

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.4, p.440-448, out.-dez., 2009

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

Protocolo 166 - 21/07/2007 • Aprovado em 06/07/2009

Rogério D. de Lacerda²Hugo O. C. Guerra²Genival B. Júnior³

Influência do déficit hídrico e da matéria orgânica do solo no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 188 - Paraguaçu¹

RESUMO

A mamoneira se reveste de grande importância em razão das várias aplicações de seu óleo e constitui em uma das melhores matérias-primas para fabricação do biodiesel. O objetivo desta pesquisa foi estudar a sensibilidade da cultivar BRS 188 - Paraguaçu a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo, avaliando-se seus efeitos no crescimento e desenvolvimento. O experimento foi desenvolvido entre abril e agosto de 2006, em casa de vegetação localizada no UAEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande, PB num delineamento em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois níveis de matéria orgânica 5,0 g kg⁻¹ e 25,0 g kg⁻¹ e quatro de água disponível, 70, 80, 90 e 100%, com 3 repetições. Conduziu-se uma planta até 120 dias após a semeadura (DAS); o conteúdo de água do solo foi monitorado diariamente, através de uma sonda de TDR; depois de determinadas as variáveis de crescimento e desenvolvimento, realizaram-se as análises de variância e se aplicou o teste de Tukey para comparação de médias, além das regressões para os fatores quantitativos. Os resultados obtidos permitiram concluir que a cultivar BRS 188 - Paraguaçu foi influenciada pela matéria orgânica e água disponível no solo, aumentando significativamente todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento estudadas.

Palavras-chave: mamona, irrigação, adubação orgânica

Soil Water deficit influence and organic matter of soil on the growth and development of castor bean BRS 188 – Paraguaçu

ABSTRACT

The castor bean culture is of great importance due to the several applications the oil and it is one of the most important raw materials for the biodiesel extraction. The objective of the present work was to study the sensibility of the castor bean (Cultivar BRS 188 - Paraguaçu) to different levels of water and organic matter of the soil, evaluating its effects on the development and growth. The experiment was conducted on a greenhouse located on the dependences of the Agricultural Engineering Department of the Federal University of Campina Grande, Paraíba during the period of April to August 2006. The experiment used was a 2 x 4 factorial on a randomized-complete block design, constituted of two soil organic matter contents 5.0 g.kg⁻¹ and 25.0 g.kg⁻¹ and four soil water contents (70, 80, 90 and 100% of the available water for the plants) with 3 replicates. A castor bean plant was conducted until 120 days after the sowing DAS. The soil water content was daily monitored with a probe TDR. After established the development and growth variables, the analysis of variance were made so the Tukey tests was applied to an average comparison, besides the regression to quantitative factors. The results allowed to conclude that the castor bean cultivar BRS 188 was positively influenced by the organic matter and available water on the soil increasing all the variables of growth and development studied.

Key words: castor bean, irrigation, organic fertilization

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

² Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola. - UAEAG/CTRN. Rua Aprígio Veloso 882, CEP 58.109-970, Campina Grande, PB. Fone: (83) 310-1285. E-mail: rogerio_dl@yahoo.com.br, E-mail: hugo_carvalho@hotmail.com

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Fazenda Saco, s/n, CP 063, CEP 56900-000, Serra Talhada-PE. Fone/Fax: (87) 3831-1927. E-mail: barrosjnior@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) pertencente à família Euphorbiaceae, é uma planta de hábito arbustivo que apresenta diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo. Em geral, os frutos possuem espinhos e em alguns casos, são inermes (sem espinhos); suas sementes apresentam diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração (Azevedo & Lima, 2001); vem sendo explorada em vários países do mundo, em especial na Índia, China e Brasil. O Brasil com cultivos desenvolvidos nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste é responsável por 11% da produção mundial. Segundo levantamentos da Embrapa Algodão (2003) o Brasil dispõe de mais de 4,5 milhões de hectares aptos para a exploração econômica desta oleaginosa, despontando assim, com potencial para fornecer mais de 60% do biodiesel em substituição ao diesel consumido atualmente no mundo. Apesar de a região Nordeste ser responsável por 80% da produção nacional os estudos sobre os sistemas de produção da cultura ainda são escassos.

A mamona destaca-se pelo fato de que o óleo extraído das suas sementes é o único glicerídeo solúvel em álcool, além de ser o mais viscoso de todos os óleos; constitui-se assim em uma das melhores matérias-primas para a fabricação de biodiesel. Por outro lado, a torta, produto da extração do óleo, rica em fibra (mais de 35%) e com cerca de 5% de nitrogênio, é um excelente fertilizante e condicionador do solo (Azevedo & Lima, 2001). Além do biodiesel as aplicações do óleo são inúmeras, podendo ser empregado em vários processos industriais, na fabricação de tintas, protetores e isolantes, lubrificantes, cosméticos, drogas farmacêuticas e na fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, fungicidas, inseticidas, tintas de impressão e vernizes; transformado em plástico, sob a ação de reatores nucleares, adquire a resistência do aço, mantendo a leveza da matéria plástica (Chierice & Claro Neto, 2001).

No Brasil, as áreas irrigadas com mamona são poucas, com alguns registros na Bahia, no Rio Grande do Sul e no Maranhão, atingindo-se até mais de 6,0 t de baga/ha, em alguns casos. No caso do uso da irrigação na ricinocultura, este fato somente se justifica utilizando-se elevada tecnologia para se tirar o máximo possível de produtividade, com elevado teor de óleo de boa qualidade, considerando-se o teor ricinoléico que deve ser inferior a 89%, e a baixa acidez (Beltrão, 2004).

A demanda hídrica da mamona varia entre 750 e 1.500 mm (7.500 a 15.000 m³ ha⁻¹), com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura. O plantio deve ser programado de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (Távora, 1982).

Em vários experimentos na Rússia, Baranov (1986), confirmou que a mamoneira responde bem a irrigação, com incrementos bastante consideráveis de até oito vezes a mais que o cultivo em regime de sequeiro. Mazzani (1983) indica que é melhor irrigar com elevada frequência e baixa intensidade e, ainda, que a irrigação deve ser suspensa um mês antes da colheita.

A mamoneira, mesmo tendo sua produtividade diminuída sob déficit hídrico, é considerada resistente a condições de baixa precipitação, apresentando-se como alternativa de geração de renda para o semi-árido. Entre os derivados de sua produção se destaca o ácido graxo ricinoléico utilizado na substituição de derivados de petróleo (Barros Junior et al., 2008).

Curi & Campelo Júnior (2004), em trabalhos realizados no Estado do Mato Grosso com a cultivar de mamona Íris, quantificaram a água exigida por uma mamoneira, durante um ciclo vegetativo de 110 dias. Eles detectaram sete estádios fenológicos do plantio à colheita desta cultivar, com coeficiente de cultura (kc) obtido pela razão ET_m/ET_o variando de 0,15 a 1,37 e um kc médio de 0,72.

Barros Junior (2007) constatou que a produção de fitomassa foi reduzida quando o conteúdo de água no solo manteve-se nos níveis de 60 e 40 % de água disponível. A baixa produção obtida representou menos que 4 % da fitomassa produzida pelo tratamento conduzido sem estresse hídrico. O mesmo autor ainda verificou que quando as plantas foram submetidas a 80 % de água disponível chegaram a produzir uma quantidade 5,4 vezes menor do que as plantas conduzidas no solo na capacidade de campo, demonstrando a sensibilidade da mesma ao estresse hídrico.

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a aplicação de matéria orgânica é imprescindível no fornecimento de nutrientes às culturas, aumento da retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, aumento da estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana, constituindo-se em componente fundamental da sua capacidade produtiva (Bayer & Mielniczuk, 1999).

O conhecimento sobre a irrigação da mamona no Brasil e no mundo é, no mínimo, razão pela qual se deve investir em pesquisas nesta área para que se tenha uma definição clara de diversos sistemas de cultivos desta oleaginosa, em regime de irrigação. Este fato aliado à escassez de trabalhos com o uso de matéria orgânica no solo sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura, motivou este estudo, no qual avaliou-se a sensibilidade da mesma a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo, que favoreçam o seu pleno desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Implantação

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação (área total de 60 m², pé direito de 3,5 m, altura do vão central de 4 m e coberta com telha acrílica) localizada nas dependências da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, PB, durante o período compreendido entre abril e agosto de 2006.

Utilizou-se como extrato para a implantação da mamona um solo franco-arenoso de baixo teor de matéria orgânica, pro-

veniente do município de Campina Grande, PB. A acidez do solo foi corrigida com hidróxido de cálcio ($0,60 \text{ g kg}^{-1}$ de solo) incubado durante 20 dias. Após a neutralização, o solo foi adubado com $0,90 \text{ g kg}^{-1}$ de solo de superfosfato simples e de $0,05 \text{ g kg}^{-1}$ de solo de cloreto de potássio, adubos esses aplicados e homogeneizados nos 75 kg de solo contidos em cada recipiente, conforme as recomendações de Novais et al. (1991) para adubações de vasos em ambientes protegidos. Apresentam-se, na Tabela 1, as características físicas e químicas do solo utilizado.

Os fatores estudados foram compostos por dois níveis de matéria orgânica no solo ($5,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $25,0 \text{ g kg}^{-1}$), quatro níveis de água disponível no solo (70, 80, 90 e 100 %) e três repetições, originando assim 08 tratamentos e vinte e quatro parcelas.

O tratamento de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ correspondeu ao teor de matéria orgânica que o solo apresentava originalmente, classificado como baixo; já o tratamento de $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ foi obtido adicionando-se a cada vaso 7,0 kg de húmus desidratado, o qual apresentava teor de 23,23 % de matéria orgânica e 51,0 % de umidade, expressos em relação à percentagem de matéria seca a 65°C .

O cálculo das lâminas de água para os respectivos tratamentos baseou-se na eq. 1 a seguir, conforme Gomes (1999).

$$AD = 0,01 (CC - PMP) \cdot Y \cdot Z \quad (1)$$

onde:

AD – água disponível em cm

CC – capacidade de campo (em volume)

PMP – ponto de murcha permanente (em volume)

Y – coeficiente de depleção (0 – 1)

Z – profundidade do solo (cm)

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2×4 , constituído pelos dois níveis de matéria orgânica e pelos quatro de água disponível, com 3 repetições, cada uma formada por um vaso de plástico com capacidade para 75 kg de solo, espaçados $2,0 \times 1,75 \text{ m}$, no qual se cultivou uma planta até os 120 DAS. Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA), e do teste de Tukey para comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão, de acordo com Ferreira (2000).

Condução do experimento

Após a homogeneização dos fertilizantes e da matéria orgânica, o solo foi conduzido à capacidade de campo, de forma a garantir o processo de germinação das sementes. Em seguida, conduziu-se a semeadura com 7 sementes por vaso a uma profundidade de 2,0 cm. Todos os tratamentos foram

mantidos à capacidade de campo pelo tempo de 15 dias para garantir uma completa germinação das sementes.

Realizaram-se as irrigações subsequentes quando o conteúdo de água do solo atingiu os níveis preestabelecidos pelos respectivos tratamentos (70, 80, 90 e 100% da água disponível). O conteúdo de água do solo foi monitorado através de medições diárias em % volumétrica, utilizando-se uma sonda de TDR HH2 segmentada de marca DELTA-T DEVICES, através de um tubo de acesso instalado em cada vaso, repondo-se a lâmina diariamente, sempre às 08 e 16 horas, com água de abastecimento, medida em uma proveta graduada e aplicada manualmente através de regadores.

Aos vinte dias após a semeadura (20 DAS) realizou-se um primeiro desbaste deixando-se as duas plantas mais vigorosas por vaso. Num segundo desbaste, aos 30 DAS, foi deixada uma planta por cada vaso, até os 120 dias após a semeadura.

A adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada na proporção de $0,8 \text{ g}$ de sulfato de amônio kg^{-1} de solo, dividido em dez aplicações e realizada em intervalos de 10 dias, com a primeira aplicação, 20 dias após o semeio, aplicando-se o adubo diluído via água de irrigação. A adubação potássica foi dividida em três aplicações, sendo um terço na fundação e as outras duas partes aos 30 e 60 dias após semeadura, nas quantidades de $0,05 \text{ g}$ de cloreto de potássio kg^{-1} de solo em cada aplicação (Novais et al., 1991).

Variáveis analisadas

Fitomassa

A fitomassa da parte aérea (FPA) foi quantificada no final do experimento, aos 120 DAS. Este material seguiu para a estufa de circulação de ar, a temperatura de 60°C e, posteriormente, foi pesado em balança de precisão, com dois decimais.

Área foliar

A área foliar foi determinada aos 120 DAS, onde se consideraram, na determinação da área foliar, as que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm. O cálculo da área foliar (AF) foi realizado de acordo com a metodologia de Wendt (1967), cuja eq. 2 é descrita a seguir:

$$\text{LOG}(Y) = -0,346 + [2,152 * \text{LOG}(X)] \quad (2)$$

onde:

Y = área foliar (cm^2)

X = comprimento da nervura central da folha (cm).

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo, após correção da acidez

Table 1. Physics and chemistry characteristics of soil after it acidity correction

Textura			Densidade		Conteúdo de água no solo			Análise química					
Areia	Argila	Silte	Solo	Partículas	0,01 MPa	1,5 MPa	pH - H ₂ O	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺
g kg ⁻¹			kg dm ⁻³		% vol.			mg dm ⁻¹		cmol _c dm ⁻³			
702,2	200,1	97,7	1,50	2,70	0,218	0,055	7,13	0,11	0,23	0,00	5,26	0,32	0,00

Razão de área foliar (RAF)

A partir dos dados de área foliar e fitomassa, obtidos no final do ciclo da cultura, determinou-se a RAF, através da relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, de acordo com a eq. 3 descrita por Ferri (1985).

$$RAF = \frac{AF}{FPA} \quad (3)$$

em que:

AF – área foliar no tempo t (cm²)

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t (g)

Taxa de crescimento absoluto e relativo

A partir dos dados obtidos das fitomassas para cada tempo (20, 30 e 120 DAS), calculou-se a taxa de crescimento absoluto (TCA) e a taxa de crescimento relativo (TCR). A primeira foi calculada a partir da relação entre a diferença de peso da fitomassa observada nos tempos t₁ e t₂, conforme eq. 4:

$$TCA = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (4)$$

onde:

P₁ – peso da fitomassa no tempo t₁ (mg);

P₂ – peso da fitomassa no tempo t₂ (mg).

t₁ e t₂ em dias

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculado por meio da relação entre a taxa de crescimento absoluto e a fitomassa da parte aérea, conforme a eq. 5:

$$TCR = \frac{(TCA_1)}{(FPA)} \quad (5)$$

sendo:

TCA₁ – taxa de crescimento absoluto no tempo t₁ (mg dia⁻¹);

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t₁ (mg).

Tabela 2. Resumo das análises de variância da fitomassa da parte aérea, área foliar e da razão de área foliar aos 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu – Campina Grande-PB, 2006

Table 2. Summary of variance analyses for the aerial part, leaf area and the foliar area ratio of 120 days after sowing (DAS) cultivar BRS 188 – Paraguaçu – Campina Grande –PB, 2006

Fonte de Variação	GL	Fitomassa da parte aérea (FPA)		Área Foliar (AF)	Razão de área foliar (RAF)	
		Quadrado médio		Quadrado médio	Quadrado médio	
MO	1	110297,04 **		2078,42 **	18,832 ns	
AD	3	238112,59 **		1447,90 **	597,900 **	
Interação	3	9431,82 ns		47,52 ns	48,015 ns	
Blocos	2	10189,54 ns		457,27 ns	219,311 ns	
Resíduo	14	9898,39		125,09	92,441	
CV %		24,26		9,72	25,52	
Tratamentos		G		cm²	cm²g⁻¹	
0,5 % M.O.		342,25 b		105,73 b	36,755 a	
2,5 % M.O.		477,83 a		124,34 a	38,567 a	
DMS		87,11		9,79	8,418	
		Quadrado médio				
Água disponível (AD)		5,0 g kg⁻¹	25,0 g kg⁻¹	5,0 g kg⁻¹	25,0 g kg⁻¹	Média
Reg. Pol. Linear		237258,82 *	499411,26 *	1752,98 *	338,17 *	1747,270 **
Reg. Pol. quadrática		126,75 ns	588,00 ns	101,34 ns	829,23 ns	0,799 ns
Reg. Pol. Cúbica		170,02 ns	5078,40 ns	21,37 ns	1443,17 ns	45,633 ns
Resíduo		28352,75	69136,33	97,31	163,39	92,442

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) - não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

RESULTADOS E DISCUSSÃO**Fitomassa da parte aérea (FPA), Área foliar (AF) e Razão de área foliar (RAF)**

Na Tabela 2 se constata que a matéria orgânica aumentou significativamente (p<0,01) a produção de fitomassa da parte aérea das plantas de mamona (39,61%) cuja diferença, bastante alta, indica que a cultivar de mamona responde direta e positivamente à matéria orgânica do solo.

A incorporação de material orgânico ao solo tem influência positiva sobre o rendimento dos cultivos, fornecimento de nutrientes às culturas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes (Isherwood, 2000).

O fator água disponível do solo também influenciou significativamente (p<0,01) a produção de fitomassa da mamona. Os tratamentos mantidos a 100 e 90% de AD corresponderam aos maiores rendimentos encontrados. Observou-se que a fitomassa das plantas no solo mantido a capacidade de campo (100% AD), foi 246,5; 99,89 e 28,76%, superior às fitomassas produzidas pelas plantas no solo com 70; 80 e 90% AD, respectivamente.

Barros Junior et al. (2006) trabalhando com a cultivar de mamona BRS 188 - Paraguaçu até os 180 dias, obtiveram em condições similares, um diferencial de 348,0% a mais de fitomassa total, quando mantiveram o solo a capacidade de campo comparado com a fitomassa da mesma cultivar submetida a 80% AD, confirmando os resultados obtidos no presente ensaio. Resultados semelhantes também foram encontrados por Laureti & Marras (1995), que obtiveram um aumento linear no rendimento da fitomassa da mamoneira com incrementos de água até 100% da evapotranspiração.

Na Tabela 2, também se apresentam os resultados da análise de regressão para o fator água disponível para cada um dos dois níveis de matéria orgânica do solo estudados. Observa-se que o comportamento foi o mesmo para os dois níveis de matéria orgânica com tendência de acúmulo de fito-

massa de forma linear, quando se aumentaram os níveis de água disponível no solo. Verifica-se que o aumento no acúmulo de fitomassa variou de 12,57 g por aumento unitário do percentual de água no solo para os tratamentos correspondentes a 5,0 g kg⁻¹ de M.O. a 18,24 g por aumento unitário do percentual de água cujo solo apresentava 25,0 g kg⁻¹ de M.O.; tal comportamento pode ser visualizado através da Figura 1, juntamente com suas respectivas equações de regressão.

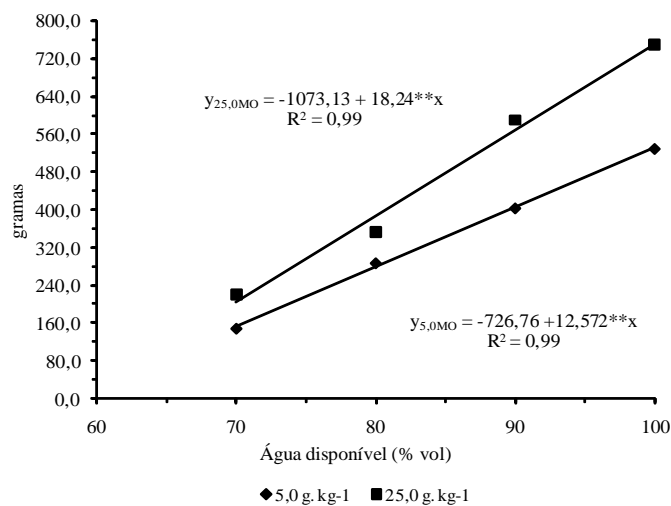


Figura 1. Fitomassa da parte aérea (FPA), em gramas, da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

Figure 1. Phytomass of aerial part (PAP), in grams, cultivar BRS 188 - Paraguaçu submitted to different water levels available of soil

Koutroubas et al. (2000) em trabalhos conduzidos na Grécia, verificaram que o acúmulo médio de matéria seca aumentou significativamente com lâminas de irrigação correspondentes à 0,50; 0,75 e 1,0 da evapotranspiração, obtendo o máximo de matéria seca para a lâmina correspondente à 100 % da Evapotranspiração (1,0 ET).

A produção média de fitomassa da parte área obtida para o tratamento cujas plantas foram conduzidas em solos mantidos a 100 % de água disponível apresenta-se acima dos resultados obtidos por Silva (2004), que em ausência de estresse hídrico ou salino, obteve em 150 dias de cultivo peso médio de 246,72 g de fitomassa total; Coelho (2006), trabalhando com a cultivar Nordestina aos 150 dias registrou peso médio total de 727,9 g, com todas as plantas irrigadas a um nível de reposição de 1,05 da evapotranspiração da cultura. Os referidos resultados evidenciam a sensibilidade da cultivar à falta de água a que foi submetida.

Hsiao (1973) indicou que o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão; uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez reduz o coeficiente de divisão celular e, mais ainda, a expansão de todas as células, impedindo assim o crescimento vegetativo das plantas. Beltrão et al (2003) verificaram significativas reduções na área foliar e na taxa de fotossíntese líquida da mamoneira quando submetida a estresse hídrico severo.

Nota-se que a mamoneira apresentou diferença em sua área foliar quando submetida a diferentes níveis de matéria orgânica no solo aos 120 DAS (Tabela 2), fator este significativo ($p < 0,01$). As plantas que foram cultivadas no solo com 25,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica se sobrepuseram em 17,6% às aquelas cultivadas no solo com 5,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica. Severino et al. (2006) constataram que todos os parâmetros da mamoneira aumentaram significativamente quando a submeteram as diferentes doses de esterco de curral.

Obteve-se para o fator água disponível, efeito altamente significativo. Nos quais os tratamentos mantidos a 100% AD se mantiveram superiores aos de 70% em 37,6%; esta diferença diminuiu, porém é ainda elevada com relação ao tratamento de 80% AD, sendo superior a este em 8,08%, evidenciando que a mamoneira responde de forma direta quando se eleva o conteúdo de água no solo.

Para o fator quantitativo água disponível, verificou-se que a mamoneira teve comportamento linear com relação à sua área foliar (Tabela 2); este comportamento pode ser melhor visualizado na Figura 2A, na qual se encontra o comportamento de forma gráfica, juntamente com as respectivas equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação R². O aumento da área foliar variou de 225,98 a 263,53 cm² por

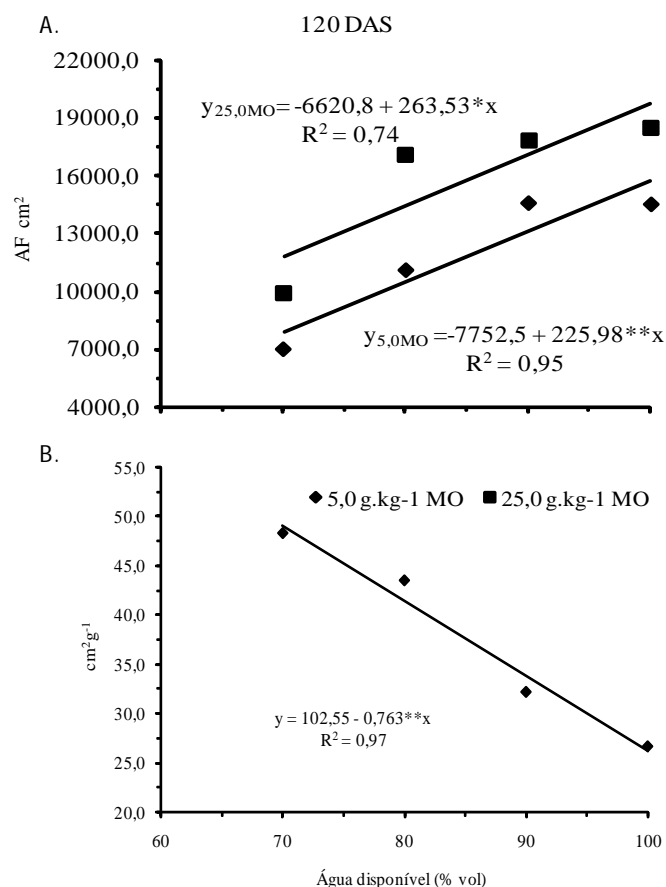


Figura 2. Área Foliar (AF) em cm² e Razão de área foliar (RAF) em cm² g⁻¹, para o período de 120 DAS da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

Figure 2. Leaf Area (LA) in cm² and Foliar area ratio (FAR) in cm² g⁻¹, for the period of 120 DAS cultivar BRS 188 - Paraguaçu submitted to different water levels available of soil

aumento unitário do percentual de água no solo para os tratamentos correspondentes a 5,0 g kg⁻¹ e 25,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica no solo, respectivamente.

Na Tabela 2, observa-se que não se constata influência do fator matéria orgânica no solo sobre a razão de área foliar (RAF). Com relação à água disponível, verificam-se diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,01$). As plantas cujos tratamentos foram submetidos aos maiores conteúdos de água do solo apresentaram as menores RAF mostrando serem mais eficientes quanto à sua capacidade fotossintética. O tratamento mantido à capacidade de campo (100% AD) foi mais eficiente de que o de 70% AD em 81,2% e 62,5% mais eficiente que o mantido a 80% AD e 31,96% superior ao tratamento mantido a 90% de AD.

Verifica-se ainda que a RAF diminuiu com o aumento da água disponível no solo. Na Figura 2B, pode-se observar a variação deste parâmetro quando a mamoneira é submetida a diferentes níveis de água disponível no solo, na qual observa-se que a regressão descreve um comportamento linear decrescente, da ordem de 0,763 cm² g⁻¹ por aumento unitário do percentual de água no solo.

Segundo Ferri (1985), a razão de área foliar é importante para avaliar a dimensão relativa do órgão assimilador utilizado como parâmetro apropriado nas avaliações dos efeitos genotípicos, de manejo e climáticos das comunidades vegetais; estando relacionada com a produção de fitomassa resultante do processo de fotossíntese. Pequenos valores da razão de área foliar são indicativos de que os produtos fotoassimilados estão sendo mais bem aproveitados; por outro lado, a taxa de assimilação líquida expressa o aumento do crescimento por unidade de área foliar em função do tempo e estima a fotossíntese líquida e a magnitude do sistema assimilador envolvido no processo produtivo de matéria seca.

Taxa de crescimento absoluto e relativo

Na Tabela 3, são apresentados os resultados das análises de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA) da mamona nos períodos compreendidos entre 20-30 e 30-120 DAS. O teor de matéria orgânica do solo não influenciou no período compreendido entre 20-30 dias enquanto que para o período compreendido entre 30-120 DAS foi significativo a ($p < 0,01$), em que o tratamento de 25,0 g kg⁻¹ foi superior em 40,3% ao tratamento de 5,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica.

Com relação à água disponível no solo no período de 20-30 DAS (Tabela 3), os tratamentos submetidos aos diferentes níveis de água disponível apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), bem como no período compreendido de 30-120 DAS ($p < 0,01$). Os tratamentos mantidos a capacidade de campo (100% AD), no período de 20-30 DAS foram superiores aos mantidos a 70; 80 e 90% AD em 185,8; 61,5 e 21,89% respectivamente; aos 30-120 DAS, as diferenças aumentaram; o tratamento mantido a capacidade de campo (100% AD) foi 250,0; 100,8 e 31,06% superior aos tratamentos de 70; 80 e 90% AD, respectivamente.

Verifica-se também na Tabela 3, que houve diferença estatística ($p < 0,01$) para a taxa de crescimento relativo (TCR) no período compreendido de 30-120 DAS, para os dois fatores estudados. Com relação ao teor de matéria orgânica no solo, os tratamentos mantidos no solo com 25,0 g kg⁻¹ foram 40,1% superiores aos de 5,0 g kg⁻¹. Para a água disponível, os tratamentos a 100% AD foram superiores aos de 70; 80 e 90% AD em 250,0; 100,6 e 13,88% respectivamente. Estes resultados evidenciam que a cultivar de mamona estudada é sensível ao déficit hídrico, porém responde de forma direta com altos incrementos de crescimento quando submetidas a conteúdos de água no solo próximos à capacidade de campo.

Koutroubas et al. (2000) afirmaram que a acumulação de matéria seca da mamoneira em trabalhos conduzidos na Grécia, aumentou de forma linear crescente com as lâminas de irrigação correspondentes à de 0,0; 0,50; 0,75 e 1,0 x ETc,

Tabela 3. Resumo das análises de variância referente à variável taxa de crescimento absoluto e relativo para os períodos de 20-30 e 30-120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar de mamona BRS188 - Paraguaçu

Table 3. Summary of variance analyses for the absolute and relative growth ratio, for the 20-30 and 30-120 days after the sowing (DAS) cultivar BRS 188 - Paraguaçu - Campina Grande-PB, 2006

FV	GL	Taxa de crescimento absoluto (TCA)		Taxa de crescimento relativo (TCR)	
		Quadrado médio			
		20-30 DAS	30-120 DAS	20-30 DAS	30-120 DAS
AD	3	0,0100*	29,022**	0,001012 ^{ns}	0,319**
MO	1	0,0035 ^{ns}	13,545**	0,000032 ^{ns}	0,333**
Interação	3	0,0017 ^{ns}	1,168 ^{ns}	0,000029 ^{ns}	0,042 ^{ns}
Blocos	2	0,0027 ^{ns}	1,254 ^{ns}	0,001310 ^{ns}	0,051 ^{ns}
Resíduo	14	0,0032	1,216	0,001895	0,029
CV %		5,08	24,52	4,16	20,52
Tratamentos		g dia⁻¹	g dia⁻¹	g g dia⁻¹	g g dia⁻¹
0,5 % M.O.		1,093 a	3,747 b	1,045 a	0,711 b
2,5 % M.O.		1,117 a	5,250 a	1,048 a	0,948 a
DMS		0,049	0,956	0,0381	0,056
Água disponível		Quadrado médio			
		5,0 g kg⁻¹	25,0 g kg⁻¹	5,0 g kg⁻¹	25,0 g kg⁻¹
Reg. Pol. Linear		0,0296**	28,746**	0,0022**	28,745**
Reg. Pol. quadrática		0,00033 ^{ns}	0,0168 ^{ns}	0,00072 ^{ns}	0,0168 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		0,000029 ^{ns}	0,0170 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	0,0170 ^{ns}
Resíduo		0,0032	3,442	0,00189	3,4419
			8,462		0,114

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) - não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

obtendo o máximo de matéria seca para a lâmina correspondente à Evapotranspiração (1,0 x ETC). Rodrigues et al. (2006) notaram diferença significativa para a fitomassa da parte aérea quando a mamoneira foi submetida até os 90 dias, a cinco níveis de reposição da evapotranspiração da cultura (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 x ETC), com a taxa de crescimento máxima para o maior nível de reposição.

A taxa de crescimento relativo (TCR) da planta, segundo Ferri (1985), é uma variável bastante utilizada para avaliação do crescimento vegetal e é dependente da quantidade de material previamente acumulado. Este parâmetro representa o aumento de matéria seca na planta por unidade de material preexistente, ao longo do tempo. Em outras palavras, a TCR corresponde à quantidade de material novo produzido em relação ao material preexistente. Sendo assim, o desenvolvimento da planta dependerá, basicamente, do material inicial e da sua capacidade de sintetizar novos produtos.

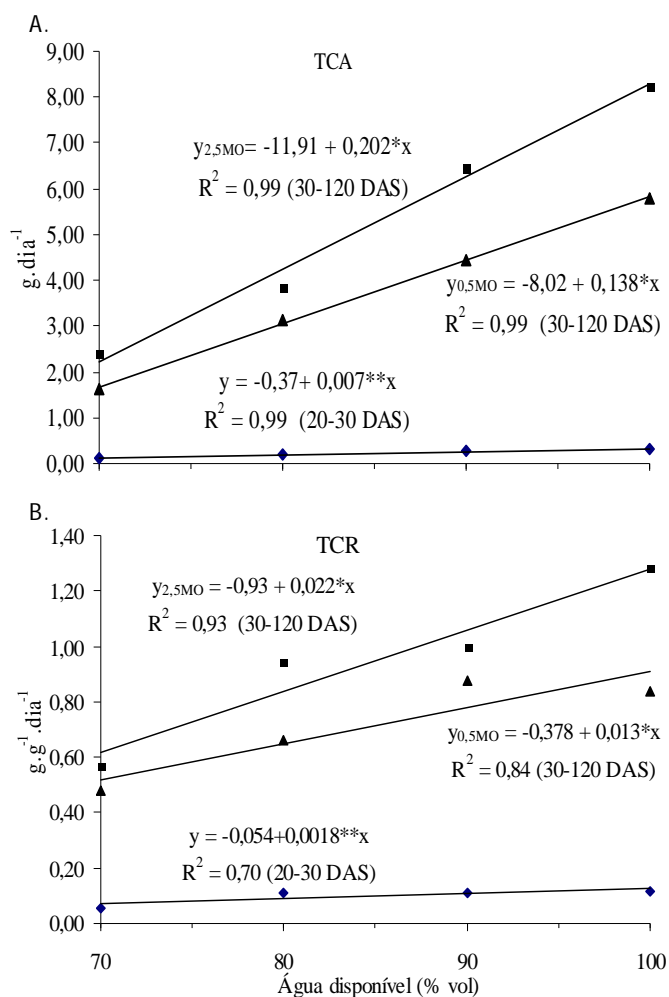


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto (TCA) em $g \cdot dia^{-1}$ e taxa de crescimento relativo (TCR) em $g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$, para o período de 20-30 e 30-120 DAS da cultivar de mamona BRS-188 Paraguaçu submetido a diferentes níveis de água disponível do solo

Figure 3. Absolute growth rate (AGR) in $g \cdot day^{-1}$ and relative growth rate (RGR) in $g \cdot g^{-1} \cdot day^{-1}$, for the periods of 20-30 and 30-120 DAS, cultivar castor bean BRS-188 Paraguaçu submitted to different soil water levels available for plants

Na Tabela 3, também são apresentados os resultados da análise de regressão para a taxa de crescimento absoluto e relativo da mamoneira. Verifica-se que a tendência dos dois parâmetros avaliados foi linear e crescente, para o período de 30-120 DAS, quando a mesma foi submetida a diferentes níveis de água disponível no solo. Este comportamento é visto através da Figura 3A e 3B, onde também são apresentadas as equações de regressão para cada variável e período analisado. O aumento da TCA variou de $0,007 g \cdot dia^{-1}$ para o período de 20-30 dias e de $0,138$ a $0,202 g \cdot dia^{-1}$ por aumento unitário do percentual de água no solo para os tratamentos correspondentes a $5,0 g \cdot kg^{-1}$ e $25,0 g \cdot kg^{-1}$ de M.O. durante o período de 30 a 120 dias após a semeadura. Já a TCR variou de $0,018 g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$ para o período de 20-30 dias e de $0,0138$ a $0,022 g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$, por aumento unitário do percentual de água no solo para os tratamentos correspondentes a $5,0 g \cdot kg^{-1}$ e $25,0 g \cdot kg^{-1}$ de M.O. no período de 30 a 120 dias após a semeadura.

CONCLUSÕES

A matéria orgânica e o conteúdo de água no solo influenciaram significativamente o crescimento e desenvolvimento da mamona proporcionando aumento nas suas taxas de crescimento e desenvolvimento e em sua produção de fitomassa, à medida que se elevou os níveis de água disponível e do teor de matéria orgânica.

As plantas cujos tratamentos foram submetidos aos maiores conteúdos de água do solo, apresentaram-se mais eficientes com relação a sua capacidade fotossintética.

LITERATURA CITADA

- Azevedo, D. M. P. De; Lima, E. F. O Agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: EMBRAPA – Algodão, 2001. 350p.
- Baranov, V.F. Irrigation. In: Moshkin, V.A. (Ed.). Castor. New Delhi: Amerind, 1986. p.237-248.
- Barros Junior, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F. Eficiência do uso de água de duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. In: Congresso Latino Americano y del Caribe de Ingeniería Agrícola, 7; Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola, 5, 2006, Chillán, Chile. Anais... Chillán: Universidad de Concepción, 2006. v. único, CD Rom.
- Barros Junior, G. Efeito do estresse hídrico do solo, monitorado com TDR, sobre desenvolvimento e produção da mamona. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2007. 170p. Tese Doutorado.
- Barros Junior, G.; Guerra, H. O. C.; Cavalcanti, M. F.; Lacerda, R. D. de. 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.
- Bayer, C.; Mielniczuk, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

- Beltrão, N. E. de M. Sistema de Produção de Mamona em Condições Irrigadas: Considerações Gerais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão. 2004. 14p. (Documentos, 132).
- Beltrão, N. E. de M.; Souza, J. G. de.; Santos, J. W. dos S.; Jerônimo, G. F.; Costa, F. X.; Lucena, A. M. A. de.; Queiroz, U. C. de. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 nordestina, na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas, Campina Grande, v.7, n.1, p.659-664, 2003
- Chierice, G.O.; Claro Neto, S. Aplicação industrial do óleo. In: Azevedo, D. M. P de; Lima, E.F. (Org.) O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília-DF: EMBRAPA- Comunicação para transferência de tecnologias, 2001. p. 89- 120.
- Coelho, D. K. Crescimento e desenvolvimento da mamoneira em função da irrigação com águas salinas e matéria orgânica. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2006. 85p. Dissertação Mestrado.
- Curi, S; Campelo Junior, J. H. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da mamoneira (*Ricinus communis L.*). In: Congresso brasileiro de mamona, 2006, Campina Grande. Anais... Campina Grande: EMBRAPA, 2006. v. único, CD Rom..
- Embrapa Algodão. Informações gerais sobre a cadeia da mamona no nordeste e o estabelecimento de uma proposta de um projeto de desenvolvimento integrado com ênfase a produção de biodiesel por Napoleão Esberard de Macedo Beltrão. Campina Grande, 2003. 17p. (Embrapa Algodão. Documentos, 122).
- Ferreira, P. V. Estatística aplicada à agronomia. 3 ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.
- Ferri, M. G. Fisiologia vegetal 1. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.
- Gomes, H. P. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3 ed. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 412 p.
- Hsiao, T. C. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology, v.24, n.1, p. 519-570. 1973.
- Isherwood, K. F. Mineral fertilized use and the environment. Revised edition. Paris: IFA/UNEP, 2000. 49p.
- Koutroubas, S. D; Papakosta, D. K; Doitsinis, A. Water requirements for Castor Oil Crop (*Ricinus communis L.*) in a mediterranean climate. Journal Agronomy & Crop Science, v.184, n.1, p.33-41, 2000.
- Laureti, D.; Marras, G. Irrigation of castor (*Ricinus communis L.*). European journal of agronomy, v.4, n.2, p. 229-235, 1995.
- Mazzani, B. Euforbiaceas oleaginosas. Tártago. In: Mazzani, B. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas. Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p. 277-360.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Métodos de pesquisa em fertilidade de solo. Brasília: Embrapa, 1991. 392 p. (EMBRAPA – SEA. Documentos, 3).
- Rodrigues, L. N; Nery, A. R.; Carvalho, A. de P.; Fernandes, P. D.; Beltrão, N. E. de M. Mamoneira irrigada com efluente de esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracajú. Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD Rom.
- Severino, L. S; Ferreira, G. B; Morais, C. R. de A; Gondim, T. M de S; Cardoso, G. D. Viriat. J. R; Beltrao, N. E. de M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta a adubação orgânica e mineral. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.41, n.5, p.879-882, 2006.
- Silva, S. M. S. Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneira irrigados com águas salinas. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2004. 74p. Dissertação Mestrado.
- Távora, F. J. A. F. A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.
- 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, n.1, p.485-487, 1967.