



EFEITO DOS BRASSINOSTERÓIDES NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO SOB DÉFICIT HÍDRICO

Patrícia S. da Silveira⁽¹⁾, José Paulo C. Custódio⁽¹⁾, Frederico da Costa Mendes Silva⁽¹⁾, Alainy Carla de Souza Nascente⁽¹⁾, Camilla Lôrena Monteiro⁽¹⁾, Fábio Santos Matos⁽¹⁾

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos brassinosteroides no crescimento de mudas de pinhão sob déficit hídrico. O trabalho foi avaliar o efeito do estresse hídrico em mudas de pinhão manso pulverizadas com solução de Brassisnoteroides. O experimento foi realizado em bancadas em casa de vegetação com 100% de interceptação da radiação solar na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri- Goiás. As mudas de *Jatropha curcas*, foram plantadas em vasos de cinco litros contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5 respectivamente. O experimento foi montado inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3x5 [hormônio (0,0, 0,25 e 0,50mg L⁻¹) x restrição hídrica (níveis de suprimento hídrico: 20%, 40%, 60%, 80% e 100% da evapotranspiração diária)] em três repetições. Após 15 dias de imposição dos tratamentos foram avaliadas características morfofisiológicas, transpiração, teor relativo de água, pigmentos fotossintéticos e tolerância protoplasmática. Os dados foram submetidos a análise de variância, com médias comparadas empregando-se o teste de Newman-Keuls ao nível 5% de probabilidade. A aplicação de Brassinosteroides via foliar não amenizou os efeitos do déficit hídrico nas plantas interferindo decisivamente no crescimento do pinhão manso. Houve menor área foliar com a pulverização com solução de 0,25mgL⁻¹ associado a menor evapotranspiração.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, análise de crescimento, déficit hídrico

EFFECT OF FOLIAR APPLICATION IN BRASSINOSTEROID PINHÃO MEEK DEVELOPMENT UNDER WATER STRESS.

Patrícia S. da Silveira⁽¹⁾, José Paulo C. Custódio⁽¹⁾, Frederico da Costa Mendes Silva⁽¹⁾, Alainy Carla de Souza Nascente⁽¹⁾, Camilla Lôrena Monteiro⁽¹⁾, Fábio Santos Matos⁽¹⁾

SUMMARY

This study aimed to evaluate the effect of brassinosteroids on growth pinion seedlings under drought. The work was to evaluate the effect of water stress on *Jatropha* seedlings sprayed with Brassisnoteroides solution. The experiment was conducted on benches in a greenhouse at 100% interception of solar radiation at the State University of Goiás, Unit Ipameri- Goiás. The seedlings of *Jatropha curcas*, were planted in pots containing five liters of a mixture of soil, sand and manure in the proportion of 3: 1: 0.5 respectively. The experiment was conducted completely randomized in a factorial 3x5 [hormone (0.0, 0.25 and 0.50mg L⁻¹) x water restriction (water supply levels: 20%, 40%, 60%, 80% and 100% of the daily evapotranspiration)] in three replications. After 15 days of imposition of the treatments were evaluated morphophysiological characteristics, sweating, relative water content, photosynthetic pigments and protoplasmic tolerance. Data were subjected to analysis of variance, with averages were compared using the Newman-Keuls test at 5%

⁽¹⁾ Universidade Estadual de Goiás-UEG, Campus Ipameri, 75780-000, Ipameri-GO. freddie_01@hotmail.com



probability. The application of brassinosteroids foliar failed to alleviate the effects of drought on plants decisively interfering with the growth of *Jatropha*. There was less leaf area with spraying $0,25\text{mgL}^{-1}$ solution associated with lower evapotranspiration.

Key-words: *Jatropha curcas*, growth analysis, drought

INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta arbórea da família Euphorbiaceae, em recente processo de domesticação por ser uma planta oleaginosa potencialmente viável para a obtenção do biodiesel (EMBRAPA, 2006), pelo seu elevado teor de óleo (30-45%) de excelente qualidade nas sementes (MATOS et al., 2013). É considerada uma cultura adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, sobrevivendo bem em condições de solos marginais e de baixa fertilidade natural (ARRUDA et al., 2004). Apesar da sua “rusticidade” faz-se necessária a geração de informações provenientes de pesquisas que avalie práticas inovadoras de manejo, como o uso de biorreguladores aliados ao déficit hídrico.

Os Brassinosteroides (BRs) são hormônios esteróides vegetais essenciais para o crescimento das plantas e desenvolvimento normal. Inúmeros processos de plantas são regulados por BRs, incluindo alongamento e divisão celular, fotossíntese, fotomorfogênese, florescimento, germinação de sementes, desenvolvimento radicular e abiótico / resposta ao estresse biótico (CLOUSE et al., 1996; SHARMA et al., 2008). Portanto, a compreensão do mecanismo de resposta de regulação BRs é fundamental para a promoção do desenvolvimento agrícola e aumentar a produtividade das culturas, melhorando as condições de crescimento da planta.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos brassinosteroides no crescimento de mudas de pinhão sob déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em bancada a pleno sol no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri (Lat. $17^{\circ}43'19''$ S, Long. $48^{\circ}09'35''$ W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás. As sementes de *Jatropha curcas* foram semeadas em vasos de cinco quilos contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente e dispostas em bancadas interceptação de 100% da radiação solar. Os tratamentos foram impostos 60 dias após o plantio das mudas, utilizando uma solução de Brassinosteróides na concentração de 0,25 e $0,5\text{mgL}^{-1}$ pulverizadas no início da manhã com um pulverizador manual de forma que cada planta recebesse 10mL de solução de hormônio, como controle utilizou-se pulverização com água destilada. Ao mesmo tempo essas mudas foram submetidas também a restrição hídrica de 20, 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração diária. Após 15 dias de imposição dos tratamentos foram avaliadas características morfofisiológicas, transpiração, teor relativo de água, pigmentos fotossintéticos e tolerância protoplasmática conforme descrito abaixo.

Características morfológicas



O número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro. As análises destrutivas realizadas em seguida, quando 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 foram calculados a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC) e biomassa total (Bio).

Transpiração (TRP)

A transpiração diária foi estimada por gravimetria, mediante diferença do peso dos vasos com intervalo de uma hora entre cada pesagem de 07:00 e 18:00 horas conforme Cavatte et al., (2012).

Teor relativo de água na folha (TRA)

Para obtenção do teor relativo de água, foram retirados vinte discos foliares de 12 mm de diâmetro cada, os quais foram pesados e colocados por 4 h 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 h, sendo posteriormente obtido o peso de matéria seca.

Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação da concentração de clorofilas e carotenóides totais (Cl *a+b*) foram retirados discos foliares (terceiro par de folhas totalmente expandidas) de área conhecida e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, feita extração em banho-maria à 65 °C por três horas. Alíquotas foram retiradas para leitura espectrofotométrica a 490, 646 e 663 nm. O conteúdo de clorofila a (Cl *a*) e clorofila b (Cl *b*) determinados seguindo a equação proposta por Wellburn, (1994).

Tolerância protoplasmática ou extravasamento de membrana

A avaliação da permeabilidade de membrana do tecido foliar é realizada segundo adaptação da metodologia descrita por Vasquez-tello et al., (1990) e Pimentel et al., (2002). Foram coletados de cada repetição 15 discos foliares das folhas totalmente expandidas, sendo colocados em frascos de vidro âmbar com 30 mL de água ultrapura Milli-Q, onde permaneceram imersos por 24 horas, mantidos no escuro, em temperatura ambiente. Após este período foi mensurado a condutividade livre (CL, $\mu\text{S}/\text{cm}$), utilizando um condutivímetro portátil CD-880. Posteriormente, os mesmos frascos foram colocados em estufa por 1 hora sob temperatura de 100 °C e medida a condutividade total (CT, $\mu\text{S}/\text{cm}$). Com os resultados obtidos, foi calculada a taxa de liberação de eletrólitos, dada em porcentagem.

Procedimentos estatísticos

As variáveis foram submetidas à análise de variância segundo delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3x5 (hormônio x restrição hídrica) em três



repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância, com médias foram comparadas empregando-se o teste de Newman Keuls ao nível 5% de probabilidade para comparação múltipla das médias dos tratamentos utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Nº folhas	TRA (%)	TRP	BIO (g pl ⁻¹)
Hormônio	2	38,31 ^{ns}	0,480 ^{ns}	13,48 ^{ns}	21,10 ^{ns}	16955,4*	25,75 ^{ns}
Evapotranspiração	4	91,83 ^{ns}	62,99 ^{ns}	724,96 ^{ns}	97,11 ^{ns}	346149,2*	8533,3 ^{ns}
Hor*Evapo.	8	57,86 ^{ns}	12,31 ^{ns}	1704,5 ^{ns}	242,4 ^{ns}	38538,3 ^{ns}	7500,0 ^{ns}
Resíduo	22	245,87	106,7	1186,7	1092,1	86651,1	1225,0
CV (%)		9,92	8,27	29,87	9,86	40,79	10,10
Hormônio				Médias			
0,0mgL ⁻¹ (água)		33,2 ^a	26,6 ^a	24,4 ^a	71,0a	125,3b	31,2a
0,25mgL ⁻¹		35,0a	26,8 ^a	23,8 ^a	72,5a	150,3ab	31,5a
0,50mgL ⁻¹		32,6a	26,4 ^a	25,6 ^a	70,5a	190,7a	29,7a
Evapotranspiração				Médias			

RESULTADOS

Segundo Tanaka et al., (2003), os brassinosteroides estimulam certas enzimas que desempenham papel importante na fisiologia do crescimento, como a ativação da bomba de prótons, a síntese proteica e de ácidos nucleicos, além de induzirem uma mudança na composição de alguns aminoácidos em proteínas. Entretanto, as variáveis de crescimento não foram significativas com a aplicação foliar desse hormônio, apenas aumentou significativamente a transpiração e isoladamente a evapotranspiração foi influenciada pela menor quantidade de água no solo para as mudas principalmente na evapotranspiração de 20% (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância e teste de média para altura de planta, diâmetro (mm), nº Folhas, teor relativo de água (TRA), transpiração (TRP), biomassa total (BIO) em plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteroides e sob deficit hidrico.

Fonte de Variação	Quadrados Médios						PD (%)
	CL	RMR	RMC	RMF	PIA (%)	PIR (%)	
Hormônio	2	0,004 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,004 ^{ns}	1641,2 ^{ns}	3774,4	1641,2
Evapotranspiração	4	0,003 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,003 ^{ns}	144,9 ^{ns}	361,7 ^{ns}	144,9 ^{ns}
Hor*Evapo.	8	0,013 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,011 ^{ns}	369,4 ^{ns}	227,5 ^{ns}	369,4 ^{ns}
Resíduo	22	0,048	0,029	0,022	1185,7	2409,7	1185,7
CV (%)		21,26	6,56	14,56	9,76	10,07	29,57
Hormônio				Médias			
20%		34,8a	25,2 ^a	20,0a	72,8a	10,6d	27,7a
40% 0,0mgL ⁻¹ (água)		31,5a	25,3 ^a	20,0a	83,3a	93,9c	16,4 ^b
60% 0,25mgL ⁻¹		32,2a	26,6 ^a	22,8a	77,9a	116,3a	27,3 ^a
80%		35,1a	28,1 ^a	27,6a	71,8a	255,0a	34,7 ^a
100%		77,5a	27,8 ^a	28,6a	69,7a	233,1a	32,7 ^a

*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

A consequência direta do dano as membranas celulares é a peroxidação lipídica que causa o extravasamento do conteúdo celular para o meio que estiver envolvendo os tecidos danificados, quando o dano for suficiente para tanto. Neste contexto, a determinação do extravasamento eletrolítico em solução de incubação de tecidos vegetais através de condutividade eletrolítica da solução, constitui-se como uma valiosa variável para avaliação de estresse a nível celular (LI et al., 2000). A clorofila reage com moléculas altamente reativas que irão reagir com os lipídios formadores de membrana, originando a peroxidação lipídica que por sua vez forma novos radicais lipídicos danificando irreversivelmente as membranas celulares (HESS, 2000; FLECK e VIDAL, 2001), assim quanto maior o estresse oxidativo, maior será a condutividade medida. Diante do exposto, foi observado danos de membranas nas plantas com pulverização foliar independente da concentração avaliada em relação ao controle (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância e teste de média para a Razão de massa radicular (RMR), Razão de massa caulinar (RMC), Razão de massa foliar (RMF), Porcentagem de integridade absoluta de membrana (PIA), porcentagem de integridade relativa de membranas (PIR), porcentagem de danos de membrana (PD) em plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteroides e sob deficit hidrico.



0,50mgL ⁻¹	0,217 ^a	0,448a	0,234a	67,9a	94,4b	32,3a
Evapotranspiração	Médias					
20%	0,215 ^a	0,576a	0,207a	78,3a	102,4a	21,6a
40%	0,236 ^a	0,551a	0,212a	75,0a	106,6a	24,9a
60%	0,216 ^a	0,561a	0,221a	76,2a	102,4a	23,7a
80%	0,213 ^a	0,563a	0,213a	72,8a	99,2a	27,1a
100%	0,225 ^a	0,537a	0,225a	73,8a	107,5a	26,4a

*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

Embora as clorofilas e os carotenoides estão diretamente associados ao dano de membrana (%PD) estes não foram significativos, demonstrando possível ineficiência dos mesmos na minimização do estresse hídrico nas mudas de pinhão manso (Tabela 2 e 3). Em condições normais, a ação dos carotenoides é suficiente para impedir o dano de membranas (KRUSE et al., 2006). Em relação a área foliar esta demonstra resultados significativos, porém isolados para aplicação do Brassinosteroides e para a evapotranspiração (Tabela 3), no qual a concentração de 0,25mgL⁻¹ proporcionou menor área foliar em relação as demais concentrações avaliadas. As plantas de pinhão manso sob déficit hídrico apresentaram a menor área foliar. Isso está relacionado diretamente ao processo de crescimento e expansão celular pela turgidez das células.

Tabela 3. Análise de variância e teste de média para área foliar (AF), Carotenoides (Car), Clorofila a/b (Cl a/b), Clorofilas totais (Cl totais) em plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteroides e sob deficit hidrico.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		AF	Car	Cl a/b	Cl total
Hormônio	2	87,14*	2,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	12,40 ^{ns}
Evapotranspiração	4	71,3*	0,17 ^{ns}	2,47 ^{ns}	9,93 ^{ns}
Hor*Evapo.	8	111,2 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,48 ^{ns}	13,83 ^{ns}
Resíduo	22	34,5	0,67	5,98	36,67
CV (%)		52,1	19,68	21,80	27,48
Hormônio					
0,0mgL ⁻¹ (água)		2,16a	0,605a	2,41a	4,36a
0,25mgL ⁻¹		0,86b	0,962a	2,37a	4,39a
0,50mgL ⁻¹		4,44a	0,675a	2,38a	5,49a
Evapotranspiração					
20%		1,07c	0,973a	1,93a	4,82a
40%		2,15bc	0,869a	2,35a	3,91a
60%		1,77bc	0,808a	2,41a	4,90a
80%		2,92ab	0,924a	2,66a	4,79a
100%		4,11a	0,883a	2,54a	5,19a

*significativo a probabilidade; significativo
Médias

5% de ns = não pelo teste F. seguidas por

uma mesma letra maiúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

CONCLUSÃO

A aplicação de Brassinosteroides via foliar não amenizou os efeitos do déficit hídrico nas plantas interferindo decisivamente no crescimento do pinhão manso. Houve menor área foliar com a pulverização com solução de 0,25 mgL⁻¹ associado a menor evapotranspiração.



LITERATURA CITADA

- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- CAVATTE, P.C.; OLIVEIRA, A.A.G.; MORAIS, L.E.; MARTINS, S.C.V.; SANGLARD, L.M.V.P.; DAMATTA, F.M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.144, n.2, p.111-122, 2012.
- CLOUSE SD, LANGFORD M, MCMORRIS TC. A brassinosteroid-insensitive mutant in *Arabidopsis thaliana* exhibits multiple defects in growth and development. **Plant Physiology**, v.111, n.3, p.671-8, 1996.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Alerta sobre o Plantio de Pinhão Manso no Brasil. Disponível em: < <http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006>. Acesso em: 18 jan.2016.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FLEK, N.G.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores do fotossistema 2. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Ompipax, 2001. p. 100-102.
- HESS, F.D. Light-dependent herbicides: na overview. **Weed Science**. Lawrence, v.48, n.2, p.160-170, 2000.
- KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A.; DALMAZ, C.; TREZZI, M.M.; SIQUEIA, I. Oxidative stress in sunflower (*Helianthus annuus*) indicates Synergism for the Metribuzin Clomazone Combination. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.2, p.379-390, 2006.
- Li, Z. et al. Using electrolyte leakage to detect soybean (*Glicine max*) cultivares sensitive to sulfentrazone. **Weed Technology**. Lawrence, v.14, n.4, p. 699-704, 2000.
- MATOS, F. S.; RIBEIRO, R. P.; BORGES, L. P.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C K. L.; FREITAS, R. G. Aplicação de benziladenina em plantas de pinhão manso. **Revista Agrotecnologia**. Anápolis, v. 4, n. 2, p. 57 – 67, 2013.
- PIMENTEL, C.; SARR, B.; DIOUF, O.; ABBOUD, A. C. S.; ROY-MACULEY, H. Tolerância Protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivadas em campo. **Revista Universidade Rural**. Série Ciências da Vida. Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.07-14, 2002.
- R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, Disponível em: <http://www,R-project.org/>, Acesso em: 19 fev.2015.
- SHARMA P, BHARDWAJ R, ARORA N, ARORA HK, KUMAR A. Effects of 28-homobrassinolide on nickel uptake, protein content and antioxidative defence system in *Brassica juncea*. **Biol Plantarum**. Prague, v. 52, n.4, p. 767-70, 2008.
- STATSOFT, I. N. C. Statistica (data analysis software system), version 6. Tulsa, USA, p. 150, 2001.
- TANAKA, K.; NAKAMURA, Y.; ASAMI, T.; YOSHIDA, S.; MATSUO, T.; OKAMOTO, S. Physiological roles of brassinosteroids in early growth of *Arabidopsis*: Brassinosteroids have a synergistic relationship with gibberellin as well as auxin in light-grown hypocotyl elongation. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.22, n.1, p.259-271, 2003.
- VASQUEZ-TELLO, A., Y.ZUILY-FODIL, A. T., PHAM THI; J VIEIRA DA SILVA. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in phaseolus and *Vigna* species. **Journal of Experimental Botany**, v.41, n.1, p.827-32.1990.



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**. Toronto, v.144, n.1, p.307-313, 1994.