



Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L.

Influence of light intensity on the development of seedlings *Jatropha curcas* L.

Fábio Santos Matos¹, Israel Gamboa¹, Ricardo Pires Ribeiro¹, Mateus Luiz Mayer¹, Tárík Galvão Neves¹, Bruna Rezende Lima Leonardo¹, Andreyb Cândido de Souza¹

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade de Ipameri-GO, Laboratório de Fisiologia Vegetal, Rodovia: GO 330, Km 241 Anel Viário s/n, Ipameri-GO, CEP: 75780-000, E-mail: fabio.agronomia@hotmail.com

Recebido em: 13/08/2011

Aceito em: 21/09/2011

Resumo. Objetivou-se identificar, por meio de parâmetros fisiológicos, o adequado ambiente luminoso para produção de mudas de *Jatropha curcas* L, avaliando a plasticidade da planta às variações da disponibilidade de luz. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos (plantas cultivadas a pleno sol interceptando 100 % da radiação solar “T₁”, plantas em sombrite interceptando 50 % da radiação solar “T₂” e plantas cultivadas em sombrite interceptando 25 % da radiação solar “T₃”) e cinco repetições. Aos 50 dias após emergência foram analisadas as seguintes variáveis: biomassa total, razão de massa radicular, razão de massa caulinar, razão de massa foliar, razão massa seca da folha/sistema radicular, razão parte aérea/sistema radicular, área foliar específica, teor relativo de água, altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule, concentrações de clorofilas e carotenóides, razão clorofila/carotenóide e índice de plasticidade fenotípica para todas as variáveis. As mudas desenvolvidas a pleno sol apresentaram-se mais vigorosas e com maior número de folhas, sistema radicular robusto e elevada biomassa total. As plantas produzidas nesta condição são as mais indicadas para plantio a campo.

Palavras-chave. Crescimento, luz, vigor.

Abstract. The objective was to identify physiological parameters through the appropriate ambient light to produce seedlings of *Jatropha curcas* L, evaluating the plasticity of the plant to changes in available light. The experimental design was completely randomized with three treatments (plants grown in full sun intercepting the solar radiation 100 % "T₁", intercepting shade plants in 50 % of solar radiation "T₂" and intercepting shade plants grown in 25 % of the radiation solar "T₃") and five replications. At 50 days after emergence were assessed the following variables: total biomass, root mass ratio, stem mass ratio, leaf weight ratio, ratio of leaf dry mass /root system, shoot ratio/root system, specific leaf area, relative water content, plant height, leaf number, stem diameter, chlorophyll and carotenoid concentrations, ratio of chlorophyll / carotenoid and phenotypic plasticity index for all variables. The seedlings developed in full sun were more vigorous and with larger leaves, robust root system and high total biomass. The plants produced in this condition are suitable for planting in the field.

Keywords. Force, growth, light.

Introdução

O incremento dos níveis dos gases de efeito estufa, notadamente dióxido de carbono (CO₂), na atmosfera terrestre tem intensificado a busca por combustíveis renováveis, tipo biodiesel, visando reduzir o consumo de combustíveis fósseis (Matos et al., 2009).

Atualmente, as principais matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel no Brasil são soja, sebo bovino e algodão, com contribuições de

75 %, 20,5 % e 2,4 %, respectivamente, sendo os outros materiais graxos responsáveis por apenas 1,8 % da produção (ANP, 2011). Existe a necessidade, portanto, de diversificar a produção de matéria prima para produção de biodiesel por meio da introdução de espécies promissoras como *Jatropha curcas* L..

A espécie *J. curcas* (Euphorbiaceae) é uma oleaginosa, conhecida popularmente como pinhão manso. É uma planta de grande potencial



econômico, sobretudo por suas sementes constituírem matéria-prima para a produção de óleo para biodiesel. Esta característica tem contribuído para o aumento da exploração comercial desta cultura. Trata-se de um arbusto de desenvolvimento rápido, podendo iniciar sua produção já no sétimo mês de plantio, permanecendo produtiva por aproximadamente 40 anos. Seu clímax produtivo ocorre a partir do quarto ano de campo (Dias et al., 2007).

O pinhão manso, por ser uma planta desprovida de melhoramento genético, apresenta significativa desuniformidade quanto a crescimento, arquitetura, desenvolvimento e produção. Outro aspecto que compromete o desenvolvimento da cultura é a irregularidade na germinação das sementes, o que provoca um estande desuniforme, forçando, às vezes, o replantio (Albuquerque et al., 2009).

Os plantios comerciais de pinhão-manso no Brasil ainda estão ocorrendo de forma tímida em função do baixo conhecimento científico. Com o desenvolvimento de novas pesquisas, espera-se que a cultura deixe de ser potencial e passe a ser efetivamente uma matéria-prima para o mercado de biodiesel (Andréo-Souza et al., 2010). Segundo Maes et al. (2009), existem duas grandes preocupações quanto ao cultivo de *J. curcas*: i) a pouca informação sobre os aspectos agrônômicos básicos da cultura, como produção de mudas, e ii) trata-se de uma espécie silvestre, com quase nenhum grau de melhoramento. Na realidade, pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia da espécie. Não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação (Beltrão, 2006). Entretanto, com a possibilidade de uso do óleo de *J. curcas* para a produção do biodiesel, novas e amplas perspectivas se abrem para o aumento das áreas de plantio.

A análise fisiológica das plantas em estágio inicial auxilia a identificação de materiais promissores com elevado potencial de produção. O êxito esperado das plantações depende, em grande parte, da qualidade das mudas utilizadas e esta, por sua vez, é dependente da escolha acertada da densidade de plantio e disponibilidade de luz. Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também, por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades, qualidade

espectral e estado de polarização. Dessa forma, modificações nos níveis de luminosidade ao qual uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Atroch et al., 2001). O desempenho fotossintético das plantas deve ser, pois, maximizado, mediante modificações morfológicas e fisiológicas ao ambiente luminoso (Poorter, 2001). A plasticidade morfo-fisiológica dos vegetais é dependente do ambiente em que ocorreu a evolução da espécie (Niinemets, 2007).

A fase de implantação da cultura é, sem dúvida, a mais onerosa na produção vegetal. Em plantas perenes esta fase é mais custosa e importante porque ocorre a produção de mudas e as plantas continuam em campo durante vários anos. Dessa forma, a obtenção de plantas robustas associadas a técnicas adequadas de manejo contribui para alcançar plantios uniformes com maiores produtividades. Este trabalho foi conduzido com o objetivo identificar por meio de índices fisiológicos um adequado ambiente luminoso para produção de mudas de *Jatropha curcas* L, avaliando a plasticidade da planta às variações da disponibilidade de luz.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido entre junho e agosto de 2011 no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 09' 35" W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás. Esta região possui clima Aw, de acordo com a classificação de Köppen. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (plantas cultivada à pleno sol interceptando 100 % da radiação solar "T₁", plantas em sombrite interceptando 50 % da radiação solar "T₂" e plantas cultivadas em sombrite interceptando 25 % da radiação solar "T₃") e cinco repetições. Sementes de acessos silvestres de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) encontrados naturalmente no estado de Goiás foram semeadas em sacos de polietileno de 20 x 30 cm contendo latossolo vermelho-amarelo, areia e esterco na proporção de 3: 1: 0,5 respectivamente. Após análise da composição da mistura, realizou-se a adubação e correção do pH do solo de acordo com recomendações técnicas para a cultura (Dias et al., 2007). As parcelas foram irrigadas diariamente de modo a manter o substrato na capacidade de campo. A temperatura foi monitorada diariamente utilizando



termômetro digital. Os dados de temperatura representam a média de 10 dias. As análises foram realizadas 50 dias após a germinação.

Variáveis de crescimento

O número de folhas, comprimento e diâmetro do caule foram mensurados entre 8 e 10 horas da manhã. Folhas, raízes e caules foram destacados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa seca constante e em seguida pesados separadamente. Com os dados de massa seca calculou-se a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), razão entre massa seca da folha/ sistema radicular (F/SR) e biomassa total.

Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos foram retirados dois discos foliares de 0,6 cm de diâmetro de folhas totalmente (localizadas no terceiro par) e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente foi feita extração em banho-maria à 65 °C por uma hora. Aliquotas foram retiradas para leitura espectrofotométrica a 490, 646 e 663 nm. O conteúdo de clorofila *a* (Cl *a*), de clorofila *b* (Cl *b*) e carotenóides (Car) foram determinados seguindo a equação proposta por Wellburn (1994).

Teor relativo de água na folha

Para obtenção do teor relativo de água foram retirados seis discos foliares de 1,2 cm de diâmetro de folhas totalmente expandidas, pesados e colocados por quatro horas para saturar em placas de petri com água destilada. Em seguida, os discos foram novamente pesados e colocados para secar à temperatura de 70 °C por 72 horas, sendo posteriormente obtido o peso seco em gramas.

Área Foliar Específica (AFE)

Para obtenção da AFE, seis discos de 14 mm de diâmetro foram coletados de cada folha totalmente expandida, secos em estufa a 70 °C por 72 h, quando sua massa foi determinada (Equação 1).

$$AFE(m^2 kg^{-1}) = \frac{\text{área foliar dos discos}(m^2)}{\text{massa seca}(kg)} \quad Eq. 1$$

Índice de plasticidade fenotípica (IPF)

Calculou-se o IPF associado com os parâmetros fisiológicos. Esse índice que varia de 0 a 1, foi calculado baseado na distância relativa (RD) entre os valores dos tratamentos (RDPI), de acordo com Valladares et al. (2006). Para o cálculo do RDPI utilizou-se a Equação 2:

$$RDPI = \sum(d_{ij} \rightarrow i'j') / (x_{i'j'} + x_{ij}) / n \quad Eq. 2$$

Em que *i*, *j*, *n* referem-se aos tratamentos, repetições e número total de repetições respectivamente. $d_{ij} \rightarrow i'j'$ é a distância relativa entre os tratamentos com os valores das repetições tomados aos pares com *i* diferente de *i'* (dois tratamentos submetidos a diferentes níveis de irradiância) e valor absoluto obtido pela diferença $x_{i'j'} - x_{ij}$. Portanto, a distancia relativa, $rd_{ij} \rightarrow i'j'$ é definida como $d_{ij} \rightarrow i'j' / (x_{i'j'} + x_{ij})$ para todos os pares de repetições dos tratamentos associados aos diferentes níveis de irradiância.

Delineamento experimental e procedimentos estatísticos

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. Diferenças entre as médias dos tratamentos foram analisadas pelo teste de Newman-Keuls a 5 % de probabilidade e para o índice de plasticidade fenotípica utilizou-se do teste de Scott-Knott, também a 5 % de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS.

Resultados e Discussão

Dados meteorológicos

As temperaturas máximas e mínimas apresentaram pequena variação, ficando na faixa de 29-30 °C e 12-14 °C, respectivamente, e a amplitude térmica foi, aproximadamente, 15-17 °C (Figura 1).

Variáveis de crescimento

O diâmetro do caule foi, em média, 45 % menor em T₃ quando comparado a T₁ (Tabela 1). O número de folhas foi, em média, 33 % maior em T₁ quando comparado à média dos tratamentos T₂ e T₃. A altura das plantas e o teor relativo de água não diferiram significativamente entre os tratamentos. A biomassa total foi, em média, 70 % menor em T₃ quando comparada com a média de T₂ e T₁ (Tabela 2)

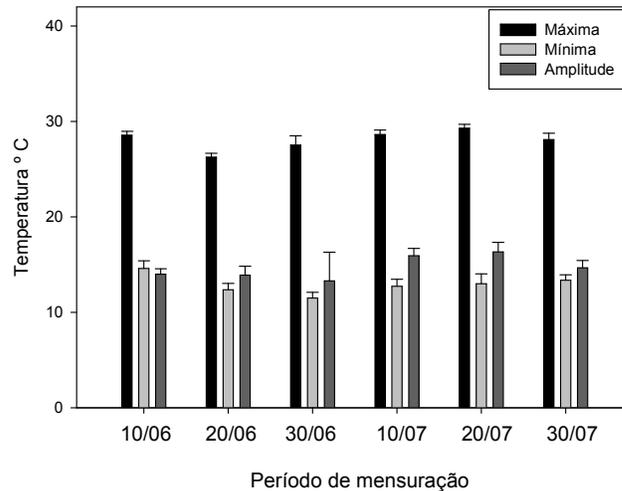


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e amplitude térmica durante os 50 dias de avaliações.

Tabela 1. Altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e teor relativo de água na folha (TRA) de mudas de pinhão manso sob diferentes intensidades luminosas. Mudas desenvolvidas a pleno sol (T₁), mudas desenvolvidas em sombrite com 50 % de atenuação da radiação solar (T₂) e mudas desenvolvidas em sombrite com 75 % de atenuação da radiação solar (T₃).

Parâmetros	Dias após início do experimento		
	T ₁	T ₂	T ₃
Altura da planta (cm)	14,6 ± 0,52 ^A	16,20 ± 0,56 ^A	15,86 ± 1,03 ^A
Diâmetro do caule (cm)	1,44 ± 0,05 ^A	1,30 ± 0,06 ^A	0,78 ± 0,05 ^B
Número de folhas	12 ± 0,49 ^A	9,6 ± 0,24 ^B	6,6 ± 0,40 ^C
TRA (%)	83,3 ± 0,07 ^A	83,3 ± 0,09 ^A	81,4 ± 0,05 ^A

* Valores representam a média ± erro-padrão (n=5). Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada linha não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Newman-Keuls.

Tabela 2. Biomassa total, razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF), razão parte aérea/ sistema radicular (PA/SR) e razão entre o peso das folhas/ sistema radicular (F/SR) de mudas de pinhão manso sob diferentes intensidades luminosas.

Parâmetros	Dias após início do experimento		
	T ₁	T ₂	T ₃
Biomassa (g)	10,19 ± 0,80 ^A	7,14 ± 0,82 ^B	2,65 ± 0,50 ^C
RMR	0,19 ± 0,01 ^A	0,18 ± 0,01 ^A	0,16 ± 0,01 ^A
RMC	0,61 ± 0,01 ^A	0,59 ± 0,03 ^A	0,49 ± 0,02 ^B
RMF	0,20 ± 0,01 ^B	0,23 ± 0,03 ^B	0,37 ± 0,02 ^A
PA/SR	4,20 ± 0,15 ^B	4,79 ± 0,38 ^B	5,38 ± 0,48 ^A
F/SR	1,04 ± 0,05 ^B	1,34 ± 0,16 ^B	2,39 ± 0,29 ^A

* Valores representam a média ± erro-padrão (n=5). Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Newman-Keuls.



Tabela 3. Concentrações foliares de clorofilas (Cl) totais (a+ b) em massa seca (MS), carotenóides totais (Car), razão Cl/Car e área foliar específica (AFE) de folhas de pinhão manso sob diferentes intensidades luminosas.

Parâmetros	Dias após início do experimento		
	T ₁	T ₂	T ₃
Cl (a+b) g kg ⁻¹ MS	2,59 ± 0,13 ^B	3,61 ± 0,19 ^A	2,90 ± 0,08 ^B
Car, g kg ⁻¹ MS	0,50 ± 0,05 ^A	0,41 ± 0,04 ^A	0,37 ± 0,04 ^A
Cl/Car	5,18 ± 0,71 ^B	6,37 ± 0,47 ^B	7,84 ± 0,38 ^{AB}
AFE	84,33 ± 8,55 ^A	81,51 ± 3,33 ^A	84,52 ± 4,38 ^A

* Valores representam a média ± erro-padrão (n=5). Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Newman-Keuls.

Tabela 4. Índice de plasticidade fenotípica dos caracteres avaliados: Altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF), razão parte aérea/ sistema radicular (PA/SR), teor relativo de água (TRA) Biomassa total, razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF), razão parte aérea/ sistema radicular (PA/SR), razão entre o peso das folhas/ sistema radicular (F/SR), concentrações foliares de clorofilas (Cl) totais (a+ b), carotenóides totais (Car), razões Cl a/ Cl b (Cl a/b), Cl/Car e área foliar específica (AFE) de plantas de Jatropha curcas L. sob a diferentes intensidades luminosas. Mudanças desenvolvidas a pleno sol (T₁), mudas desenvolvidas em sombrite com 50% de atenuação da radiação solar (T₂) e mudas desenvolvidas em sombrite com 75% de atenuação da radiação solar (T₃).

Biomassa total	0,43 ^a
Altura da planta	0,067 ^d
Diâmetro do caule	0,21 ^b
Número de folhas	0,20 ^b
RMR	0,095 ^c
RMC	0,11 ^c
RMF	0,23 ^b
PA/SR	0,12 ^c
F/SR	0,25 ^b
Caroteno	0,14 ^c
Cl totais	0,11 ^c
Cl/ Carotenos	0,10 ^c
TRA	0,093 ^c
AFE	0,093 ^c

Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

A razão de massa radicular não diferiu entre os tratamentos, no entanto, a razão de massa caulinar e razão de massa foliar diferiram estatisticamente entre os tratamentos. A razão de massa caulinar foi, em média, 19 % menor em T₃ quando comparada à média de T₁ e T₂. A razão de massa foliar foi, em média, 42 % maior em T₃ em relação à média de T₁ e T₂. As razões, parte aérea /sistema radicular e folhas/sistema radicular foram maiores em T₃

quando comparadas aos demais tratamentos. Em média, a razão entre a parte aérea e o sistema radicular foi 23 % maior em T₃ quando comparada à média de T₁ e T₂. A razão entre o peso seco das folhas e o peso seco do sistema radicular foi, em média, 50 % maior em T₃ quando comparada à média de T₁ e T₂.



AFE e pigmentos fotossintéticos

A área foliar específica e a concentração de carotenóides não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 3). A concentração de clorofilas totais foi, em média, 32 % maior em T₂ quando comparada à média de T₁ e T₃. A razão entre clorofilas e carotenóides foi, em média, 34 % maior em T₃ quando comparada com T₁.

Índice de plasticidade fenotípica

O índice de plasticidade fenotípica da biomassa total apresentou o maior valor (~0,43), enquanto a altura da planta apresentou o menor IPF (~0,067). O IPF da RMF foi, em média, 55 % maior que a média do índice da RMR e RMC (Tabela 4). O número de folhas e o diâmetro do caule apresentaram o IPF 73% superior ao IPF da altura da planta. De maneira geral, os pigmentos fotossintéticos tiveram IPF semelhantes, não diferindo estatisticamente.

Por se tratar de uma cultura perene, a mensuração da produtividade demanda tempo, devido ao longo período para estabilizar a produção (quatro anos). A avaliação da planta em estágio inicial de crescimento constitui ferramenta eficiente na identificação de materiais promissores, além de identificar características que, no crescimento inicial, indiquem possibilidade de aumento no rendimento da planta adulta. Como um todo, os resultados demonstram que as mudas produzidas a pleno sol são fisiologicamente vigorosas, com alto acúmulo de biomassa.

Independentemente da disponibilidade de luz, as plantas comportaram-se de forma semelhante quanto ao teor relativo de água, altura de planta, concentração de carotenóides e área foliar específica. Folhas desenvolvidas sob diferentes níveis de luminosidade apresentam variações na espessura total (Matos et al., 2009). O curto período de exposição das mudas (50 dias) ao gradiente luminoso não foi suficiente para desencadear significativas alterações na lamina foliar e área foliar específica. Em geral, as plantas desenvolvem “folhas de sol” e “de sombra”, quando aclimatadas a diferentes níveis de luminosidade. Área foliar específica, espessura da cutícula, densidade estomática, cloroplastos com menos ou mais *grana* e menos ou mais tilacóides por *granum*, são algumas das características que variam em resposta à irradiância (Fahl et al., 1994; Brant et al., 2010).

O tempo de exposição a variação da irradiância foi suficiente para ocorrer diferenças no

acúmulo de biomassa nas plantas. As plantas expostas a luz (T₁) apresentaram maior acúmulo e equilíbrio na partição de biomassa, uma vez que, o percentual de biomassa particionado para o sistema radicular e folhagem foi semelhante, originando plantas vigorosas com sistema radicular robusto, capaz de absorver água e nutrientes suficientes para atender a demanda da parte aérea, principalmente da folhagem. O elevado crescimento e desenvolvimento do caule nas plantas expostas é representado pela elevada RMC e diâmetro. O sistema vascular desenvolvido é importante para transportar água e nutrientes em magnitude adequada para atender a necessidade do grande número de folhas. A maior biomassa está relacionada com a maior atividade fotossintética nestas folhas, ao longo do tempo. Os resultados em conjunto, demonstram que as mudas de *J. curcas* desenvolvidas a pleno sol, apresentam características fisiologicamente desejáveis, como maior acúmulo e equilíbrio na partição de assimilados, o que corrobora com a origem da espécie em ambiente de elevada irradiância, supostamente regiões semi-áridas (Basha et al., 2009).

Os maiores valores das razões PA/SR e F/SR em T₃ indicam um descompasso na partição de biomassa. As plantas referentes a esse tratamento particionou alto percentual de biomassa para a folhagem e baixo para o sistema radicular, no entanto, apesar do elevado investimento em folhagem, o número de folhas em T₃ foi aproximadamente a metade do tratamento T₁. O pequeno desenvolvimento do sistema radicular pode determinar o insucesso da muda na transferência para o campo. A pequena diferença na concentração de pigmentos fotossintéticos entre os tratamentos estão relacionadas com o pouco tempo de exposição ao gradiente de luz. Segundo Matos et al. (2009) folhas desenvolvidas em ambiente sombreado apresentam maior concentração de clorofilas totais e menor concentração de carotenóides por unidade de massa foliar. As mudas submetidas a 50 % de iluminação (T₂) comportaram-se de forma intermediária quanto aos parâmetros fisiológicos, inclusive com características semelhantes ao tratamento T₁. A pouca semelhança entre estes tratamentos não justifica o investimento em estruturas de atenuação da radiação para produção de mudas, no entanto, a pequena semelhança existente entre as plantas de T₁ e T₂ pode ser um indício da possibilidade de utilização do pinhão manso em sistema consorciado (Matos et al., 2009).



A plasticidade fenotípica é definida como a habilidade de um organismo ajustar sua performance, alterando sua morfologia e/ou fisiologia em resposta a variação nas condições de ambiente (Gratani et al., 2006). A plasticidade fenotípica pode contribuir para a sobrevivência de espécies em ambientes heterogêneos, trata-se de uma visão ecológica relacionada com a capacidade do genótipo apresentar diferentes fenótipos em resposta à mudança do ambiente (Valladares et al., 2006). É possível determinada espécie ajustar-se ao novo ambiente produzindo sementes suficientes para perpetuação e sobrevivência da espécie e insuficientes para produção comercial. O pinhão manso evidenciou alta plasticidade fenotípica em resposta à redução da irradiância. Sugere-se que o pinhão manso, planta oriunda de ambiente tropical, possui relativamente alta plasticidade fenotípica em resposta a variação da irradiância. Em condição de baixa irradiância, a planta apresenta baixo acúmulo de biomassa e variação na partição de assimilados.

Conclusões

As mudas desenvolvidas a pleno sol apresentaram folhagem vigorosa e sistema radicular robusto.

O sistema de produção de mudas a pleno sol é o mais indicado.

O pinhão manso apresenta alta plasticidade fenotípica em resposta à variação da irradiância.

Agradecimentos

A Universidade Estadual de Goiás.

Referências

ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.83-92, 2010.

ANP (2011) Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/id=472>> Acesso em: 22 de março de 2011.

ALBUQUERQUE, F. A.; CASTRO, N. H. A.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; S. L.; FREIRE, M. A. O.; e SAMPAIO, L. R. Análise de crescimento inicial do *Jatropha curcas* em

condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.13, n.3, p.99-106, 2009.

ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.853-862, 2001.

BELTRÃO, N. E. M. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições Brasileiras. Campina Grande: **EMBRAPA**, p.1-4, 2006.

BASHA, S.D.; FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SUJATHA, M. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. **Plant Science**, v.176, p.812-823, 2009.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSAL, L. F.; CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, C.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Características fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* cultivadas sob diferentes condições de luminosidade. **Magistra**, v. 22, n. 3,4 p. 146-152, 2010.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. 1 ed. Viçosa: **LAS Dias.**, p.40, 2007.

FAHL, J. I.; CARELLI, M.L.C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A.C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v.69, p.161-169, 1994.

GRATANI, L.; COVONE, F.; LARCHER, W. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees**, v.20, p.549-558, 2006.

MAES, W. H.; TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; MUYS, B. Climatic growing conditions of



Jatropha curcas L. **Biomass and bioenergy** , v.33, p.1481-1485, 2009.

MATOS, F. S.; MOREIRA, C. V.; MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. S. Caracterização fisiológica de mudas de *Jatropha curcas* L. produzidas em diferentes níveis de irradiância. **Revista Colombiana De Ciências Horticolas** - v. 3, n.1, p. 126-134, 2009.

MATOS, F, S.; WOLFGRAMM, R.; GONÇALVES, F. V.; CAVATTE, P. C.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, p. 421-427, 2009.

NIINEMETS, U. Photosynthesis and resource distribution through plant canopies. **Plant, Cell and Environment**, v.30, p.1052-1071, 2007.

POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. **Functional Ecology**, v.15, p.113-123, 2001.

VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMEZ, D.; ZAVALA, M.A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v.94, p.1103-1116, 2006.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, p.307-313, 1994.