

Métodos de propagação do pinhão-mansô (*Jatropha curcas*)

Micheli Angélica Horbach^{1*} Ubirajara Contro Malavasi¹ Marlene de Matos Malavasi¹ Michelle Cristina Ajala¹
Paulo Ricardo Lima¹ Deisnara Giane Schulz¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon-PR, Brasil.

* Author for correspondence: micheliorbach@yahoo.com.br

Received: 12 November 2013 / Accepted: 21 December 2013 / Published: 21 March 2014

Resumo

Jatropha curcas L. (pinhão-mansô) é uma espécie cultivada em diversas regiões do Brasil, com potencial de uso para cerca viva, fins medicinais e biocombustíveis. O pinhão-mansô também apresenta boa capacidade para utilização em áreas degradadas. Nos últimos anos muitas pesquisas têm sido realizadas para aperfeiçoar o cultivo da espécie visando, principalmente, suprir o mercado para a produção de biodiesel. Entretanto, ainda faltam informações sobre o processo de propagação clonal e manejo da espécie, principalmente com a seleção de indivíduos superiores, pois grande parte dos plantios ainda é realizada com material de origem seminal. Neste contexto, buscou-se identificar trabalhos conduzidos com a espécie, considerando-se as técnicas de propagação e cultivo utilizadas para a produção de mudas, visando à melhoria dos plantios comerciais, com a seleção do método de estabelecimento adequado. Assim, a seleção do método para a produção de mudas de pinhão-mansô irá depender das características do material vegetal, do ambiente de cultivo e da finalidade do plantio. Mais estudos são necessários, considerando-se o melhoramento genético e a multiplicação da espécie no manejo de indivíduos superiores para a melhoria da qualidade dos plantios.

Palavras-chave: Produção de mudas; Estaquia; Micropropagação; Clonagem.

Propagation methods for physic nut (*Jatropha curcas*)

Abstract

Jatropha curcas L. (pinhão-mansô) is well adapted to various regions in Brazil with potential for use in hedges, as a medicinal plant, and in biofuel production. Physic nut also has good capacity for revegetating degraded areas. In recent years, many studies have been conducted to improve the cultivation of the species, aiming mainly to supply the market of biodiesel production. However, there is still lack of information about clonal propagation and management of the species, especially with the selection of superior individuals, since most plantations are still performed with seedlings produced from seeds. In this context, this study proposed to identify studies on physic nut considering the propagation and cultivation techniques used for seedling production, aiming at the improvement of commercial plantation species by selecting the appropriate method of establishment. Thus, the method for the production of physic nut seedlings depends on the characteristics of plant material, cultivation environment and the purpose of planting. More studies are required, taking into account plant breeding and multiplication of the species in the management of superior individuals to improve the quality of crops.

Key words: Seedling production; Cutting; Micropropagation; Cloning.

Introdução

Jatropha curcas L. ou pinhão-mansô, pertencente a família das Euphorbiaceae, é uma espécie resistente à seca, que têm sua área de distribuição natural em parte da América tropical e apresenta adequado desenvolvimento em partes da Ásia e África (Heller 1996; Openshaw 2000; Jongschaap et al. 2007). As sementes de pinhão-mansô apresentam alto conteúdo de óleo, obtendo considerável importância como matéria-prima potencial para a produção de biodiesel (Abhilash et al. 2011), particularmente devido a possibilidade de cultivo em terras secas e/ou marginais (Pandey et al. 2012) podendo, inclusive, ser aproveitado para a recuperação de áreas degradadas (Zahawi 2005).

Adicionalmente, a espécie apresenta potencial para ser utilizada no controle da erosão, como cerca viva e planta medicinal (Heller 1996; Openshaw 2000), podendo servir como repelente para pequenos e grandes animais, devido à presença do látex na planta (Drumond et al. 2008). No entanto, ainda é uma planta cujas propriedades agrônômicas não são totalmente conhecidas e os efeitos ambientais não foram completamente elucidados (Achten et al. 2008).

O pinhão-mansô é conhecido por ter ampla adaptabilidade e multiplicidade de usos. Ainda assim, o seu potencial está longe de ser alcançado, pois variedades melhoradas e com características desejáveis para as condições de cultivo não estão disponíveis para a comercialização (Divakara et al. 2010). Ademais, ao se estabelecer uma cultura de pinhão mansô, a taxa de sobrevivência pode ser influenciada pela escolha do método de cultivo (Heller 1996).

Os principais métodos para a produção de mudas de pinhão-mansô são por semeadura direta, plantio de mudas originadas de sementes ou por propagação assexuada (Openshaw 2000). Em plantios comerciais de pinhão-mansô, geralmente as mudas são oriundas de material de origem seminal (Pandey et al. 2012). Entretanto, mudas de pinhão-mansô produzidas por sementes apresentam variações quanto às características fenotípicas devido ao desenvolvimento da espécie em uma vasta gama de condições climáticas, com diferenças marcantes na pressão de seleção (Ginwal et al. 2005).

Para melhorar o rendimento da produção de pinhão-mansô, algumas práticas agrônômicas podem ser aplicadas, como a multiplicação massal de germoplasma superior por micro ou macropropagação (Pandey et al. 2012). Desse modo, características podem ser direcionadas para a melhoria da cultura, em termos de produtividade de grãos, teor de óleo, toxicidade da semente e resistência a pragas e doenças (Abhilash et al. 2011).

Neste trabalho são abordados os diferentes métodos de propagação utilizados para o cultivo do pinhão-mansô. As informações foram obtidas da literatura de acordo com as técnicas de propagação utilizadas: (i) propagação sexuada, (ii) macropropagação e (iii) micropropagação.

Propagação sexuada

A produção de mudas por meio de sementes é o método mais utilizado para a propagação de pinhão-mansão. Muitas espécies são propagadas por sementes, pela facilidade do manejo, pouca necessidade de estrutura e pelo adequado desenvolvimento do sistema radicular. Entretanto, a propagação sexuada envolve cuidados no manejo das condições de germinação e o conhecimento das necessidades individuais de cada espécie (Hartmann et al. 2011).

O pinhão-mansão é uma espécie monóica que apresenta protândria, com flores unissexuais, ocasionalmente hermafroditas. A proporção de flores masculinas para femininas se apresenta em 29:1. Os visitantes florais incluem desde abelhas, formigas, trips e outros insetos, sendo que a espécie também apresenta capacidade para a autopolinização (Raju e Ezradanam 2002).

A germinação da espécie é do tipo epígea (Nunes et al. 2009) e para o plantio as sementes podem ser mergulhadas em água por 24 h, com germinação de cinco a 10 dias (Pandey et al. 2012). Contudo, a germinação das sementes diminui com o aumento do tempo de armazenamento, sendo que aos 112 dias há uma média de 43% de germinação das sementes (Ratree 2004), assim como com as condições de armazenamento (Höring et al. 2011; Pinto Junior et al. 2012) e estágio de maturação dos frutos (Dranski et al. 2010).

Além disso, a germinação das sementes pode variar conforme o ambiente de cultivo (Ajala et al. 2012). Na germinação de sementes não tóxicas de pinhão-mansão em diferentes tipos de solos, a semeadura realizada em solo arenoso apresentou maior velocidade de germinação e taxa de sobrevivência ao comparar com a semeadura em solo franco-argiloso (Valdés-Rodríguez et al. 2013). O desenvolvimento de cultivares não tóxicos da espécie é importante em programas de melhoramento, principalmente para o reaproveitamento dos resíduos na alimentação animal (Heller 1996). O estresse salino também interfere no processo germinativo e no crescimento das plântulas de pinhão-mansão (Andréo-Souza et al. 2010), sendo a área foliar a variável mais afetada (Nery et al. 2009). Não obstante, em condições de alta umidade, se a coleta de sementes for adiada, a germinação pode ser antecipada, ocorrendo a viviparidade (Deore e Johnson 2008). O plantio de pinhão-mansão também pode ser estabelecido por semeadura direta no campo. Nestes casos, é necessário que seja realizado no período de maior precipitação e a manutenção da área seja constante (Heller 1996; Severino et al. 2007). Plantas produzidas no viveiro frutificam após a primeira estação chuvosa, enquanto que as semeadas diretamente no campo frutificam após o segundo ano (Heller 1996).

O sistema radicular das plantas de pinhão-mansão é fortemente influenciado pelo método de propagação utilizado. A estrutura da raiz de pinhão-mansão é composta, inicialmente, por uma raiz principal e quatro laterais orientadas perpendicularmente, que são promissoras para o controle da erosão (Reubens et al. 2011). Plantas de pinhão manso originadas da semeadura diretamente no solo desenvolvem um sistema radicular normal, com raízes primárias grossas e lineares e, raízes finas abundantes. Considerando mudas originadas de tubetes ou, sacos plásticos, há desenvolvimento de sistema radicular atípico, com formação de nós e pequena quantidade de raízes laterais, embora raízes finas sejam abundantes, exceto nos tubetes (Severino et al. 2007).

Assim, entre as vantagens da propagação por sementes se encontram a simplicidade do método e a adaptabilidade da espécie a diferentes condições. A propagação por sementes permite que haja maior diversidade genética nos

plantios, o que leva ao aumento da probabilidade de adaptação em condições ambientais adversas, como ataque de pragas e doenças e, também, resistência aos estresses abióticos. Por outro lado, também origina uma maior heterogeneidade nos plantios comerciais, dificultando a realização de tratos culturais e diminuindo a produtividade. Além disso, plantios heterogêneos podem apresentar florescimento e produção de frutos desiguais, exigindo um maior investimento na colheita. O retardamento no florescimento pode ocorrer, quando comparado com material de propagação vegetativa.

A produção de óleo também é influenciada de acordo com o método de propagação escolhido. Plantios realizados com material de origem seminal apresentam uma grande variação na produção de frutos, o que influencia a produção de óleo. Além disso, a maior produtividade de grãos e volume de copa também são aspectos a serem considerados na seleção de plantas e no desenvolvimento de materiais de alto rendimento, como também, o teor de óleo na semente, que irá subsidiar a obtenção de indivíduos superiores (Spinelli et al. 2010).

Macropropagação

Para a rápida multiplicação de plantas matrizes selecionadas, a propagação vegetativa é o método mais adequado (Heller 1996). A macropropagação do pinhão-mansão é realizada principalmente, pela técnica de estaquia. O sucesso da propagação vegetativa por estaquia depende de fatores como a idade e o estado nutricional da planta matriz, comprimento e diâmetro das estacas, posição de coleta, estação do ano e aplicação de substâncias promotoras de enraizamento (Hartmann et al. 2011).

O efeito dos promotores de enraizamento em estacas de pinhão-mansão foi investigado em vários trabalhos. Os promotores mais utilizados são o ácido indolbutírico (AIB), o ácido indolacético (AIA) e o ácido naftaleno acético (ANA) (Kochhar et al. 2008; Noor Camellia et al. 2009; Dhillon et al. 2011). Estacas tratadas com auxina apresentam um número maior de raízes, o que auxilia no estabelecimento da espécie no campo (Noor Camellia et al. 2009). Ademais, a mobilização de auxina, mais do que seu conteúdo absoluto, parece estar envolvida na iniciação de raízes de pinhão-mansão (Kochhar et al. 2008).

Em estaquia de pinhão-mansão as brotações são formadas previamente as raízes, devido à presença de reserva de carboidratos que influenciam a produção de auxinas (Barbosa et al. 2011). Dessa forma, o número de folhas e brotos pode ser um parâmetro para o sucesso do enraizamento de estacas de pinhão-mansão (Kumar et al. 2011a). Pré-tratamentos com AIB e ANA também aumentaram o número de brotações, particularmente com a aplicação de AIB (Kochhar et al. 2008; Noor Camellia et al. 2009).

Outra substância utilizada como promotor de enraizamento em pinhão-mansão é a tiamina (Vitamina B1). Estacas tratadas com 600 e 800 mg L⁻¹ de tiamina produziram 100% de brotação e enraizamento. A utilização de tiamina também apresentou sucesso na alporquia de pinhão-mansão, em comparação com as auxinas (Dhillon et al. 2011).

A estaquia de pinhão-mansão pode ser realizada sem a utilização de fitorreguladores, resultando até 68% de sobrevivência (Kathiravan et al. 2009). Com tal característica, os custos com instalações especiais são mínimos, facilitando a propagação vegetativa da espécie em grande escala. O pinhão-mansão também pode ser propagado por estaquia diretamente no campo. Este é um dos métodos mais adequados para o rápido estabelecimento de cercas vivas e para o controle da erosão (Heller 1996).

A propagação vegetativa do pinhão-mansão também varia conforme as estações do ano. A primavera é melhor do que o verão para multiplicação clonal de pinhão-mansão, sendo que estacas tratadas com tiamina apresentaram sucesso em ambas as estações, enquanto que com a auxina o enraizamento aumentou apenas durante a primavera (Dhillon et al. 2011). O comprimento e o diâmetro das estacas foram considerados fatores importantes para o sucesso da sobrevivência e enraizamento. Em propagação vegetativa de pinhão-mansão foram testados comprimentos e diâmetros de estacas, com o melhor desempenho encontrado para estacas de 40 cm de comprimento e 2,5 a 3,0 cm de espessura (Kathiravan et al. 2009). Lima et al. (2010) observaram maior sobrevivência em estacas com de 22 cm de comprimento, sendo que o comprimento da estaca influenciou a percentagem de enraizamento. Estacas menores favorecem a brotação precoce, porém, as maiores promovem um maior número de brotos e crescimento das raízes (Severino et al. 2011).

Além do comprimento, foi estudado o efeito de diferentes tipos de estacas no enraizamento (herbáceas, semi-lenhosas e lenhosas), com a estaca lenhosa apresentando os melhores resultados (Noor Camellia et al. 2009), provavelmente pela maior concentração de carboidratos. Lima et al. (2010) verificaram que a posição de corte da estaca na planta matriz (base, meio ou ápice) não influencia o crescimento inicial das mudas. Entretanto, estacas obtidas da base dos galhos resultaram em maior crescimento de brotos, caules e folhas do que estacas coletadas da posição mediana e do ápice caulinar (Severino et al. 2011). Assim sendo, estacas com maiores diâmetros podem ser associadas ao melhor enraizamento (Kumar et al. 2011a).

Um dos maiores problemas da propagação vegetativa é o enraizamento adventício. O pinhão-mansão pode ser considerado como uma espécie de fácil enraizamento, pois começa a formar primórdios de raízes adventícias no oitavo dia, e estas emergem através da epiderme após o décimo primeiro dia (Noor Camellia et al. 2009). Entretanto, Severino et al. (2007) verificaram que plantas de pinhão-mansão propagadas por estacas não desenvolvem um sistema radicular normal, possuindo raízes finas e superficiais. Além disso, os cortes em cunha (45°) nas estacas, para aumentar a superfície de contato com o solo, favorecem o enraizamento de apenas um dos lados (Severino et al. 2011) indicando um desbalanceamento do sistema radicular com a utilização deste tipo de corte.

Os resultados a campo na comparação entre material propagado vegetativamente e seminal demonstram uma maior altura e número de galhos em mudas de origem seminal, enquanto que o florescimento ocorre primeiro em plantas propagadas por estaquia (Kathiravan et al. 2009). A espécie produz sementes, em geral, a partir de 2-3 anos com mudas produzidas via seminal, sendo que na estaquia, com promotores de enraizamento, o início da produção pode ocorrer no mesmo ano (Kochhar et al. 2008). Em plantas produzidas por propagação vegetativa, a primeira produção de sementes também é bem maior (Heller 1996). Além disso, plantas propagadas a partir de estacas têm um melhor desempenho no campo em comparação com mudas produzidas por sementes (Kochhar et al. 2008), devendo, para isto, realizar uma seleção dos indivíduos que apresentam as melhores características fenotípicas para a multiplicação clonal.

Micropropagação

A cultura de tecidos refere-se ao crescimento e desenvolvimento de órgãos ou tecidos em meio asséptico, onde o ambiente, os nutrientes e o nível de fitorreguladores

são controlados. A micropropagação é uma técnica da cultura de tecidos vegetais muito utilizada para a propagação massal de plantas que apresentam interesse econômico, resultando na redução do tempo para introdução de novos cultivares e no aumento do número de genótipos propagados em área reduzida (Hartmann et al. 2011). Assim, a micropropagação possibilita a multiplicação em larga escala de genótipos superiores de pinhão-mansão selecionados por técnicas de melhoramento vegetal, sendo utilizada para o cultivo de diversas espécies oleaginosas.

Ao se referir a respeito da micropropagação do pinhão-mansão, protocolos de propagação *in vitro* foram eficientemente desenvolvidos para vários tipos de explantes (Sharma et al. 2011; Oliveira et al. 2013). Protocolos com multiplicação de explantes de hipocótilo de diferentes genótipos, incluindo um genótipo não tóxico (Sharma et al. 2011) e segmentos nodais (Datta et al. 2007) foram desenvolvidos satisfatoriamente. Além disso, foi observada que a regeneração de plantas de pinhão-mansão via organogênese direta de explantes de pecíolo (Kumar et al. 2011b) e a indução de poliploides *in vitro* de variedades elite de pinhão-mansão (Oliveira et al. 2013) pode ser induzida e controlada em condições *in vitro*. A regeneração *in vitro* dos explantes é dependente do genótipo, e o número de brotações induzidas é influenciado pela posição de coleta do explante. A idade do material vegetal também interfere no potencial de regeneração via organogênese direta, sendo que esta capacidade diminui com o tempo (Sharma et al. 2011).

Toppo et al. (2012) desenvolveram um protocolo para a micropropagação de pinhão-mansão com a adição de água de coco. A adição de água de coco no meio de multiplicação favoreceu a produção de brotações saudáveis contendo maior área foliar, aumentando também a taxa de enraizamento.

Quando embriões zigóticos, provenientes de frutos imaturos são cultivados *in vitro*, os mesmos necessitam da suplementação de sacarose no meio de cultura para a germinação (Nunes et al. 2008). No cultivo *in vitro* de embriões de pinhão-mansão a sacarose na concentração de 30 g L⁻¹ mostrou-se eficiente para a promoção do alongamento da parte aérea e aumento do número de raízes (Lopes et al. 2012). Na fase de aclimatização, com mudas produzidas a partir da micropropagação de segmentos nodais, observa-se até 87% de sobrevivência (Datta et al. 2007), e para plantas micropropagadas, oriundas de hipocótilos, a sobrevivência foi de 90% (Sharma et al. 2011).

Considerações finais

O pinhão-mansão é propagado por via seminal ou vegetativa, sendo que para a propagação em larga escala pode ser utilizada a técnica de micropropagação. O método de propagação do pinhão-mansão varia conforme a finalidade do cultivo e estrutura disponível. Mudas produzidas por sementes apresentam uma maior heterogeneidade de produção, apesar da facilidade de propagação e adequado desempenho do sistema radicular no campo. Ao considerar mudas produzidas por macropropagação, selecionadas pela maior qualidade, produtividade e precocidade de floração e produção, podem necessitar substâncias promotoras de enraizamento e apresentar um sistema radicular mais frágil.

Entretanto, há uma precocidade na produção de frutos em mudas produzidas por estaquia e, pelo pinhão-mansão ser uma espécie de fácil enraizamento, não há necessidade de utilização de estruturas especializadas. A micropropagação do pinhão-mansão apresenta-se como uma técnica viável de multiplicação em larga escala para produção de mudas, entretanto, necessita de estrutura mais especializadas, o que eleva dos custos da produção. Por se tratar de uma espécie perene, é necessário o desenvolvimento de maior número de

pesquisas que considerem o melhoramento da espécie e a melhoria da qualidade das mudas produzidas.

Referências

- Abhilash P, Srivastava P, Jamil S, Singh N (2011) Revisited *Jatropha curcas* as an oil plant of multiple benefits: critical research needs and prospects for the future. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(1):127-131. doi: 10.1007/s11356-010-0400-5
- Achten WMJ, Verchot L, Franken YJ, Mathijs E, Singh VP, Aerts R, Muys B (2008) *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, 32(12):1063-1084. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.03.003
- Ajala MC, Aquino NF, Malavasi UC, Malavasi MM (2012) Efeito do volume do recipiente na produção de mudas e no crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. no Oeste Paranaense. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(6):2039-2046. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n6p2039
- Andréo-Souza Y, Pereira AL, Silva FFF da; Riebeiro-Reis RC, Evangelista MRV, Castro RD de, Dantas BF (2010) Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-mansão. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(2):83-92. doi: 10.1590/S0101-31222010000200010
- Barbosa AM, Marques TA, Silva IF, Catuchi TA, Vitolo HF, Guidorizi KA (2011) Propagação de estacas de pinhão manso em função da aplicação de ácido indolbutírico (IBA). *Colloquium Agrariae*, 7(especial):107-114.
- Datta MM, Mukherjee P, Ghosh B, Jha TB (2007) *In vitro* clonal propagation of biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.). *Current Science*, 93(10):1438-1442.
- Deore AC, Johnson TS (2008) Occurrence of vivipary in *Jatropha curcas* L. *Current Science*, 95(3):321-322.
- Dhillon RS, Hooda MS, Pundeer KS, Ahlawat I, Chopra I (2011) Effects of auxins and thiamine on the efficacy of techniques of clonal propagation in *Jatropha curcas* L. *Biomass and Bioenergy*, 35(5):1502-1510. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.12.017
- Divakara BN, Upadhyaya HN, Wani SP, Gowda CLL (2010) Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Applied Energy*, 87(3):732-742. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.07.013
- Dranski JAL, Pinto Junior AS, Steiner F, Zoz T, Malavasi UC, Malavasi MM, Guminarães VF (2010) Physiological maturity of seeds and colorimetry of fruits of *Jatropha curcas* L. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4):158-165. doi: 10.1590/S0101-31222010000400018
- Drumond MA, Arruda FP, Anjos JB (2008) *Pinhão manso – Jatropha curcas* L. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 15p. (Documentos, 212).
- Ginwal HS, Phartyal SS, Rawat PS, Srivastava RL (2005) Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. in central India. *Silvae Genetica*, 54(2):76-80.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies Junior FT, Geneve RL (2011) *Plant propagation: principles and practices*. 8th Edition. São Paulo: Prentice-Hall. 915p.
- Heller J (1996) *Physic nut Jatropha curcas L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Rome, Italy: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute. 66p.
- Höring FC, Malavasi MM, Malavasi UC (2011) Armazenamento não controlado na qualidade de sementes de *Jatropha curcas* L. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(2):521-526. doi: 10.5433/1679-0359.2011v32n2p521
- Jongschaap REE, Corré WJ, Bindraban PS, Brandenburg WA (2007) *Claims and Facts on Jatropha curcas L.: global Jatropha curcas evaluation, breeding and propagation programme*. Wageningen: Plant Research International, The Netherlands. 42p.
- Kathiravan M, Ponnuswamy AS, Vanitha C (2009) Determination of suitable cutting size for vegetative propagation and comparison of propagules to evaluate the quality attributes in *Jatropha curcas* Linn. *Natural Product Radiance*, 8(2):162-166.
- Kochhar S, Singh SP, Kochhar VK (2008) Effect of auxins and associated biochemical changes during clonal propagation of the biofuel plant – *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy*, 32(12):1136-1143. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.02.014
- Kumar D, Singh S, Sharma R, Kumar V, Chandra H, Malhotra K (2011a) Above-ground morphological predictors of rooting success in rooted cuttings of *Jatropha curcas* L. *Biomass and Bioenergy*, 35(9):3891-3895. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.06.019
- Kumar N, Anand KGV, Reddy MP (2011b) *In vitro* regeneration from petiole explants of non-toxic *Jatropha curcas*. *Industrial Crops and Products*, 33(1):146-151. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.09.013
- Lima RLS, Severino LS, Pereira WE, Lucena AMA, Gheyi HR, Arriel NHC (2010) Comprimento das estacas e parte do ramo para formação de mudas de pinhão-mansão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(11):1234-1239. doi: 10.1590/S1415-43662010001100014
- Lopes LC, Machado IS, Magoga EC, Andrade JG, Penna HC, Moraes LEF (2012) Cultura de embrião e indução de brotos *in vitro* para micropropagação do pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(7):900-905. doi: 10.1590/S0100-204X2012000700004
- Nery AR, Rodrigues LN, Silva MBR, Fernandes PD, Chaves LHG, Dantas Neto J, Gheyi HR (2009) Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(5):551-558. doi: 10.1590/S1415-43662009000500007
- Noor Camellia NA, Thohirah LA, Abdullah NAP, Mohd Khidir O (2009) Improvement on rooting quality of *Jatropha curcas* using indole butyric acid (IBA). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(4):338-343.
- Nunes CF, Pasqual M, Santos DN, Custódio TN, Araújo AG (2008) Diferentes suplementos no cultivo *in vitro* de embriões de pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1):9-14. doi: 10.1590/S0100-204X2012000700004

- Nunes CF, Santos DN, Pasqual M, Valente TCT (2009) Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-manso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(2):207-210. doi: 10.1590/S0100-204X2009000200014
- Oliveira SC, Nunes ACP, Carvalho CR, Clarindo WR (2013) *In vitro* polyploidization from shoot tips of *Jatropha curcas* L.: a biodiesel plant. *Plant Growth Regulation*, 69(1):79-86. doi: 10.1007/s10725-012-9749-4
- Openshaw K (2000) A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*, 19(1):1-15. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00019-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00019-2)
- Pandey VC, Singh K, Singh JS, Kumar A, Singh B, Singh RP (2012) *Jatropha curcas*: a potential biofuel plant for sustainable environmental development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5):2870-2883. doi: 10.1016/j.rser.2012.02.004
- Pinto Junior AS, Guimarães VF, Dranski JAL, Steiner F, Malavasi MM, Malavasi UC (2012) Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de Sementes*, 34(4):636-643. doi: 10.1590/S0101-31222012000400015
- Raju AJS, Ezradanam V (2002) Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Current Science*, 83(11):1395-1398.
- Ratree S (2004) A preliminary study on physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(9):1620-1623. doi: 10.3923/pjbs.2004.1620.1623
- Reubens B, Achten WMJ, Maes WH, Danjon F, Aerts R, Poesen J, Muys B (2011) More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. *Journal of Arid Environments*, 75(2):201-205. doi: 10.1016/j.jaridenv.2010.09.011
- Severino LS, Lima LS, Lucena AMA, Freire MAO, Sampaio LR, Veras RP, Medeiros Kaal, Sifiatti V, Arriel NHC (2011) Propagation by stem cuttings and root system structure of *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy*, 35(7):3160-3166. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.04.031
- Severino LS, Lima RLS, Leão AB, Beltrão NEM (2007) *Formação do sistema radicular de plantas de pinhão manso propagadas por mudas, estacas e sementes*. Campina Grande: Embrapa Algodão. 5p. (Comunicado Técnico, 348).
- Sharma S, Kumar N, Reddy MP (2011) Regeneration in *Jatropha curcas*: factors affecting the efficiency of *in vitro* regeneration. *Industrial Crops and Products*, 34(1):943-951. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.02.017
- Spinelli VM, Rocha RB, Ramalho AR, Marcolan AL, Vieira Júnior JR, Fernandes CF, Militão JSLT, Dias LAS (2010) Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-manso. *Ciência Rural*, 40(8):1752-1758. doi: 10.1590/S0103-84782010005000129
- Toppo DD, Singh G, Purshottam DK, Misra P (2012) Improved *in vitro* rooting and acclimatization of *Jatropha curcas* plantlets. *Biomass and Bioenergy*, 44:42-46. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.04.014
- Valdés-Rodríguez OA, Sánchez-Sánchez O, Pérez-Vázquez A (2013) Effects of soil texture on germination and survival of non-toxic *Jatropha curcas* seeds. *Biomass and Bioenergy*, 48:167-170. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.10.025
- Zahawi RA (2005) Establishment and growth of living fence species: an overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. *Restoration Ecology*, 13(1):92-102. doi: 10.1111/j.1526-100X.2005.00011.x.