maiores taxas de crescimento, em altura, até os 80 DAP como pode ser observado pela inclinação das curvas (Figura 1). Após este período, estas taxas diminuíram, e/ou estabilizaram, apesar das plantas terem recebido parcelas da adubação nitrogenada e potássicas. Observa-se na Figura 1 (curvas mais espessas) que nas três situações, as plantas que receberam a dose 40:90:60 kg ha^{-1} de $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$, tiveram o mesmo comportamento atingindo, praticamente, as mesmas alturas, nas diferentes épocas de avaliação.

Vale salientar que a época em que se inicia a diminuição da taxa de crescimento em altura é a mesma em que começam aparecer as primeiras inflorescências. A paralisação no crescimento vegetativo, em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados produzidos, para os órgãos produtivos; os frutos em formação atuam como drenos de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Embora tenham sido utilizadas doses de N acima daquelas normalmente recomendadas para a cultura, a altura das plantas variou em média, aos 140 DAP, de 71,37 cm ($40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) a 82,07 cm ($200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$). Estes valores estão aquém daquele encontrado por Barros Junior (2007) de 106 cm, em média, que manteve, ao longo do seu experimento, um suprimento de água para as plantas igual a 100% da água disponível e de fertilizantes equivalentes a $619 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $376 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e $168 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Provavelmente, menores alturas observadas neste trabalho, sejam o reflexo da falta de uma

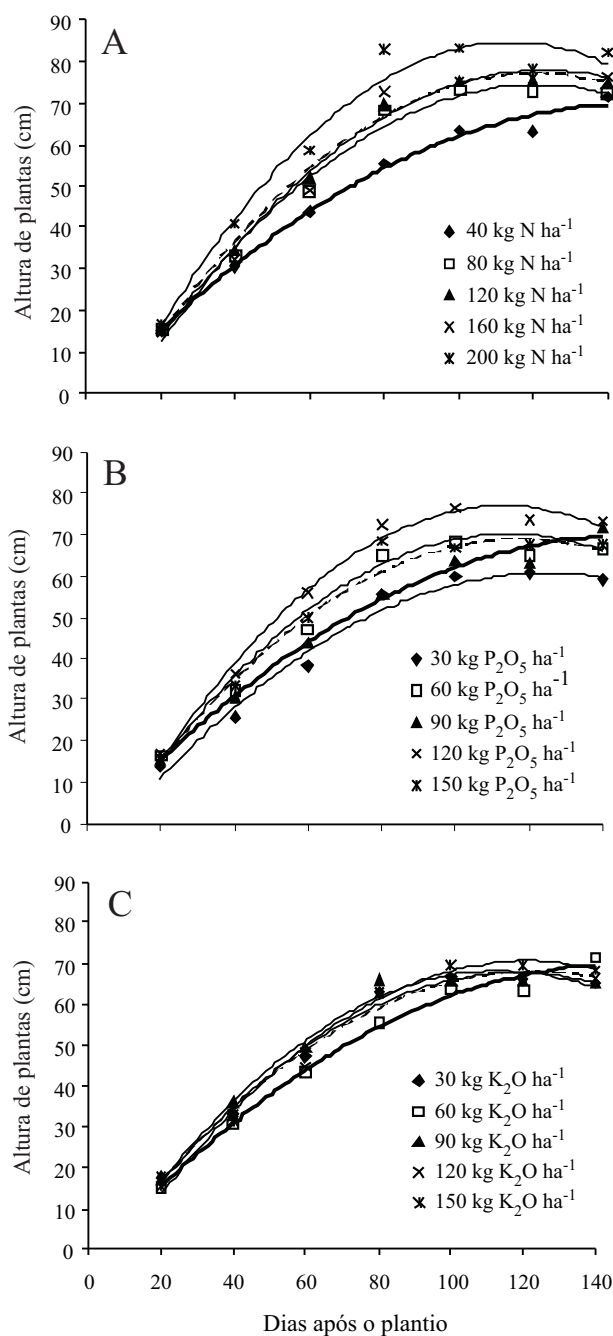


Figura 1 - Altura de plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P_2O_5 e K_2O , em função do tempo. Curvas mais espessas correspondem ao tratamento básico $40:90:60 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$

adubação balanceada, uma vez que o suprimento de N aumentou, mas as doses de P e K permaneceram em 90 e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O . Entretanto, as referidas médias foram as maiores observadas em todo o experimento visto que as demais, correspondentes aos tratamentos com P e

com K, variaram de 59,03 cm (30 kg ha⁻¹ P₂O₅) a 67,50 cm (150 kg ha⁻¹ P₂O₅) e de 65,43 cm (30 kg ha⁻¹ P₂O₅) a 68,33 cm (150 kg ha⁻¹ P₂O₅), respectivamente, sendo estas, menores que as encontradas por Almeida et al. (2007). Também Silva et al. (2007), avaliando doses crescentes de N em mamoneira, híbrido Sara, observaram aos 100 DAS, alturas maiores de plantas. Pode-se observar que os tratamentos com P afetaram o crescimento da mamona mais que aqueles com K. Em geral, a falta destes elementos e/ou a deficiência de N e K nos tratamentos com P e a deficiência de N e P nos tratamentos com K, reduzem o crescimento das mesmas, provavelmente, por reduzir a absorção de nutrientes, a atividade fotossintética e a translocação de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Considerando a altura das plantas aos 80 DAP, observou-se um aumento de 48,8 % em função do aumento das doses de N de 40 para 200 kg ha⁻¹; 30,6 % em função do aumento das doses de P de 30 para 120 kg ha⁻¹ e 19,1 % em função do aumento das doses de K de 60 para 90 kg ha⁻¹, uma vez que estas doses foram as responsáveis, nesta época, pela menor e maior altura das plantas, respectivamente.

Conforme a análise de variância, (Tabela 1), os tratamentos com N só tiveram efeito significativo sobre a altura das plantas aos 80 DAP; nas outras épocas este efeito não foi significativo corroborando outros trabalhos encontrados na literatura (FERREIRA et al., 2006; SEVERINO et al., 2004). Ao contrário, Albuquerque et al. (2006), encontraram efeito significativo de doses

crescentes de N (30; 60; 120; 240 e 480 kg ha⁻¹) sobre a altura de plantas, dos 28 aos 56 dias após a emergência das sementes da cultivar BRS 149 Nordestina. De acordo com esses autores, a altura máxima estimada, 45,1 cm, foi alcançada aos 56,7 dias com o uso de 291,2 kg ha⁻¹ N.

Os dados referentes às avaliações de altura de plantas feitas aos 80 DAP apresentaram, de acordo com a análise de regressão, tendência linear com coeficiente de determinação (R²), igual a 0,90, significativo a 5% de probabilidade (Figura 2).

O efeito do fósforo sobre o crescimento das plantas só foi significativo aos 60 DAP (Tabela 1) corroborando

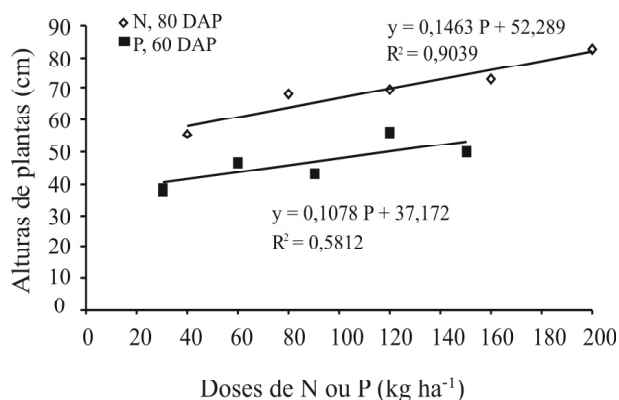


Figura 2 - Altura de plantas em função das doses crescentes de N e P₂O₅, aos 80 e 60 DAP, respectivamente

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para altura de planta, diâmetro caulinar e área foliar, aos 20, 40, 60, 80, 100 e 140 dias após o plantio (DAP) da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida aos tratamentos com nitrogênio, fósforo e potássio

Tratamento	Dias após o plantio						
	20	40	60	80	100	120	140
Altura							
N	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
P	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Diâmetro caulinar							
N	ns	ns	**	*	ns	ns	*
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Área foliar							
N	ns	*	*	ns	ns	*	*
P	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*, ** significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, ns- não significativo

Almeida Junior et al. (2009) que também encontraram efeito significativo da adubação fosfatada aos 65 DAP da mamoneira BRS-149 Nordestina. Severino et al. (2004), testando doses crescentes de N (0; 25; 50; 100 kg ha⁻¹), P (0; 30; 60; 120 kg ha⁻¹), e K (0; 20; 40; 80 kg ha⁻¹), nessa mesma cultivar, no município de Assu, RN, encontraram efeito significativo do P sobre a altura das plantas, ao contrário do que observaram em ensaios realizados no município de Quixeramobim, CE, utilizando as mesmas doses de P (SEVERINO et al., 2006). Através da análise de regressão, os dados referentes às avaliações de altura de plantas feitas aos 60 DAP, apresentaram tendência linear com coeficiente de determinação (R²), igual a 0,58, significativos a 5 % de probabilidade (Figura 2).

Em relação ao potássio, não foi observado efeito significativo das doses utilizadas sobre a altura de plantas (Tabela 1) corroborando com Severino et al. (2006) que avaliaram o efeito de doses crescentes de K (0; 20; 40 e 80 kg ha⁻¹) na altura de plantas da cultivar BRS 149 Nordestina, aos 170 DAP, no município de Quixeramobim, CE.

O diâmetro caulinar é uma característica importante em análises de crescimento não destrutivo e, assim como ocorreu para altura de plantas, ele teve sua taxa de crescimento reduzido a partir dos 80 DAP (Figura 3). Da mesma forma que a altura, o diâmetro caulinar das plantas que receberam a adubação referente a 40:90:60 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O (curvas mais espessas), tiveram o mesmo comportamento ao longo do tempo.

Em geral, os valores médios de diâmetro caulinar observados variaram de 0,5 a 2,6 cm, independentemente dos tratamentos. Plantas de mamona cultivares BRS Paraguaçu e BRS Energia, irrigadas com água com 0,7 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, também apresentaram diâmetro caulinar em torno de 2,6 cm entre 80 a 100 DAS (SILVA et al., 2008). Entretanto, estes valores médios foram inferiores aos encontrados por Almeida et al. (2007) em BRS Paraguaçu e superiores aos encontrados por Silva et al. (2007) para o híbrido Sara. Trabalhando com a cultivar BRS 149 Nordestina, Albuquerque et al. (2006), encontraram diâmetro caulinar máximo de 22,1 mm quando as plantas foram adubadas com 465,9 kg ha⁻¹ de N aos 51,7 dias da emergência.

O diâmetro caulinar aos 80 DAP aumentou de 50,3 % em função do aumento das doses de N de 40 para 200 kg ha⁻¹; 25,5 % em função do aumento das doses de P de 30 para 120 kg ha⁻¹ e 14,8 % em função do aumento das doses de K de 60 para 120 kg ha⁻¹, uma vez que estas doses foram as responsáveis, nesta época, pelo menor e maior diâmetro caulinar das plantas, respectivamente.

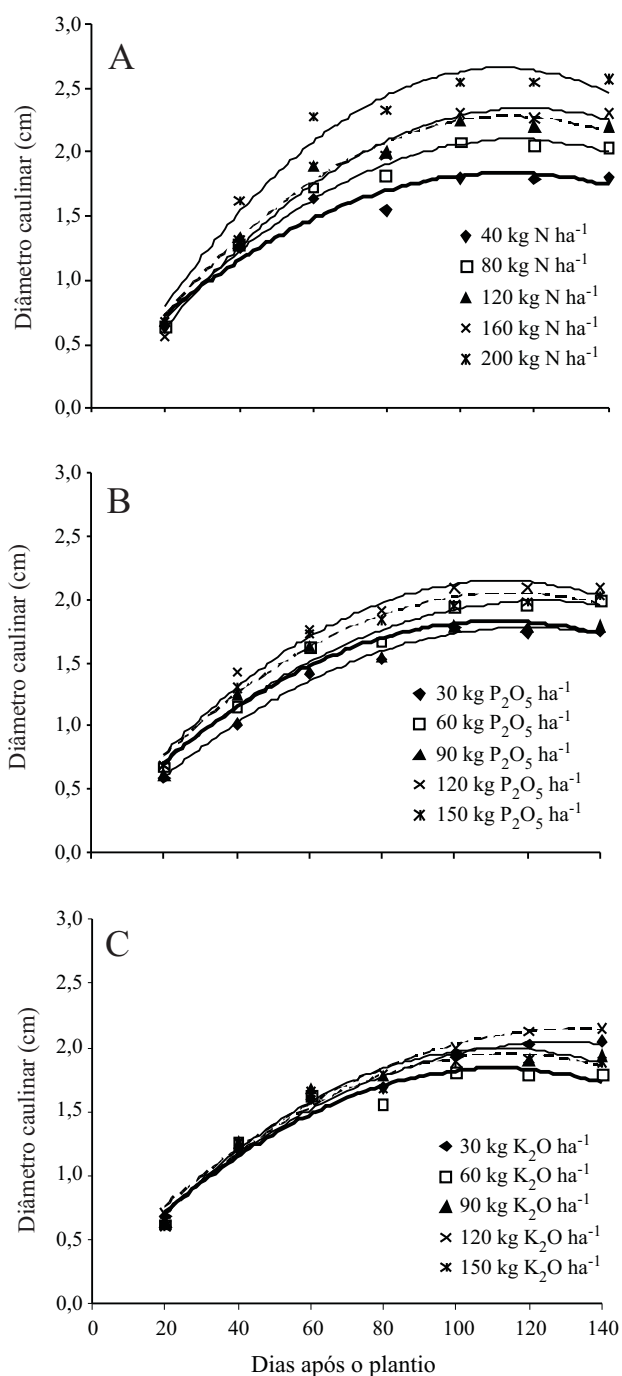


Figura 3 - Diâmetro caulinar das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P₂O₅ e K₂O, em função do tempo. Curvas mais espessas correspondem ao tratamento básico 40:90:60 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O

Trabalhando com a cultivar BRS 149 Nordestina, Albuquerque et al. (2006), encontraram diâmetro caulinar máximo de 22,1 mm quando as plantas foram adubadas com 465,9 kg ha⁻¹ de N aos 51,7 dias da emergência.

De acordo com a análise de variância dos dados (Tabela 1), o efeito do N foi significativo sobre o diâmetro caulinar aos 60, 80 e 140 DAP, discordando de Severino et al. (2006). Os dados referentes a estas épocas apresentaram, de acordo com a análise de regressão, tendência linear com coeficientes de determinação (R^2), iguais a 0,86; 0,91 e 0,98, respectivamente, significativos a 1% (60 DAP) e a 5% de probabilidade (80 e 140 DAP) (Figura 4).

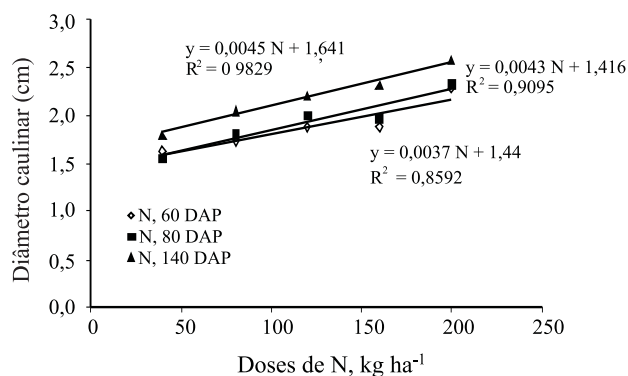


Figura 4 - Diâmetro caulinar em função das doses crescentes de N aos 60, 80 e 140 DAP

Os tratamentos com P, apesar de terem contribuído para o aumento do diâmetro caulinar das plantas, não tiveram efeito significativo ao longo do ciclo da cultura (Tabela 1), corroborando com Severino et al. (2006) e discordando de Almeida Junior et al. (2009) que encontraram resposta significativa do diâmetro caulinar às doses de P. Da mesma forma que o P, os tratamentos com K não mostraram efeito significativo sobre o diâmetro caulinar das plantas corroborando com Severino et al. (2006) e discordando de Severino et al. (2004).

A área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento das plantas, pois, retrata o tamanho do seu aparelho assimilatório, o qual está diretamente relacionado com os processos fisiológicos das plantas. A medição da área foliar da mamoneira é uma ação importante para a pesquisa com essa cultura, por tratar-se da característica que melhor expressa à adequação, ou não, das condições ambientais ao desenvolvimento da planta.

Mantendo as tendências já observadas para altura de planta e diâmetro caulinar, a maior taxa de crescimento da área foliar, independentemente dos tratamentos, em geral, ocorreu até os 60 DAP para em seguida, diminuírem e até mesmo estabilizarem (Figura 5). O declínio da área foliar em função do tempo de cultivo foi devido à senescência das folhas aliado ao fato dos assimilados pelas plantas, nesta época, estarem sendo translocados para satisfazerem as necessidades da frutificação ocasionando redução em sua área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Barros Junior (2007), avaliando o efeito do conteúdo de água do solo sobre o desenvolvimento da mamoneira, também observou uma perda progressiva de área foliar já a partir dos 60 DAS, entretanto, isto ocorreu para os tratamentos mantidos a 40% de água disponível no

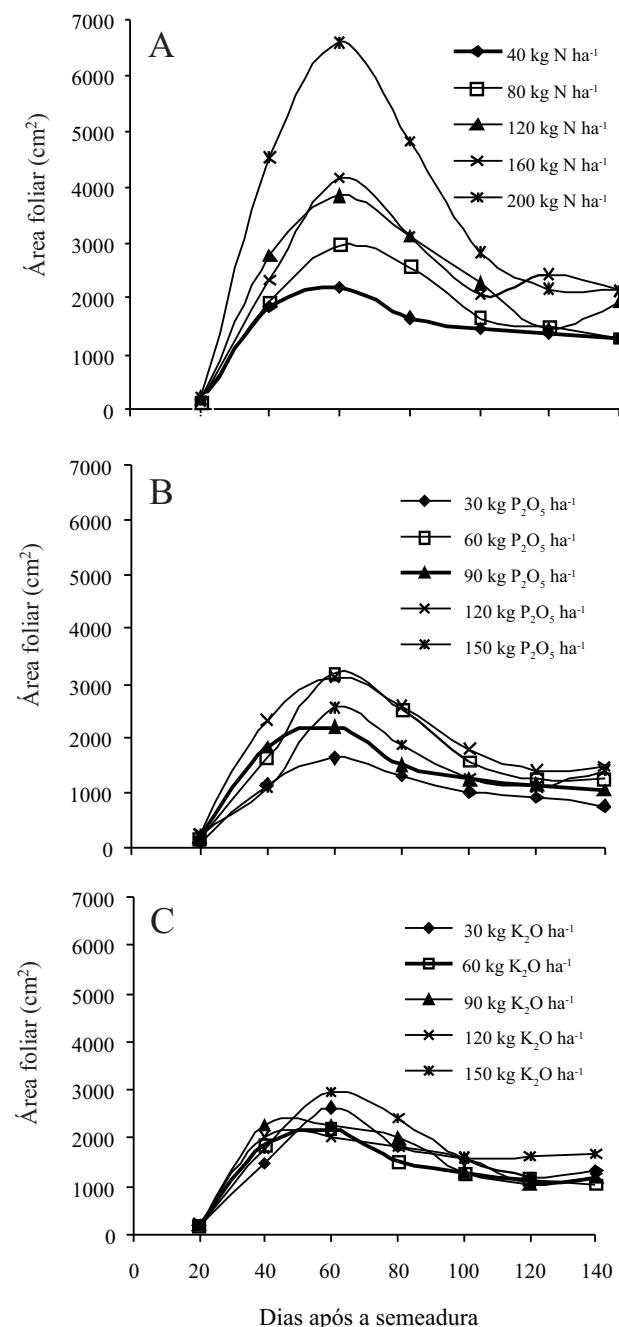


Figura 5 - Área foliar das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P_2O_5 e K_2O , em função do tempo. Curvas mais espessas correspondem ao tratamento básico 40:90:60 kg ha^{-1} de $N:P_2O_5:K_2O$

solo, evidenciando, neste caso, o efeito do estresse hídrico. Rodrigues et al. (2006), pesquisando a cultivar BRS 188 Paraguaçu, observaram a perda progressiva da área foliar a partir dos 90 DAS.

As curvas mais espessas na Figura 5 mostram que a variação da área foliar das plantas que receberam a dose 40:90:60 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O, respectivamente, foi semelhante, nas três situações, da mesma forma como ocorreu para altura de planta e diâmetro caulinar.

Plantas de mamoneira, cultivar BRS 149 Nordestina, adubada com 150:150:150 kg ha⁻¹ de NPK, aos 60 dias após a emergência, apresentaram área foliar de 3.691,1 cm² (SEVERINO et al., 2008). Comparando este valor com aqueles, do mesmo período, correspondentes à área foliar das plantas que receberam doses semelhantes de N, de P e de K (160; 150 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente), observou-se que apenas as plantas que receberam a dose de 160 kg ha⁻¹ de N tiveram área foliar superior ao valor comparado, ou seja, 4.175,10 cm². Com as demais doses de P e de K, acima citadas, as plantas apresentaram área foliar em torno de 2.556,13 e 2.951,07 cm², respectivamente, provavelmente devido à deficiência nutricional, principalmente em relação ao N. Segundo Santos et al. (2004), a mamoneira tem forte demanda deste nutriente para a produção foliar. De acordo com Rodrigues et al. (2006), plantas bem nutridas, aos 90 DAS, apresentaram área foliar em torno de 14.647 cm², valor este superior aos observados no presente trabalho.

O conhecimento do efeito dos tratamentos sobre a área foliar é de grande importância, uma vez que existe uma estreita relação entre a área foliar e a atividade fotossintética, e consequentemente, maior desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2009).

No decorrer do período experimental (40; 60; 120 e 140 DAP), os tratamentos com N apresentaram efeito significativo sobre a área foliar (Tabela 1), tendo esta variado de forma linear (Figura 6). O fósforo, ao contrário do N, afetou de forma significativa a área foliar somente aos 20 DAP (Tabela 1), cujos valores aumentaram de forma linear ($R^2 = 0,76$) (Figura 6). Almeida Junior et al. (2009), também encontraram efeito significativo do P sobre a área foliar de plantas cultivadas até 65 DAP, no entanto, verificaram uma resposta quadrática às doses crescentes de P, ressaltando a importância da nutrição no estágio inicial da cultura. Segundo Marschner (2002), a deficiência de P proporciona uma redução na área foliar através da limitação do número de folhas, da ramificação da parte aérea, da redução da taxa de assimilação de carbono e da senescência prematura das folhas, limitando assim a futura produção de sementes.

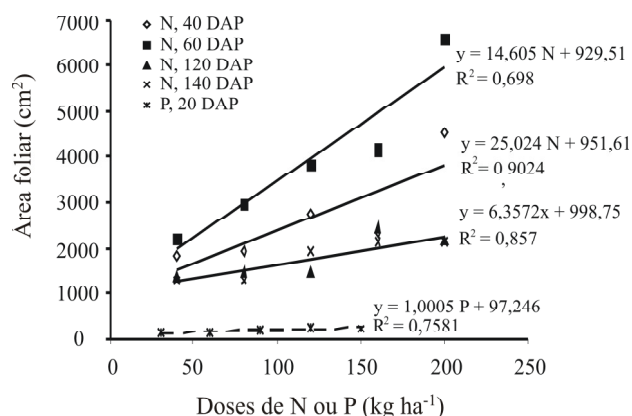


Figura 6 – Área foliar em função das doses crescentes de N aos 40, 60, 120 e 140 DAP e de P₂O₅ aos 20 DAP. A reta correspondente aos dados de N aos 120 DAP não aparece na figura por ficar sobreposta a correspondente aos 140 DAP

Apesar da área foliar ter aumentado em função dos tratamentos com K, principalmente no início do experimento, não houve diferença significativa entre os mesmos durante todo o período experimental (Tabela 1).

Os valores de área foliar das plantas que receberam os tratamentos com N, aos 60 DAP, variam de 2.197 cm² (40 kg ha⁻¹ N) a 6.592 cm² (200 kg ha⁻¹ N), ou seja, houve um aumento em torno de 200 % na área foliar em função do aumento das doses do N de 40 para 200 kg ha⁻¹. O maior valor da área foliar observado, nesta situação, foi semelhante ao encontrado por Barros Junior et al. (2004), em plantas mantidas com 100% de água disponível, neste mesmo período. As plantas que receberam os tratamentos com P, tiveram sua área foliar variando de 1.647 cm² (30 kg ha⁻¹ P₂O₅) a 2.556 cm² (150 kg ha⁻¹ P₂O₅), tendo, no entanto, o tratamento 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ proporcionado maior área foliar, ou seja, 3.113 cm², o que correspondeu, em relação a menor dose utilizada, um aumento de 89 %. Com as doses crescentes de K, a área-foliar variou de 2.617 cm² (30 kg ha⁻¹ K₂O) a 2.951 cm² (150 kg ha⁻¹ K₂O), o que correspondeu a um aumento de 13 %. Entretanto, aos 60 DAP, as plantas submetidas ao tratamento de 120 kg ha⁻¹ K₂O foram as que apresentaram menor valor de área foliar, 2.029,67 cm². Comparando este valor com o maior observado, pode-se dizer, neste caso, que houve um aumento na área foliar de 45 %, o que indica ser o K o elemento que menos influencia no aumento da área foliar.

A adubação afetou não apenas o desenvolvimento, mas também a produção de sementes (Figura 7), a qual foi estatisticamente significativa, ao nível de 10 % de probabilidade, somente em função das doses crescentes de N. A produção de sementes pelas plantas que receberam

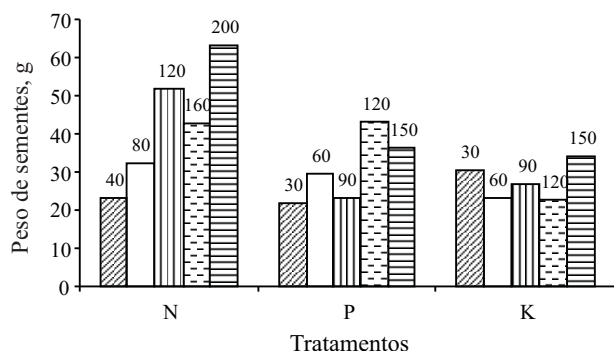


Figura 7 - Produção de sementes em função das doses crescentes de N, de P₂O₅ e de K₂O. Os valores acima das colunas correspondem às doses de cada elemento em kg ha⁻¹

200 kg ha⁻¹ N (63,23 g) foi 173,01 % maior que a produção das plantas que receberam 40 kg ha⁻¹ N (23,16 g).

Dentre as doses de P utilizadas, aquela correspondente a 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ foi a que proporcionou maior produção de sementes (43,07 g), entretanto, o aumento desta produção em relação à menor dose do elemento utilizado (21,90 g) foi de 96,67 %.

Considerando as doses de K, o aumento na produção de sementes, proporcionado pela maior delas (34,21 g) em relação a menor (30,29 g) foi de 12,94 %, tendo ocorrido menores produções em função das doses intermediárias. Esses resultados concordam com os verificados por Severino et al. (2006) que constataram maior resposta a adubação nitrogenada, seguida pela fosfatada e potássica e discordam de Pacheco et al. (2008a) que constataram maior efeito de P sobre a produção da mamoneira.

Conclusões

A adubação desbalanceada afetou o desenvolvimento e a produção de sementes da mamoneira.

Dentre os três nutrientes avaliados, a aplicação de doses crescentes de nitrogênio foi a que promoveu melhor benefício no desenvolvimento e produção de sementes da mamoneira.

As doses crescentes de nitrogênio apresentaram a seguinte ordem de benefícios: área foliar > produção de sementes > diâmetro caulinar > altura de plantas.

As melhores respostas da mamoneira foram correspondentes às doses de 200 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O, as quais deveriam ser utilizadas em futuros trabalhos para se avaliar o efeito das mesmas quando aplicadas de forma conjunta.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio concedido para a execução deste projeto de pesquisa.

Referências

- ALBUQUERQUE, R. C. *et al.* Influência de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracajú. Cenário atual e Perspectivas. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, A. P. *et al.* Desenvolvimento e produção da variedade de mamona BRS-188 sob diferentes níveis e fontes de macronutrientes. **Revista Pesquisa**, v. 01, n. 01, p. 27-35, 2007.
- ALMEIDA JUNIOR, A. B. *et al.* Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 01, p. 217-221, 2009.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350 p.
- AZEVEDO, D. M. P. *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (Ricinus communis L.) no nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA-CNPA, 25).
- BARROS JÚNIOR, G. **Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona**. 2007. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- BARROS JÚNIOR, G. *et al.* Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 350-355, 2008.
- BARROS JÚNIOR, G. *et al.* Efeito do estresse hídrico sobre a emissão de inflorescências em duas cultivares de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD.
- BELTRÃO, N. E. M. *et al.* **O Cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 62 p. (Embrapa Algodão, 1).
- COSTA, F. X. *et al.* Efeito do lixo orgânico e torta de mamona nas características de crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 06, n. 01, p. 259-268, 2009.
- FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada a agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.
- FERREIRA, G. B. *et al.* Resposta da mamoneira híbrida Savana a doses de nitrogênio e fósforo, em cambissolo do sudoeste da

- Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.
- GUIMARAES, M. M. B. *et al.* Fontes de fertilizantes nitrogenados e seus efeitos no crescimento da mamoneira. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 05, n. 03, p. 203-219, 2008.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889 p.
- OLIVEIRA, F. A. *et al.* Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 01, p. 206-211, 2009.
- PACHECO, D. D. *et al.* Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 08, n. 01, p. 153-160, 2008a.
- PACHECO, D. D. *et al.* Teores foliares de nutrientes em mamoneiras (*Ricinus communis*) adubadas com doses variadas de NPK em solo de Chapada da Bacia do Rio Jequitinhonha. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 08, n. 01, p. 224-231, 2008b.
- RODRIGUES, L. N. *et al.* Crescimento foliar da mamoneira irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.
- SANTOS, A. C. M. *et al.* Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Adubação química da mamoneira com NPK e micronutrientes em Assu-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 04, p. 563-568, 2006.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Crescimento e teor de macronutrientes em mudas de mamoneira cultivadas em cinco substratos orgânicos. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 08, n. 01, p. 120-125, 2008.
- SILVA, S. M. S. *et al.* Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 04, p. 335-342, 2008.
- SILVA, T. R. B. *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 09, p. 1357-1359, 2007.
- SOUZA, A. S. *et al.* Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II – crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 04, p. 422-429, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.), and Sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p. 485-487, 1967.