

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.) EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E COBERTURA DO SOLO¹

JORGE ALVES DE SOUSA^{2*}, HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA³

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar o pinhão-manso quando submetido a diferentes doses de adubação orgânica e níveis de irrigação, com e sem cobertura do solo. O experimento foi desenvolvido no período de maio de 2009 a fevereiro de 2010, em uma casa de vegetação localizada no Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDSA) da UFCG em Sumé - PB, em delineamento experimental de três blocos ao acaso, bem como em esquema fatorial com quatro doses de esterco bovino (0, 50, 100 e 150 kg de N/ha), quatro lâminas de água baseadas na evaporação do tanque classe A (50, 75, 100 e 125% da evaporação do tanque), além de quatro tratamentos adicionais com cobertura do solo. Com este propósito, utilizaram-se vasos plásticos com capacidade para 100 L, nos quais se cultivou uma planta por vaso, durante 257 dias. Os níveis de reposição de água do solo foram determinados através do monitoramento diário da evaporação num tanque classe A, instalado dentro da casa de vegetação. As variáveis avaliadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, área foliar e massa seca aérea e das raízes. O aumento das lâminas de irrigação e a utilização da cobertura do solo exerceram efeito altamente significativo sobre todas as variáveis analisadas.

Palavras-chave: Lâminas de água. Tanque classe A. Esterco bovino.

IRRIGATION, ORGANIC FERTILIZER AND SOIL MULCHING IN *Jatropha curcas* L INITIAL GROWTH

ABSTRACT - The aim of the present paper was to evaluate the *Jatropha curcas* L response to different doses of nitrogen, water regimes and soil surface nature. The experiment was conducted from May 2009 to February 2010 under greenhouse conditions at the Sustainable Development Center of the Federal University of Paraíba in Sumé-PB. A factorial experiment in blocks was used with four organic fertilizer (0, 50, 100 and 150 kg of N/ha), four irrigation levels (50, 75, 100 and 125% the Class A pan evaporation) and four additional treatments with soil mulching. Sixty plastic vases 100 l capacity were used to cultivate the plants during 257 days and a Class A Evaporation Pan was installed in the greenhouse to monitor daily water evaporation. The plant variables evaluated were plant height, stem diameter, leaf area, total aerial and root dry mass. The increase of the soil water content and soil mulching had significant effect on the evaluated plant variables.

Keywords: Water lever. Class A evaporation pan. Cow manure.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 25/11/2010; aceito em 27/08/2011.

Trabalho de tese de conclusão do curso de doutorado em engenharia agrícola do primeiro autor.

²Estatístico, Dr., Professor Adjunto I do Centro de Educação e Saúde, UFCG, localidade do Olho D'Água da Bica, 58175-000, Cuité - PB; jorgeas@ufcg.edu.br

³Eng. Agrônomo, PhD., Professor Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Caixa Postal 10.106, 58109-970, Campina Grande - PB; hugo_carvalho@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Os elevados custos econômicos, em comparação com os combustíveis convencionais, representam um dos maiores entraves ao desenvolvimento em larga escala de biocombustíveis. Algumas estimativas mostram que estes são duas vezes mais dispendiosos que os combustíveis convencionais (BIOFUELS, 2005). Custos tendem, no entanto, a diferir, dependendo do tipo de biocombustível do país de procedência e da tecnologia utilizada, situando-se o Brasil como o produtor mais eficiente em termos de custos. Isto é importante, uma vez que os elevados níveis de apoio agrícola, prevaletentes em muitos países industrializados, têm o poder de subvalorizar o potencial de produção que os biocombustíveis podem oferecer aos países em desenvolvimento, mais eficientes em termos de custos. O pinhão-manso, por exemplo, é uma das culturas não-alimentares que podem ser cultivadas em terras degradadas e produzir três vezes mais combustível por hectare do que a soja (NATURE, 2007), e dez vezes mais do que o milho (JATROPHA, 2009).

Segundo Chagas (2008), a espécie é considerada tóxica em virtude de suas propriedades purgativas, não sendo recomendada para consumo animal. Além da planta não competir com os alimentos, ela é ecologicamente certa, pois se trata de uma planta de florestamento ou reflorestamento de áreas degradadas com alta eficiência no sequestro de carbono. Outras vantagens que a semente de pinhão-manso tem, em comparação com outras culturas biocombustíveis, estão no armazenamento, podendo ser armazenada muitos meses antes do beneficiamento, sem se estragar, enquanto o dendê, a macaúba e o pequi (que têm alta produção de óleo) devem ser processados em até 24 horas. O autor reporta ainda que não existe zoneamento para a cultura do pinhão e que é encontrado em todo o país, com ocorrência principalmente nos Estados do Nordeste, Minas Gerais, São Paulo e Goiás. A produção comercial deve se concentrar sobretudo no Centro-Oeste, Norte e no Semiárido nordestino, mas não há estudos conclusivos que recomendem quais seriam as regiões mais propícias para o plantio no Brasil.

Dentre os fatores necessários ao crescimento da planta, a água se destaca como o mais limitante da produtividade agrícola, haja vista sua contribuição nos diversos processos metabólicos, que culminam no desenvolvimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2004). Para Roscoe (2008), na medida em que o período de estiagem aumenta, o potencial produtivo do pinhão-manso diminui, pois o período de floração e de frutificação fica menor. Nas regiões com menor ocorrência de chuva a planta pode apresentar bons índices de produtividade sob irrigação.

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento do pinhão-manso na sua fase inicial, em função de distintas lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e cobertura do solo em

casa de vegetação no semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em uma casa de vegetação pertencente ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (UFCEG-PB), na cidade de Sumé-PB, situada nas coordenadas geográficas de 07° 40' 18" Latitude Sul e 36° 52' 48" Longitude Oeste, na altitude média de 532 m, no período de 25/06/2009 a 12/02/2010. De acordo com a classificação de Köppen (1936) o clima da região é classificado como BSh, semiárido, ou seja, seco, caracterizado por insuficiência e irregularidade das precipitações pluviais e ocorrência de temperaturas elevadas (NASCIMENTO; ALVES, 2008).

A área experimental total foi de aproximadamente 96 m², subdividida em 3 blocos, totalizando 20 plantas do pinhão-manso para cada bloco. Estas plantas foram submetidas a três fatores de variabilidade durante a realização do experimento, ou seja, 2 quantitativos e 1 qualitativo, sendo quatro níveis crescentes de adubação orgânica, utilizando-se como fonte o esterco bovino 0, 50, 100 e 150 kg.ha⁻¹; quatro lâminas de água, baseadas na evaporação de água no solo descoberto, medida em um tanque classe A (50, 75; 100 e 125% da evaporação do tanque, EVT) e duas naturezas da superfície do solo (sem cobertura e com uma cobertura de PVC preto com espessura de 0,03 mm, em delineamento fatorial com tratamentos adicionais do tipo 4×4+4, com três repetições. A inclusão dos quatro tratamentos adicionais serviu como referência (padrão) para comparação dos tratamentos sem cobertura com os tratamentos com cobertura (adicionais), totalizando 60 unidades experimentais, ou seja, uma planta de pinhão-manso/vaso.

O solo utilizado no experimento foi um Neossolo Litólico obtido numa formação aluvial localizada em uma propriedade nas margens do Rio Pedra Comprida, na localidade do Oriente, a aproximadamente 20 km do município de Sumé. Amostras de solo foram obtidas em ziguezague na profundidade de 0-30 cm, com o auxílio de um trado. Após 12 coletas, o solo foi misturado e homogeneizado, formando uma amostra composta e, em seguida, levada ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do DEAG/UFCEG, para análises química e físico-hídrica do solo (Tabelas 1 e 2).

De acordo com as análises químicas, a condutividade elétrica foi menor que 4,0 dS m⁻¹. Segundo Richards (1974), o que corresponde a um solo normal não afetado por sais. O solo utilizado possui, ainda, vantagens de não apresentar problema de acidez, o que dispensa a correção com calcário. O pH do solo ficou dentro da faixa considerada favorável para o crescimento adequado das plantas (Tabela 1).

Visando conseguir uma aplicação homogênea dos adubos nos vasos, 100 kg de solo foram divididos em quatro frações de 25 kg cada uma. Na aduba-

ção orgânica utilizou-se, como fonte, o esterco bovino com concentração de 0,73% de N. Os tratamentos de adubação foram 0 (testemunha), 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. Para determinações das quantidades a serem aplicadas nos vasos fez-se a relação entre a área do vaso e um hectare; desta forma, as quantidades de esterco aplicadas para reproduzir os tratamentos foram, respectivamente, de 0, 134, 269 e 403 g/vaso. Na adubação de fósforo e potássio adotaram-se os critérios apresentados por Novais et al. (1991), para experimentos conduzidos em ambiente protegido. Desse modo, todas as plantas receberam 0,9 g kg⁻¹ solo de superfosfato simples na concentração de 22% P₂O₅ e 0,05 g kg⁻¹ cloreto de potássio (KCl) na concentração de 60% K₂O, respectivamente.

As mudas foram produzidas em casa de vegetação, na fazenda Adenius Nordeste, no município de Serra Talhada - PE, utilizando-se sementes originárias do Gonçalo/2004, cultivadas no setor EKY, cedidas pelo NNE MINAS AGRO FRORESTAL LTDA, localizado no município de Janaúba - MG. O teste de germinação mostrou uma germinação de 92%. Quando as mudas atingiram 30 dias, foram trazidas para o Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (UFCG-PB), Sumé - PB.

O solo foi colocado em vasos de PVC (policloreto de vinila), de 100 litros, com 50 cm de

diâmetro na parte superior, 35 cm na base e 60 cm de altura. O vaso plástico foi furado no fundo para permitir a drenagem do solo, e medida quando necessário. Posteriormente se transplantou, em cada vaso, uma muda previamente selecionada de maneira homogênea, conforme seu vigor. As mudas foram transplantadas e irrigadas diariamente mantendo-se o solo ou substrato em condições de capacidade de vaso, durante 30 dias. A partir desse momento (60 dias após as sementeiras), os tratamentos de irrigação foram iniciados. As irrigações foram feitas a cada dois dias utilizando-se água proveniente de um poço (Tabela 3) localizado na estação experimental. A água era trazida para o interior da casa de vegetação por meio de uma motobomba e uma tubulação existente na área. A reposição de água foi feita de forma manual, utilizando-se um regador e a água medida com uma proveta plástica com capacidade para 1000 mL.

As lâminas de irrigação dependeram da natureza da superfície do solo. Para o solo sem cobertura, as lâminas de água foram definidas com base na água evaporada pelo tanque classe A (EVT): 50, 75, 100 e 125% da evaporação do tanque instalado na casa de vegetação.

Como no solo com cobertura não existe evaporação de água na sua superfície, o consumo de

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento.

Determinação	Teor	Determinação	Teor
Cálcio (cmol _c /kg)	6,54	Carbonato de cálcio qualitativo	Ausente
Magnésio (cmol _c /kg)	2,97	Carbono orgânico %	0,5
Sódio (cmol _c /kg)	0,19	Matéria orgânica %	0,86
Potássio (cmol _c /kg)	0,16	Nitrogênio %	0,05
Enxofre (S) (cmol _c /kg)	9,86	Fósforo assimilável mg / 100g	5,48
Hidrogênio (cmol _c /kg)	1,46	pH H ₂ O (1:2,5)	6,87
Alumínio (cmol _c /kg)	0,00	Cond. Elétrica dS m ⁻¹	0,17
T (cmol _c /kg)	11,32		

Tabela 2. Características físico-hídricas do Neossolo Litólico utilizado no experimento.

Características físico-hídricas	Valores
Areia (g/kg)	758,30
Silte (g/kg)	191,40
Argila (g/kg)	50,30
Classificação Textural (EMBRAPA)	Textura média
Densidade	1,21
Densidade das partículas	2,58
Porosidade (%)	53,10
Conteúdo de água atual (%)	0,69
Capacidade de Campo (%)	14,00
Ponto de murcha permanente (%)	8,97
Água disponível (%)	5,03

Tabela 3. Características físico-químicas da água utilizada nas irrigações.

Características	Valores	Características	Valores
pH	7,38	Bicarbonatos (meq/ L)	0,38
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	1,324	Carbonatos (meq/ L)	8,22
Cálcio (meqL ⁻¹)	3,85	RAS (mmol L ⁻¹)	2,55
Magnésio (meq/ L)	6,76	Classe da água	C ₃
Sódio (meq/ L)	5,87		

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/UAEA/CTRN.

água da planta foi estimado determinando a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração atual da cultura (ETA). Para determinar a evapotranspiração potencial, utilizou-se a relação:

$$ETP = EVT \times k_t \quad (1)$$

Donde:

EVT = evaporação de água no tanque classe A, em mm dia⁻¹;

k_t = coeficiente do tanque, considerado neste trabalho igual a 0,70, para o solo parcialmente coberto.

Para determinar a evapotranspiração atual da cultura utilizou-se a seguinte equação:

$$ETA = ETP \times k_c \quad (2)$$

Donde:

k_c é o coeficiente de cultura do pinhão-manso

Na falta dos coeficientes de cultivo (k_c) para o pinhão, estes foram estimados com base nas recomendações da FAO 56 (ALLEN et al., 2006) para um grupo de oleaginosas, principalmente mamona e algodão, plantas que apresentam semelhanças com relação ao hábito de crescimento, altura média e área foliar do pinhão. Os coeficientes de cultura associados à fase inicial (30 DAS), crescimento (50 DAS), intermediário (60 DAS) e final (120 DAS) foram, respectivamente, 1,00; 1,00; 1,20 e 0,65.

Finalizado o período experimental (257 dias após a semeadura), avaliaram-se: altura da planta, medida com o auxílio de uma régua milimetrada, tomando como base o colo da planta ao ápice apical; o diâmetro caulinar, com o auxílio de um paquímetro mensurado na parte inferior do caule, distando 3 cm da superfície do solo e a área foliar. Esta, por sua vez, foi determinada conforme metodologia proposta por Severino et al. (2006), de acordo com a Equação 3.

$$AF = 0,89 \times p^2 \quad (3)$$

em que: AF = área foliar (m²/planta) e p = comprimento da nervura principal ou central (m)

Para determinação da massa seca da parte aérea e raiz, as plantas foram cortadas e separadas

em parte aérea (caule e folhas) e raízes ou sistema radicular, secadas em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C por 72 horas e pesadas em balança eletrônica digital.

Os resultados foram analisados estatisticamente através do programa SISVAR, conforme metodologia proposta por Ferreira (2003). Os contrastes entre as médias foram avaliados pelo teste “F” (até 5% de probabilidade). Os graus de liberdade dos tratamentos com interações significativas foram decompostos em componentes de regressão polinomial quando se tratava de fator quantitativo adotando-se, para a construção das curvas, o maior grau de regressão significativo (FERREIRA, 2003); entretanto, quando se tratava de fator qualitativo, realizava-se o desdobramento de um fator em função do outro e se aplicava o teste de Scheffé (5% de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se, na Tabela 4, o resumo das análises de variância para altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MAS) e radicular (MSR) do pinhão-manso, submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica (esterco bovino), com e sem cobertura do solo.

Em todas as variáveis avaliadas foi observada resposta significativa ao nível de 1% de probabilidade, no fator lâminas de irrigação. Com relação à cobertura do solo (com e sem cobertura), constatou-se a mesma significância. Para o fator adubação orgânica não foram observadas respostas significativas a nenhuma das características avaliadas (Tabela 4), bem comuns nos experimentos com adubação nitrogenada. Como a fonte de nitrogênio utilizada foi o esterco bovino, alguns autores têm tentado explicar este problema, tais como Severino et al. (2006) que, trabalhando com esterco bovino, observaram que sua mineralização é muito baixa, visto que, ao final de 33 dias de incubação, a mineralização foi de apenas 5mg/kg. Mesmo reconhecendo que o esterco bovino

Tabela 4. Análise da variância para altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSA) e radicular (MSR) do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé - PB.

Ajuste	GL	Quadrado médio				
		AP (cm)	DC (cm)	AF (m ²)	MSA (g)	MSR (g)
Tratamentos	19	839,59**	94,62**	84,62**	27364,34**	29325,05**
Lâminas de irrigação (L)	3	824,02**	532,90**	32,90**	152574,97**	164351,56**
Doses de esterco (N)	3	264,30 ^{ns}	2,49 ^{ns}	0,384 ^{ns}	2437,35 ^{ns}	2528,12 ^{ns}
Lâminas vs doses (LxD)	9	72,30 ^{ns}	8,77 ^{ns}	0,978 ^{ns}	2414,63 ^{ns}	4106,11 ^{ns}
Tratamentos sem cobertura vs tratamentos com cobertura	1	537,00**	26,45**	122,8**	29558,87**	19077,56**
Contraste linear com cobertura	1	81,00 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2620,47 ^{ns}	70,35 ^{ns}
Contraste quadrático com cobertura	1	18,00 ^{ns}	16,00 ^{ns}	5,04 ^{ns}	882,367 ^{ns}	316,93 ^{ns}
Contraste cúbico com cobertura	1	0,67 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,37 ^{ns}	742,34 ^{ns}	117,06 ^{ns}
Erro	38	124,27	15,22	3,22	3284,78	1528,46
CV(%)	-	11,32	7,56	7,56	17,45	16,66

**significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV = coeficiente de variação.

Tabela 5. Resumo da análise de regressão para altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSA) e (MSR) massa seca da raiz de plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, com e sem cobertura do solo, Sumé - PB.

Ajuste	GL	Quadrado médio				
		AP (cm)	DC (cm)	AF (m ²)	MSA (g)	MSR (g)
Linear	1	2214,38*	1411,25**	0,825**	467413,66**	509141,57**
Quadrático	1	172,52 ^{ns}	150,81*	00,81*	29247,96*	1667,67 ^{ns}
Cúbico	1	28,49 ^{ns}	46,00 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	433,25 ^{ns}	769,66 ^{ns}
Erro	35	135,42	14,23	0,0023	3284,78	1930,59

QM = quadrado médio, GL = graus de liberdade, *significativo aos 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo.

utilizado já estava curtido, ou seja, em adiantado processo de decomposição, observou-se alta relação C/N, o que dificultou a mineralização. Para Lima et al. (2008), quando o material é espalhado na lavoura, o problema da relação C/N não é considerável. Mas, quando é utilizado em doses elevadas, como em hortas ou vasos, é preciso que, antes, ele seja submetido a um processo de compostagem, decomposição ou

mesmo misturado a outro material rico em N, com o objetivo de reduzir a relação C/N o que, no presente trabalho, parece não ter acontecido.

Analisando a Tabela 5 verifica-se ajuste linear para a relação entre as lâminas de irrigação e as características avaliadas. Embora o diâmetro caulinar, a área foliar e a massa seca da parte aérea tenham sido significativos para um ajuste quadrático, adotou-se o

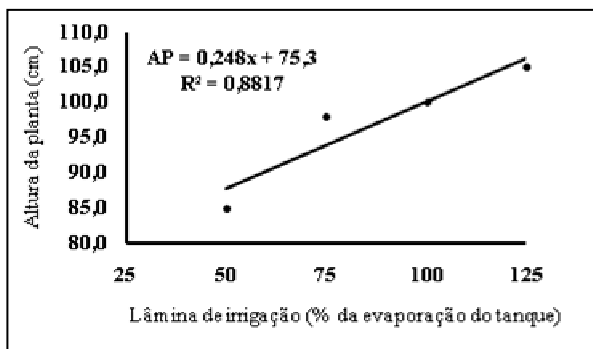


Figura 1. Altura do pinhão-manso aos 257 DAS (dias após a semeadura), em função das lâminas de irrigação (% da Evaporação do tanque) Sumé - PB.

polinômio de grau inferior, porém, de acordo com os fenômenos biológicos estudados.

O efeito significativo da água sobre a altura das plantas, aos 257 dias após semeadura, significou um incremento de 20 cm entre a maior e a menor lâmina de irrigação utilizada (Figura 1). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2011) que, estudando o pinhão-manso, encontrou efeito significativo das lâminas de água na variável altura da planta, em todos os períodos estudados, exceto aos 30 dias após o transplante, período inicial do crescimento do pinhão. Com base nessas informações o mesmo autor afirmou haver uma sensibilidade do pinhão-manso às condições de estresse hídrico.

Albuquerque et al. (2008) observaram que os menores valores médios da altura de plantas do pinhão-manso no período de 150 dias após o transplan-

te ocorreram quando submetidos ao menor nível de água disponível, corroborando também com o fato de que o pinhão-manso é exigente em água e não cresce bem em condições de déficit hídrico.

Na Tabela 6 apresenta-se uma comparação entre a altura da planta do pinhão obtida no solo sem e com cobertura plástica aos 257 dias após a semeadura, mostrando que a altura da planta no tratamento com cobertura do solo (104,50 cm) foi estatisticamente maior que a obtida no solo sem cobertura (97,02 cm).

A proteção do solo com cobertura plástica promove incrementos na produção das plantas, aumenta a água disponível no solo, fornece nutrientes essenciais às plantas, reduz a perda de água por evaporação, resultando em maior crescimento da parte aérea, sistema radicular na camada superficial e reduz a flutuação da temperatura na superfície do solo. Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com aqueles obtidos por Costa et al. (2008), que indicam que o uso da cobertura do solo proporcionou um aumento significativo da altura de plantas aos 180 dias após a germinação, encontrando, para o solo com cobertura, uma altura de 1,54 m comparada com os 1,21 m do solo sem cobertura.

Na Figura 2 observa-se que as lâminas de irrigação promoveram efeitos significativos no diâmetro caulinar. Em geral, o diâmetro aumentou com as lâminas de água, obtendo-se o maior diâmetro (5,60 cm) com a lâmina de 125 % da evaporação do tanque.

Tabela 6. Teste de Scheffé para o contraste de médias para altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSA) e (MSR) massa seca da raiz de plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica, com e sem cobertura do solo, Sumé - PB.

Tratamentos	Médias				
	AP (cm)	DC (cm)	AF (m ²)	MSA (g)	MSR (g)
Solo sem cobertura	97,02a	39,86a	5,30a	317,35a	241,03a
Solo com cobertura	104,50b	46,44a	7,26b	372,80b	285,35b

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scheffé a 5% de probabilidade.

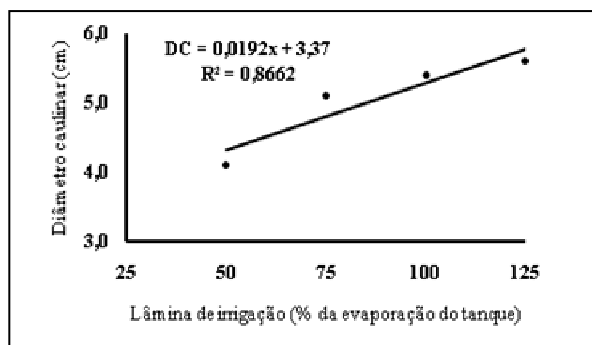


Figura 2. Diâmetro caulinar do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) aos 257 DAS (dias após a semeadura) em função das lâminas de irrigação (% da evaporação do tanque), Sumé - PB.

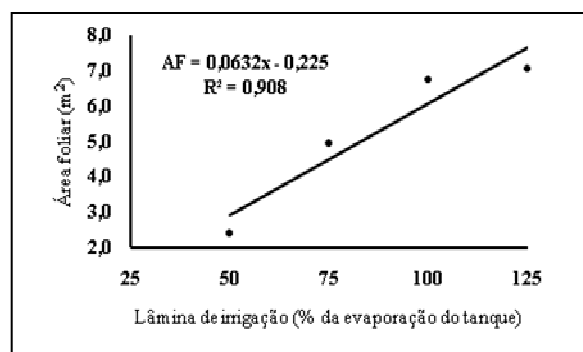


Figura 3. Área foliar do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) aos 257 DAS (dias após a semeadura), em função das lâminas de irrigação (% da evaporação do tanque), Sumé - PB.

Os resultados estão de acordo com os obtidos por Albuquerque et al. (2008) que, trabalhando com pinhão-manso, obtiveram resultados semelhantes, com efeito significativo de 5% de probabilidade para o ajuste linear do crescimento do diâmetro caulinar quando submetido a diferentes níveis de água disponível no solo.

Tal como observado para a altura da planta e para o diâmetro caulinar, constata-se, pela Tabela 3, que a área foliar foi influenciada, a 1% de probabilidade, pelas lâminas de irrigação. Esta significância é extensiva, também, para o fator cobertura do solo. A Figura 3 apresenta a área foliar (AF) do pinhão-manso aos 257 DAS em função das lâminas de irrigação. Pode-se observar que o aumento da umidade do solo ocasionou, aos 257 dias após a semeadura, o aumento da AF entre os tratamentos de água 50 e 125 de 2,42 para 7,08 m², ou seja, um incremento de aproximadamente 65% na área foliar. Openshaw (2000) relata que o pinhão-manso responde muito bem à irrigação, interferindo diretamente nas variáveis ou características do crescimento e na produção. Os processos de crescimento fisiológico das plantas, que são dependentes da turgescência dos tecidos, são particularmente sensíveis à redução da disponibilidade de água no solo. A área foliar apresenta alta susceptibilidade ao conteúdo de água do solo. Nesmith e Ritchie (1992) e Paez et al. (1995), demonstram que o aumento do conteúdo de água do solo aumenta significativamente a área foliar.

Pode-se observar, na Tabela 4, a superioridade da área foliar nos tratamentos com cobertura do solo. Lecoeur e Sinclair (1996) indicam que a elongação e a transpiração das folhas são seriamente afetadas quando a água disponível do solo é menor que 40%. Assim, é possível que no presente trabalho, nos vasos com solos cobertos, o conteúdo de água do solo não tenha sido menor do que este valor. Saturnino et al. (2005) indicam que o uso de cobertura morta contribuiu para diminuir o consumo de água de irrigação na cultura do pinhão-manso.

Constata-se aumento significativo de ambas as massas secas (parte aérea e raízes) com a lâmina de irrigação, obtendo-se a maior quantidade de massa seca com a maior aplicação de água (125 % da evaporação do tanque), 424,82 e 371,22 gramas para a parte aérea e radicular, respectivamente. Barros Júnior et al. (2008), constataram que a produção de matéria seca de mamona foi afetada linearmente pelas lâminas de irrigação, quando o conteúdo de água no solo se manteve nos níveis de 60 e 40% de água disponível. Produções muito baixas foram obtidas quando comparadas com os tratamentos com 100% de água disponível.

Observa-se, na Figura 4, que para cada centésimo de reposição da evaporação tem-se um acréscimo de aproximadamente 104 g de massa seca da parte aérea. Sahoo et al. (2009) indicam que a disponibilidade de água no solo elevou, de forma linear, a massa seca da planta, de modo que, com o maior

nível de água disponível no solo, obtiveram os maiores valores de massa seca. Na Figura 5 constata-se o mesmo efeito linear na massa seca da raiz com incremento de 14,9 g para cada centésimo de reposição da evaporação. Assim, por este benefício apresentado pelos níveis mais elevados de reposição da água, ocorre um ambiente melhor para o crescimento e desenvolvimento das raízes e, em contrapartida, da parte aérea do pinhão-manso. Trabalhando com irrigação, Roscoe et al. (2007) observaram incremento na produção de massa seca, tanto da parte aérea como do sistema radicular.

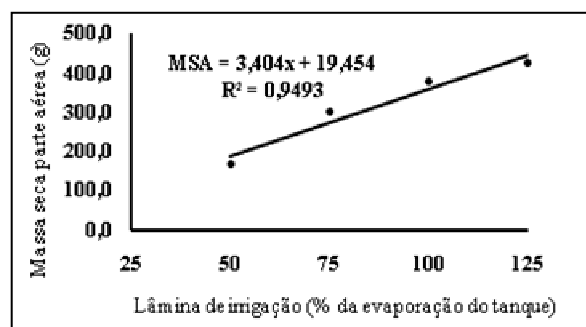


Figura 4. Massa seca da parte aérea do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) 257 DAS (dias após a semeadura), em função das lâminas de irrigação (% da evaporação do tanque), Sumé - PB.

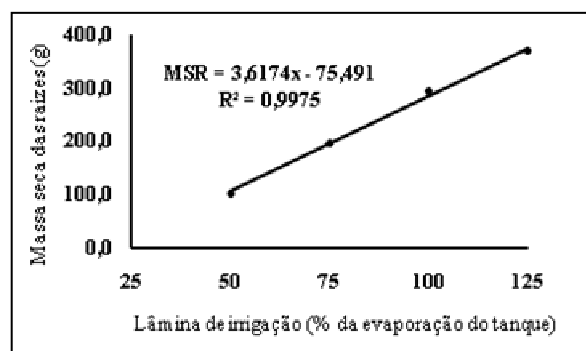


Figura 5. Massa seca das raízes do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) 257 DAS (dias após a semeadura), em função das lâminas de irrigação (% da evaporação do tanque), Sumé - PB.

A média da massa seca no solo protegido com cobertura plástica foi de 372,80 e 285,35g planta⁻¹, para a massa seca da parte aérea e das raízes, respectivamente, representando acréscimos de 14,8 e 15,6%, quando se compara a produção de massa seca em solo sem cobertura (Tabela 4). Conforme Araújo (2010) e Costa e Lima (2010), essas observações caracterizaram os aspectos positivos e a importância do uso de proteção de solo como manejo para melhorar o desenvolvimento da espécie vegetal.

CONCLUSÕES

O aumento do conteúdo de água, por meio

das lâminas de irrigação, ocasiona alterações significativas nos processos fisiológicos essenciais ao crescimento da cultura do pinhão-manso cultivado em casa de vegetação;

Não há diferença significativa entre os tratamentos de doses de esterco bovino estudados nem nos contratos que avaliam as condições do solo coberto e sem cobertura, submetidos a distintos níveis da adubação orgânica;

A cobertura plástica colocada na superfície do solo caracteriza-se como fator de alta eficiência no manejo do solo para todas as variáveis avaliadas, com destaque para a área foliar da planta.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, W. G. et al. Avaliação do crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 68-73, 2009.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. S. **Eva-potranspiración del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).
- BARROS JUNIOR, 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**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 350-355, 2008.
- BIOFUELS: no magic bul et for EU. 2005. Disponível em: <<http://www.stockholm-network.org/downloads/media/8f2df869-Petroleum%20Economist%20ugust%202005.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2009.
- CHAGAS, P. D. Esperança Nacional. **Revista do Biodieselbr**, Curitiba, ano 1, n. 5, p. 24-34, jun. 2008.
- COSTA, D. M. A.; LIMA, M. P. Produtividade do amaranto (*amaranthus* spp.) sob adubação orgânica. **Bioscience Jornal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 683-691, 2010.
- COSTA, D. M. A. et al. Conteúdo de N, P, K+, Ca2+ e Mg2+ no amaranto (*Amaranthus spp*) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 209-216, 2008.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- JATROPHA. **The Jatropha System**. Disponível em: <<http://www.jatropha.de/>>. Acesso em: 16 out. 2009.
- KÖPPEN. W. Dasa geographi SC system der klimate. In: KÖPPEN. W., GEIGER, R. **Handbuch der klimatologia**. Berlim: Gerdrulier Borntraeger, v. 1. part. c, p. 1-40. 1936.
- LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, v. 36, n. 2, p. 331-335, 1996.
- LIMA, R. de L. S. et al. Crescimento de mudas de pinhão manso em substrato contendo composto de lixo urbano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 167-172, 2011.
- NASCIMENTO, S. S.; ALVES, J. J. A. Ecoclimatologia do cariri paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 28-41, 2008.
- NATURE. **The little shrub that could**: maybe. 2007. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature>>. Acesso em: 24 nov. 2009.
- NESMITH, D. S.; RITCHIE, J. T. Short - and long - term responses of corn to a preanthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 1, p. 107-113, 1992.
- NOVAIS R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-255.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 4, p. 1-15, 2000.
- PAEZ, A. et al. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, v. 87, n. 4, p. 698-706, 1995.
- RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehalitación de suelos salinos y sódicos**. Mexico: Limusa. 1974. 172 p.
- ROSCOE, R. Biodiesel, esperança nacional. **Revista Biodieselbr**, Curitiba, v. 1, n. 5, p. 24-33. jun./jul. 2008.
- ROSCOE, R.; RICHETTI, A.; MARANHO, E. Análise de viabilidade técnica de oleaginosas para produção de biodiesel em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 16, n.1, p. 48-59, 2007.
- SAHOO, P. K. et al. **Comparative evaluation of**

performance and emission characteristics of jatropha, karanja and prolanga base biodiesel as fuel in a tractor engine. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/fuel>>. Acesso em: 20 out. 2009.

SATURNINO, H. M. et al. Produção de oleaginosas para biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-74, 2005

SEVERINO, L. S. et al. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006.

SILVA, M. B. R. et al. Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 6, p. 621-629, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.