



CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE EUCALIPTO SOB DÉFICIT HÍDRICO E TRATADAS COM BRASSINOSTEROIDES

Víctor Alves Amorim⁽¹⁾, Patrícia Souza da Silveira⁽¹⁾, Leandro Mariano da Silva⁽¹⁾, Priscilla Gomes de F. Santos⁽¹⁾, Ricardo Felício⁽¹⁾, Fabio Santos Matos⁽¹⁾

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito dos brassinosteroides no crescimento de plantas de Eucalipto sob déficit hídrico. O experimento foi realizado em bancadas em casa de vegetação com 100% de interceptação da radiação solar na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri- Goiás. As mudas de *Eucalyptus urograndis*, foram plantadas em vasos de 12 litros contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5 respectivamente. Foram avaliadas o teor de clorofila e carotenóides totais, massa seca das folhas, caule e sistema radicular, biomassa total e dano de membrana. O experimento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2x2 [hormônio (0,0 e 0,25mg L⁻¹) x irrigação (dois níveis de suprimento hídrico: 50% e 100% da evapotranspiração diária)] em cinco repetições. A aplicação de Brassinosteroides via foliar e a disponibilidade de água no solo interferem decisivamente na transpiração, dano de membrana e Clorofila a causando fechamento estomático e provável produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio (ROs) que causam possíveis danos fotoxidativos no fotossistema II. As características observadas no teste de repressão múltipla diretamente relacionadas com a biomassa total foi a razão de massa foliar, diâmetro do caule, transpiração e clorofila total, demonstrando a relevância dessas variáveis no acúmulo de massa das plantas. Estudos posteriores são necessários para determinação da relação entre aplicação de Brassinosteroides e déficit hídrico.

Palavras-chave: *Eucalyptus urograndis*, análise de crescimento, déficit hídrico, multivariada

INITIAL GROWTH UNDER EUCALYPTUS PLANTS WATER DEFICIT AND TREATED WITH BRASSINOSTEROIDS

SUMMARY

This study aimed to evaluate the effect of brassinosteroids on growth of Eucalyptus plants under drought. The experiment was conducted on benches in a greenhouse at 100% interception of solar radiation at the State University of Goiás, Campus Ipameri- Goiás. The *Eucalyptus urograndis* seedlings were planted in pots of 12 liters containing a mixture of soil, sand and manure in the proportion of 3: 1: 0.5 respectively. They evaluated the content of chlorophyll and carotenoid, dry mass of leaves, stem and root system, total biomass and membrane damage. The complete randomized, 2x2 factorial [hormone (0.0 and 0.25 mg L⁻¹) x irrigation (two levels of

⁽¹⁾ Grupo de pesquisa: Fisiologia da Produção, Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, E-mail: victor.alves.a@gmail.com



water supply: 50% and 100% of the daily evapotranspiration)] in five repetitions. The

application of brassinosteroids the leaves and the availability of water in the soil interfere decisively in perspiration, membrane damage and the Chlorophyll causing stomatal closure and likely production and accumulation of reactive oxygen species (ROS) which cause possible damage fotoxidativos in photosystem II. The characteristics observed in multiple suppression test directly related to the total biomass was the ratio of leaf weight, stem diameter, transpiration and chlorophyll, demonstrating the relevance of these variables in the mass accumulation of plants. Further studies are needed to determine the relationship between application of brassinosteroids and water deficit.

Key-words: *Eucalyptus urograndis*, growth analysis, water stress, multivariate.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis têm despertado o interesse por fontes alternativas e limpas de energia para minimizar a emissão de poluentes (COSTA et al., 2013). O Brasil é o terceiro produtor mundial de madeira e o quarto maior produtor de celulose para papel. As florestas plantadas respondem por 1,2% do Produto Interno Bruto (PIB), 24% do PIB agropecuário e emprega 4,5 milhões de pessoas e dispõe de um extenso território, diversidade climática para exploração de ampla biodiversidade de espécies potenciais adaptadas a diferentes climas e biomas.

A principal espécie florestal da silvicultura nacional é o Eucalipto, que representa 98,5% da produção total de carvão vegetal, seguido do Pinus (0,7%) e outras espécies (0,8%). Na produção de lenha, o Eucalipto contribuiu com 84,8%, o Pinus com 6,6% e outras espécies com 8,6% e para produção de madeira em tora o Pinus contribui com 29,3% e o Eucalipto com 68,8% (IBGE, 2015). Apesar do elevado potencial brasileiro no setor florestal, o país pode produzir mais e transferir riqueza para outros segmentos da economia através do desenvolvimento de técnicas de manejo que promovam a redução da idade de corte e aumento do acúmulo de biomassa das florestas de eucalipto.

Várias razões têm sido apontadas para os problemas observados no estabelecimento de plântulas de árvores, que incluem práticas silviculturais, correspondentes a qualidade de mudas e idade, local-espécies incorretas e dos recursos hídricos terrestres (Viero et al., 2000). Como uma “fábrica a céu aberto”, a silvicultura nacional está muito exposta às incertezas climáticas, principalmente a seus eventos extremos, cada vez mais frequentes como períodos de seca. Esses fatores ambientais aliados a condições adversas de radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica afetam negativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade do eucalipto. Dessa forma, faz-se necessária a geração de informações provenientes de pesquisas que avalie práticas inovadoras de manejo, como o uso de biorreguladores.

De forma geral alguns hormônios como os brassinosteroides (Brs) participam efetivamente de processos de tolerância das plantas a diversos tipos de estresse,



como a seca, principalmente em virtude da indução de enzimas antioxidantes (Krishna, 2003; Özdemir et al., 2004). Os Brs geralmente são utilizados como substâncias antiestressantes na fase de aclimação e podem favorecer a brotação e o desenvolvimento das mudas oriundas do seccionamento do caule.

Embora alguns relatos forneceram evidências de que BRs podem melhorar a tolerância ou moderar a tolerância à seca em plantas, essas funções estão relacionadas essencialmente com a redução do dano oxidativo (Li et al., 2007). Apesar disso, explorar novos papéis das BRs é objeto de intensa investigação, devido principalmente ao potencial de aplicação BRs exógeno para melhorar o estresse hídrico em plantas. Neste contexto, os BRs podem melhorar o status hídrico nas folhas e conseqüentemente a fotossíntese, levando a uma melhor tolerância à seca.

OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito dos brassinosteroides no crescimento de plantas de Eucalipto sob déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em bancada a pleno sol no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 09' 35" W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás. Esta região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw), de acordo com a classificação de Köppen. As mudas de *Eucalyptus urograndis* foram transplantadas em vasos de 12 litros com 11 quilos de substrato contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. Os tratamentos foram impostos 15 dias após o transplante das mudas, utilizando uma solução de Brassinosteróides na concentração de 0,25 mg L⁻¹ pulverizadas no início da manhã com um pulverizador manual de forma que cada planta recebesse 10mL de solução de hormônio e como controle pulverização com água destilada. Ao mesmo tempo essas mudas foram submetidas a irrigação de 50 e 100% da evapotranspiração diária.

Aos 15 dias após imposição dos tratamentos foram avaliadas características de massa seca das 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) e biomassa total. Foram avaliados também conforme metodologia descrita por Cavatte et al. (2012) a transpiração, pigmentos fotossintéticos (Welburn, 1994) e tolerância protoplasmática (Vasquez-tello et al., 1990 e Pimentel et al., 2002).

As variáveis foram submetidas à análise de variância segundo delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2x2 (hormônio x restrição hídrica) em cinco repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e comparação múltipla das médias dos tratamentos pelo teste de Newman Keuls ao nível 5% de probabilidade para utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011). E ainda para avaliar os efeitos dos tratamentos nas mudas de Eucaliptos sobre biomassa total, foi



utilizado a regressão multivariada, usando o conjunto total de variáveis juntamente com um método Forward stepwise para selecionar quais as métricas que melhor explicam a variável resposta, através do programa Statistica® versão 6.0 (STATSOFT, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O decréscimo do teor de água no solo diminuiu o potencial hídrico na folha, onde suas células não se encontram mais túrgidas, contribuindo para diminuição da condutância estomática, e promovendo o fechamento parcial ou total dos estômatos que influencia diretamente negativamente no crescimento refletido na biomassa total da planta (Tabela 1). As análises fisiológicas demonstraram que apenas a clorofila (Cl a) foi significativa, isso pode estar relacionado ao fato de que a Clorofila a está associada ao fotossistema II (PS II) e através de sua quantificação pode ser relacionada a danos fotooxidativos causados pelo estresse (Tabela 2). Sob condições de déficit hídrico, tem sido demonstrada a relação direta entre a redução da concentração intercelular de CO₂, em razão do fechamento estomático, gerando decréscimos na assimilação do CO₂ e no rendimento quântico do fotossistema II (Baker, 1993).

Tabela 1. Análise de variância e teste de média para Biomassa total (Bio), Razão de massa radicular (RMR), Razão de massa caulinar (RMC), Razão de massa foliar (RMF) em plantas de Eucalyptus pulverizadas com Brassinosteroides e sob deficit hidrico.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Bio (g pl ⁻¹)	RMR	RMC	RMF
Tratamento	1	6,83 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Hormônio	1	2,08 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Trat*Hor	1	4,83 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Resíduo	3	50,89	0,012	0,004	0,02
CV (%)		24,44	33,39	10,75	21,07
Tratamentos		Médias			
	50% Evapot.	15,61a	0,219a	0,357a	0,423a
	100%Evapot.	17,54a	0,184a	0,343a	0,472a
Hormônio		Médias			
	0,25mgL ⁻¹	16,15a	0,211a	0,350a	0,438a
	0,0mgL ⁻¹ (água)	17,55a	0,182a	0,346a	0,471a

*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.

Através da análise de integridade das membranas celulares pode-se observar que quanto menor a condutividade elétrica da solução, menor é a quantidade de eletrólitos que extravasam das membranas indicando seu grau de integridade, assim observa-se um dado menor nas mudas pulverizadas com o hormônio (Tabela 3). Há evidências dos efeitos do estresse hídrico sobre o fotossistema II podem ser mediados pela produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio (ROs), que



Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Cl a	Cl b	Cl totais	Car	PIR (%)	PD (%)
Tratamento	1	0,198*	2,08 ^{ns}	1,021 ^{ns}	0,049 ^{ns}	21,90 ^{ns}	0,706 ^{ns}
Hormônio	1	2,46 ^{ns}	0,119 ^{ns}	1,508 ^{ns}	0,090 ^{ns}	278,5 ^{ns}	106,19*
Trat*Hor	1	1,11 ^{ns}	6,11 ^{ns}	12,41 ^{ns}	0,028 ^{ns}	290,3 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Resíduo	3	1,55	2,70	4,38	0,058	109,9	22,52
CV (%)		17,0	35,70	17,42	12,0	7,18	20,81
Tratamentos				Médias			
50% Evapot.		3,15b	2,48a	5,64a	0,97a	86,11a	11,23a
100%Evapot.		4,19a	2,10a	6,29a	1,00a	83,21a	11,64a
Hormônio				Médias			
0,25mgL ⁻¹		3,41a	2,56a	5,97a	0,97a	57,87a	8,77b
0,0mgL ⁻¹ (água)		4,19a	2,09a	5,96a	1,00a	54,42a	11,64a

consequentemente causa a extensivos danos às membranas, desencadeando processos peroxidativos de lipídios, com perda de eletrólitos pela célula e queda na atividade fotossintética (Smirnoff, 1993).

Tabela 2. Análise de variância e teste de média para clorofilas totais, Clorofila a (Cl a), Clorofila b (Cl b), Clorofilas totais (Cl totais), Carotenoides (Car), porcentagem de integridade relativa (PIR), porcentagem de danos (PD) em plantas de Eucalyptus pulverizadas com Brassinosteroides e sob deficit hidrico.

*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.

Ao avaliar todas as variáveis estudadas pela análise de regressão múltipla observa-se que as características que estão diretamente relacionadas com a biomassa total são a razão de massa foliar, diâmetro do caule, transpiração e clorofila total (Tabela 3). Em geral, todos os processos vitais são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, comprometendo principalmente o crescimento da planta, visto que a resposta ao déficit hídrico é a diminuição do turgor e redução do crescimento (Larcher, 2004; Taiz & Zeiger, 2004). Desse modo, o estresse hídrico pode causar severa inibição da fotossíntese, pelo fechamento dos estômatos ou em razão de efeitos deletérios diretos, em nível de cloroplasto.

Tabela 3. Modelo de regressão múltipla para avaliar o efeito dos tratamentos na biomassa das plantas de Eucalyptus pulverizadas com Brassinosteroides e sob deficit hidrico.

Biomassa total	Explicação do modelo	F		P		
		F(7,12)=25.057	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(12) p-level
	R ² = 0.89					
	Beta					



Intercept			-6.127	3.737	-1.63	0.127
RMF	0.473	0.132	24.524	6.859	3.575	0.003*
Diâmetro	0.317	0.090	1.700	0.484	3.511	0.004*
Transpiração	0.231	0.099	0.005	0.002	2.314	0.039*
Nº de Folhas	0.170	0.121	0.038	0.027	1.403	0.185
Clorofila total	0.239	0.106	0.414	0.184	2.243	0.044*
Carotenoides	-0.221	0.118	-1.882	1.005	-1.87	0.085

* Significativo a 1%; RMF: Razão de massa foliar.

CONCLUSÕES

A aplicação de Brassinosteroides via foliar não interfere nos efeitos negativos do déficit hídrico reduzindo o crescimento das plantas de eucalipto.

Estudos posteriores são necessários para determinação da relação entre aplicação de Brassinosteroides e déficit hídrico.

LITERATURA CITADA

- BAKER, NR.** Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. In: Smith JAC, Griffiths H (eds.), Water deficits plant responses from cell to community, pp.221-235. Bios Scientific Publisher, Oxford. 1993.
- CAVATTE, P.C.; OLIVEIRA, A.A.G.; MORAIS, L.E.; MARTINS, S.C.V.; SANGIARD, 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.
- Costa, V. L.; Kovaleski, J. L.; Andrade Junior, P. P.; Costa, D. L.; Morschel, E. L.** Transferência de tecnologia na produção de biodiesel: alternativa para inclusão social e desenvolvimento regional no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v.9, n.1, p.17-39, 2013.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, Comunicação Social (16/12/14).** <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?idnoticia=2793&t=pevs-2013-silvicultura-y-extractivismo-producen-r-18-7-mil-millones&view=noticia> Acesso: 29 de fevereiro de 2016
- FERREIRA, D.F.** Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- KRISHNA, P.** Brassinosteroid-mediated stress responses. *J. Plant Growth Regul.*, v. 22, n. 4, p. 289-297, 2003.
- ÖZDEMİR, F. et al.** Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress. *Plant Growth Regul.* v. 42, n. 3, p. 203-211, 2004.
- LARCHER, W.** *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LI, K. R., H. H. WANG, G. HAN, Q. J. WANG, and J. FAN.** Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* seedlings under water-stress. *New For.* 35, 255-266. 2007.
- PIMENTEL, C.; SARR, B.; DIOUF, O.; ABOUD, 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.

STATSOFT, I. N. C. STATISTICA (data analysis software system), version 6. Tulsa, USA, p. 150, 2001.

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

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, 41: 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 - V.144, p.307-313, 1994.

VIERO, P.W.M.; LITTLE, K.M.; OSCROFT, D.G. Establishment of Eucalyptus grandis x Camaldulensis Clones in Zulu Land: the Effect of a Soil-amended. Institute for Commercial Forestry Research Bulletin Series, Scottsville, South Africa, Bulletin no. 7. 2000.