

Notas Científicas

Aumento da produção de grãos de pinhão-manso pela aplicação de benziladenina

Everson Jacinto Gouveia⁽¹⁾, Rodrigo Barros Rocha⁽¹⁾, Bruno Galvêas Laviola⁽²⁾, André Rostand Ramalho⁽¹⁾, Maria das Graças Rodrigues Ferreira⁽¹⁾ e Luiz Antônio dos Santos Dias⁽³⁾

⁽¹⁾Embrapa Rondônia, BR 364, Km 5,5, Zona Rural, CEP 76815-800 Porto Velho, RO. E-mail: eversongouveia@hotmail.com, rodrigo@cpafro.embrapa.br, rostand@cpafro.embrapa.br, mgraca@cpafro.embrapa.br ⁽²⁾Embrapa Agroenergia, Parque Estação Biológica, Avenida W3 Norte Final, Asa Norte, CEP 70770-901 Brasília, DF. E-mail: bruno.laviola@embrapa.br ⁽³⁾Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/nº, Campus Universitário CEP 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: lasdias@ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi quantificar o florescimento e a produção de grãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) em resposta à aplicação de benziladenina diretamente sobre inflorescências fechadas. O experimento foi realizado em campo, com plantas em idade produtiva, em cultivo adensado. Foram avaliados: número de flores femininas e masculinas por inflorescência, número de inflorescências e de cachos por planta, número de frutos por cacho, percentual de abortamento de frutos e produção por planta. O número de flores femininas aumentou pela aplicação do regulador vegetal, com incremento de 170% no número de frutos por cacho. Apesar do menor pegamento de frutos nas plantas tratadas, a aplicação da benziladenina aumentou a produção em 92%.

Termos para indexação: *Jatropha curcas*, citocinina, florescimento, pegamento de frutos, regulador de crescimento.

Grain yield increase of physic nut by field-application of benzyladenine

Abstract – The objective of this work was to quantify the flowering and grain production of physic nut (*Jatropha curcas*) in response to application of benzyladenine directly on closed inflorescences. The experiment was carried out in field, with plants at productive age and high-crop density. The following variables were considered: number of female and male flowers per inflorescence, number of inflorescences and bunches per plant, number of fruit per bunch, percentage of fruit abortion, and grain yield per plant. The application of the plant regulator enhanced the number of female flowers per plant, increasing the number of fruit per bunch in 170%. Despite the lower fruit setting of treated plants, the application of benzyladenine increased grain yield in 92%.

Index terms: *Jatropha curcas*, cytokinin, flowering, fruit setting, growth regulator.

Entre as oleaginosas prospectadas para a produção de biocombustíveis, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) destaca-se por apresentar potencial de rendimento de óleo com alta qualidade físico-química, que pode ser usado para produção de biodiesel e bioquerosene (Durães et al., 2011). Porém, por se tratar de espécie em domesticação, a viabilidade de cultivo ainda depende do desenvolvimento de tecnologia agrônoma que dê suporte ao cultivo para obtenção de altas produtividades, nas diferentes regiões do Brasil (Freitas et al., 2011; Laviola et al., 2012).

A aplicação exógena de reguladores de crescimento pode ser usada para estimular a resposta produtiva

das plantas e promover o seu crescimento em condições ambientais adversas (Marengo & Lopes, 2007). A citocinina sintética 6-benziladenina acelera a divisão e expansão celular, o que pode resultar em maior resistência dos tecidos dos frutos nas fases de desenvolvimento rápido. As citocininas têm, como efeitos específicos, o aumento da taxa de incorporação de aminoácidos, o retardamento da senescência e o aumento de absorção de nutrientes (Salisbury & Ross, 1992). Elas têm sido utilizadas em diversas culturas para acelerar a taxa de crescimento, induzir a formação de raízes, impedir a queda de frutos e ajustar a relação entre flores masculinas e femininas nas inflorescências (Kumar et al., 2011).

Diversos reguladores de crescimento têm sido testados no cultivo do pinhão-mansão. Joshi et al. (2011) observaram efeito sinérgico da auxina e do etileno no desenvolvimento floral e na produção de grãos. Pan & Xu (2011) constataram que a aplicação exógena de benziladenina aumenta o desenvolvimento floral e a produção de grãos, com aplicação de concentrações inferiores a 160 mg L⁻¹. Abdelgadir et al. (2010) observaram que a aplicação foliar da benziladenina aumenta o desenvolvimento floral sem aumentar a produção de grãos. Contudo, as diferentes condições edafoclimáticas dos locais de realização dos experimentos e a avaliação de plantas em estágio juvenil têm limitado a predição de resposta, em campo, da aplicação exógena da benziladenina.

O objetivo deste trabalho foi quantificar o florescimento e a produção de grãos de pinhão-mansão, em resposta à aplicação de benziladenina, em campo, em plantas com 36 meses de plantio, cultivadas em espaçamento adensado.

O experimento foi realizado no Município de Porto Velho, Rondônia (8°47'38,09"S, 63°50'50,40"W, e 87 m de altitude). O clima da região é tropical tipo Am (classificação Köppen): quente e úmido, com período seco bem definido, ocorrência de déficit hídrico de junho a setembro, temperatura média anual de 25°C, precipitação média anual de 2.354 mm e evapotranspiração média anual de 851 mm. O solo da área experimental é classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa. Os resultados das análises de solo às profundidades de 0–20 e 20–40 cm estão descritos na Tabela 1. Antes do plantio, foi realizada a calagem superficial em área total, com a aplicação de 4 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT 60%). O plantio foi efetuado em dezembro de 2008,

em espaçamento de 3x2 m, tendo-se utilizado mudas com um mês de idade – produzidas em viveiro, a partir de sementes de origem genética desconhecida, e acondicionadas em sacolas de polietileno de 2 L. A adubação de plantio consistiu da aplicação de 150 g de superfosfato simples, 50 g de cloreto de potássio e 30 g de FTE BR-12 por planta.

Durante o período experimental, foram realizadas as capinas mecânica e química, de forma alternada, e coroamento manual das plantas com enxada. As pragas e doenças não foram controladas. As adubações de cobertura foram efetuadas a partir do segundo ano, com a aplicação 50 kg ha⁻¹ de N (ureia), 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ (superfosfato triplo) e 40 kg ha⁻¹ K₂O (cloreto de potássio), duas vezes ao ano, três meses antes das duas principais colheitas, que acontecem nos meses de maio/junho e dezembro/janeiro.

Uma solução estoque (25 mg mL⁻¹) de 6-benziladenina (BA, Acros Organics, Geel Bélgica) foi preparada com 1 g de BA, dissolvido em 5 mL de NaOH 1N, com adição de água destilada para completar o volume final para 40 mL. Foi adicionado, como agente adesivo, Tween-20 (Vetec Química Fina, Duque de Caxias, RJ, Brasil) à concentração final de 0,05% (v/v). O volume de 80 mL por planta, de solução de uso a 150 mg L⁻¹, foi pulverizado diretamente sobre as inflorescências fechadas com até dois dias de desenvolvimento, conforme Pan & Xu (2011). Inflorescências-controle foram pulverizadas com 5 mL de água destilada e 0,05% (v/v) de Tween-20. As pulverizações foram realizadas duas vezes, com uma semana de intervalo, nos dias 05/10/2011 e 12/10/2011, período em que se desenvolveram as primeiras inflorescências.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, com dois blocos de 25 plantas úteis, com quatro linhas de bordadura entre parcelas, num total de 100 plantas com 36 meses de plantio. O desenvolvimento floral e a produção de grãos foram avaliados pela determinação do número de inflorescências por planta, número de flores femininas e masculinas por inflorescências, número de cachos por planta, número de frutos por cacho, percentual de abortamento de frutos, número máximo e mínimo de frutos por cacho e produção de grãos por planta.

Os frutos foram colhidos em estágio final de maturação. Após a colheita, os frutos foram secos à sombra por aproximadamente sete dias, e depois beneficiados. Após o beneficiamento, a umidade das

Tabela 1. Atributos químicos de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa, na área experimental.

Camada (cm)	pH	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg (mmol _c dm ⁻³)	Al+H (mmol _c dm ⁻³)	Al (mmol _c dm ⁻³)	MO (g kg ⁻¹)	V (%)
Outubro 2009									
0–20	4,4	3	2,54	13,1	9,7	174,9	33,6	23,1	13
20–40	4,5	6	2,44	15,3	7,4	183,2	32,8	30,1	12
Outubro 2010									
0–20	5,0	4	1,41	30,0	13,6	133,7	18,5	25,3	25
20–40	4,7	1	0,67	9,7	6,6	120,5	30,6	19,9	12
Outubro 2011									
0–20	5,0	2	1,23	45,1	21,5	90,8	6,8	37,4	43
20–40	4,8	2	1,05	29,6	17,2	107,3	16,9	35,2	31

sementes foi medida em determinador de umidade Dole 500 (Gehaka, São Paulo, SP, Brasil), e sementes com teor de umidade inferior a 9% foram pesadas em balança eletrônica (Mark 4100–BEL Engineering, Piracicaba, SP, Brasil).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, tendo-se comparado as médias por meio de contrastes, com teste de Tukey a 1% de probabilidade (Cruz et al., 2004).

A benziladenina alterou todas as características de florescimento e frutificação do pinhão-mansô (Tabela 2). O coeficiente de variação apresentou valores compatíveis com os observados por Drumond et al. (2010) e Laviola et al. (2010), e as características avaliadas por contagem apresentaram maiores valores de coeficiente de variação (Rocha et al., 2012). Apesar de não se ter utilizado material genético uniforme, as condições experimentais controlaram adequadamente os efeitos aleatórios do erro experimental.

O número de flores masculinas e femininas, e o número de inflorescências por planta aumentaram significativamente com a aplicação da benziladenina. Segundo Spinelli et al. (2010), o número de flores femininas por inflorescência é um importante componente de produção de grãos, uma vez que limita o número de frutos que podem ser produzidos. Maior número de flores femininas por inflorescência e de inflorescências por planta tem grande potencial

para impactar a produção de grãos de pinhão-mansô (Tabela 3).

A benziladenina induz aumento do número de flores, em razão do efeito positivo da citocinina sobre o desenvolvimento floral e da atividade meristemática (Abdelgadir et al., 2010; Pan & Xu, 2011).

As citocininas fazem parte de uma rede de sinalização celular que controla o desenvolvimento e o crescimento das plantas, em diferentes condições ambientais. O efeito positivo da benziladenina sobre o florescimento e a frutificação decorre da aceleração da divisão e expansão celular dos tecidos meristemáticos (Marengo & Lopes, 2007; Ghosh et al., 2011). O efeito da aplicação de citocininas pode variar de acordo com fatores extrínsecos, tais como disponibilidade de luz, nutrientes e água. Elas têm papel importante no ajuste da resposta ao estresse biótico e abiótico. A aplicação exógena de citocinina pode causar mudanças no desenvolvimento de diversas espécies. Kuragawa et al. (2007) e Werner & Schmulling (2009) observaram que plantas de tabaco e de arroz cuja rota de produção de citocinina foi geneticamente modificada apresentaram número reduzido de flores por inflorescência.

Além de induzir a formação de maior número de flores femininas por inflorescência, a aplicação de benziladenina alterou também a relação de flores masculinas e femininas. No tratamento-controle, foi observada a relação de flores masculinas e femininas

Tabela 2. Resumo das análises de variância das características de florescimento e de produção de grãos de pinhão-mansô (*Jatropha curcas*), avaliadas aos 36 meses de plantio.

Fonte de variação	GL	Flores femininas por inflorescência	Flores masculinas por inflorescência	Inflorescências por planta	Frutos por cacho	Cachos por planta	Pegamento (%)	Máximo de frutos por cacho	Mínimo de frutos por cacho	Produção de grãos (g por planta)
Tratamento	1	1484,08**	8990,48**	332,97**	3343,42**	825,25**	169,33**	30,97**	360,99**	134.277,48**
Bloco	1	0,27 ^{ns}	5,16**	4,52*	2,07**	2,15**	2,21 ^{ns}	3,72 ^{ns}	0,044 ^{ns}	19.535,44**
Resíduo	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média geral	-	11,93	54,05	63,99	4,73	41,44	0,50	12	1,36	600
CV (%)	-	34,86	40,19	8,01	42,08	30,16	48,69	41,00	59,00	33,68

^{ns}Não significativo. **e *Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 3. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade, das características de florescimento, frutificação e produção de grãos de pinhão-mansô (*Jatropha curcas*), avaliadas em plantas tratadas com benziladenina e em plantas não tratadas (controle), aos 36 meses de plantio.

Tratamentos	FF por inflorescência	FM por inflorescência	Inflorescência	Frutos por cacho	Cachos por planta	Pegamento	Máx. de frutos por cacho	Mín. de frutos por cacho	Grãos (g por planta)
Controle	3,7a	23,8a	44,1a	2,55a	35,12a	0,64a	6,96a	0,98a	409,98a
Benziladenina	20,0b	84,6b	83,9b	6,91b	47,76b	0,35b	17,20b	1,74b	791,08b

FF, flores femininas; FM, flores masculinas; Máx., máximo; Mín., mínimo.

de 6:1, enquanto no tratamento com a aplicação do benziladenina a relação foi de 4,25:1. Segundo Abdelgadir et al. (2010), proporções de flores masculinas e femininas mais próximas da unidade são desejáveis. Diferentemente dos resultados de Pan & Xu (2011), flores hermafroditas foram observadas apenas raramente no presente trabalho.

Os contrastes entre as médias das plantas tratadas e do grupo-controle permitiram inferir que a aplicação de benziladenina contribuiu para aumentar o número de frutos por cacho, como consequência do maior número de flores femininas por inflorescência (Tabela 3).

No entanto, a aplicação da benziladenina reduziu significativamente a fixação dos frutos (Tabela 3). A menor fixação dos frutos nas inflorescências tratadas com o regulador de crescimento decorre de fatores ambientais (competição por água, luz e nutrientes) e genéticos. Estes últimos estão associados à capacidade da planta de direcionar nutriente para o fruto (Marengo & Lopes, 2007; Laviola & Dias, 2008).

Uma pequena proporção dos frutos se desenvolveu com quatro sementes, como também observado por Pan & Xu (2011). Nesse cenário, a seleção por genótipos com maior eficiência do uso de nutrientes e com pedúnculo maior deve ser considerada na busca de melhores resultados de produtividade em pinhão-mansão.

A aplicação da benziladenina pode alterar não somente os componentes reprodutivos como também o metabolismo da planta, tornando-a mais eficiente na produção e uso de fotoassimilados. O pinhão-mansão é uma planta que floresce em gemas terminais e, para florescer, depende de crescimento contínuo, diferentemente de outras espécies, como o cafeeiro, em que a força de dreno dos frutos diminui a taxa do crescimento vegetativo (Laviola et al., 2010). Observou-se que a aplicação de benziladenina proporcionou também maior número de cachos por planta, como consequência do maior número de inflorescências por planta (Tabela 3).

A aplicação do regulador de crescimento é uma prática de manejo potencial para aumentar o número de flores femininas por inflorescência e o de frutos por cacho, em plantas selecionadas em programas de melhoramento. Borges (2011) quantificou a variabilidade e o controle genético do número de frutos por cacho, em pinhão-mansão, e observou pequena variabilidade entre os acessos para esse caráter.

Em consequência do maior número de cachos por planta e de frutos por cacho, a aplicação foliar de benziladenina resultou em maior produção de grãos por planta (Tabela 3). As plantas tratadas com regulador vegetal apresentaram produção média de grãos de 791,08 g por planta, em comparação com a média de produção de 409,98 g por planta no tratamento-controle (92% de aumento). No espaçamento avaliado, as médias de produção equivaleram a 1,3 Mg ha⁻¹ (plantas tratadas), e 0,68 Mg ha⁻¹ (plantas não tratadas).

O uso de reguladores de crescimento é uma técnica importante para a agricultura moderna e representa uma alternativa para maximizar a eficiência do uso de nutrientes orgânicos e minerais. A aplicação exógena da benziladenina, associada ao plantio de materiais selecionados com maior número de cachos por planta, tem potencial para aumentar a viabilidade de cultivo de *Jatropha curcas*.

A aplicação em campo da benziladenina altera positivamente as características de florescimento e frutificação de *Jatropha curcas*. A aplicação da benziladenina proporciona aumento expressivo do número de flores femininas e da produção de grãos por planta, porém com menor pegamento dos frutos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Financiadora de Estudos e Projetos, pelo apoio à pesquisa.

Referências

- ABDELGADIR, H.A.; JAGER, A.K.; JOHNSON, S.D.; VAN STADEN, J. Influence of plant growth regulators on flowering, fruiting, seed oil content, and oil quality of *Jatropha curcas*. **South African Journal of Botany**, v.76, p.440-446, 2010.
- BORGES, C.V. **Capacidade produtiva e progresso genético de procedências de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) em Porto Velho-RO**. 2012. 61p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- DRUMOND, M.A.; SANTOS, C.A.F.; OLIVEIRA, V.R. de; MARTINS, J.C.; ANJOS, J.B. dos; EVANGELISTA, M.R.V. Desempenho agrônomico de genótipos de pinhão-mansão no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v.40, p.44-47, 2010.
- DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a

- viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.6, p.1-8, 2011.
- FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p.1490-1498, 2011.
- GHOSH, A.; CHIKARA, J.; CHAUDARY D.R. Diminution of economic yield as affected by pruning and chemical manipulation of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.1021-1029, 2011.
- JOSHI, G.; SHUKLA, A.; SHUKLA, A. Synergistic response of auxin and ethylene on physiology of *Jatropha curcas* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.23, p.67-77, 2011.
- KUMAR, N.; ANAND, K.G.V.; REDDY, M.P. Plant regeneration of non-toxic *Jatropha curcas*-impacts of plant growth regulators, source and type of explants. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, v.20, p.125-133, 2011.
- KURAGAWA, T.; UEDA, N.; MAEKAWA, M.; KOBAYASHI, K.; KOJIMA, M.; NAGATO, Y.; SAKAKIBARA, H.; KYOZUKA, J. Direct control of shoot meristem activity by a cytokinin-activating enzyme. **Nature**, v.445, p.652-655, 2007.
- LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A.; GURGEL, F. de L.; ROSADO, T.B.; COSTA, R.D.; ROCHA, R.B. Estimate of genetic parameters and predicted gains with early selection of physic nut families. **Ciência e Agrotecnologia**, v.36, p.163-170, 2012.
- LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A. dos S. Nutrient concentration in *Jatropha curcas* L. leaves and fruits and estimated extraction at harvest. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.32, p.1969-1975, 2008.
- LAVIOLA, B.G.; ROSADO, T.B.; BHERING, L.L.; KOBAYASHI, A.K.; RESENDE, M.D.V. de. Genetic parameters and variability in physic nut accessions during early developmental stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1117-1123, 2010.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2007. 469p.
- PAN, B.-Z.; XU, Z.F. Benzyladenine treatment significantly increases the seed yield of the biofuel plant *Jatropha curcas*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.30, p.166-174, 2011.
- ROCHA, R.B.; RAMALHO, A.R.; TEIXEIRA, A.L.; LAVIOLA, B.G.; SILVA, F.C.G. da; MILITÃO, J.S.L.T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-mansô. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.44-50, 2012.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4th ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.
- SPINELLI, V.M.; ROCHA, R.B.; RAMALHO, A.R.; MARCOLAN, A.L.; VIEIRA JÚNIOR, J.R.; FERNANDES, C. de F.; MILITÃO, J.S.L.T.; DIAS, L.A. dos S. Primary and secondary yield components of the oil in physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Ciência Rural**, v.40, p.1752-1758, 2010.
- WERNER, T.; SCHMULLING, T. Cytokinin action in plant development. **Current Opinion in Plant Biology**, v.12, p.527-538, 2009.

Recebido em 10 de maio de 2012 e aprovado em 28 de setembro de 2012