

PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS DE PINHEIRA SOB DIFERENTES TURNOS DE REGA E APLICAÇÃO FOLIAR DE PROLINA

RAFAELA APARECIDA FRAZÃO TORRES¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², FRANCISCO ALVES DA SILVA³, LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES⁴ e FRANCISCO JEAN DA SILVA PAIVA⁵

¹Graduanda em Agronomia, CCTA/UFCG, Pombal-PB, rafaelatorres1997@gmail.com;

²Dr. Prof. PPGEA, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, geovanisoareslima@gmail.com;

³Doutorando PPGEA, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, franliro@ccta.ufcg.edu.br

⁴Dra. Profa CCTA/UFCG, Pombal-PB, laurispo.agronomia@gmail.com;

⁵Doutorando, PPGEA, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, je.an_93@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
4 a 6 de outubro de 2022

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar os pigmentos fotossintéticos de plantas de pinheira cultivadas com diferentes turnos de rega e aplicação foliar de prolina. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de campo na fazenda experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, em São Domingos, PB. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4×2 , cujos tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: quatro turnos de rega (1, 4, 8 e 12 dias) e duas concentrações de prolina (0 e 10 mmol L⁻¹), distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo a parcela constituída de quatro plantas úteis, perfazendo um total de 128 unidades experimentais. A aplicação exógena de prolina na concentração de 10 mmol L⁻¹ promoveu aumento nos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides das plantas de pinheira aos 298 dias após o transplântio. O aumento nos turnos de rega de 1 para 12 dias estimulou a biossíntese de clorofila *b* nas plantas de pinheira.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona squamosa* L., osmólito compatível, estresse hídrico, semiárido.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF PINE TREE UNDER DIFFERENT TIMES OF WATERING AND FOLIAR APPLICATION OF PROLINE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the photosynthetic pigments of sugar-pine plants cultivated with different irrigation shifts and foliar application of proline. The research was carried out under field conditions on the experimental farm belonging to the Center for Agro-Food Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, UFCG, in São Domingos, PB. A randomized block design in a 4×2 factorial scheme was used, whose treatments resulted from the combination of two factors: four irrigation shifts (1, 4, 8 and 12 days) and two proline concentrations (0 and 10 mmol L⁻¹), distributed in randomized blocks, with four replications, with the plot consisting of four useful plants, making a total of 128 experimental units. The exogenous application of proline at a concentration of 10 mmol L⁻¹ promoted an increase in the levels of chlorophyll *a*, *b*, total and carotenoids in sugar-cane plants at 298 days after transplanting. The increase in irrigation shifts from 1 to 12 days stimulated chlorophyll *b* biosynthesis in sugar-pine plants.

KEYWORDS: *Annona squamosa* L., compatible osmolyte, water stress, semiarid.

INTRODUÇÃO

A produtividade da pinha (*Annona squamosa* L.) está condicionada à fenologia da planta bem como à adaptação às condições edafoclimáticas. A planta tem forte expressão comercial no mercado nacional de frutas *in natura*, especialmente em polpa e também para diversas finalidades na agroindústria. A cultura expandiu-se em várias regiões do Brasil, difundindo-se desde a região Norte até o estado de São Paulo, no Nordeste o seu cultivo se intensificou nas últimas décadas representando 90% da área cultivada (Braga Sobrinho, 2010).

Contudo, no Nordeste brasileiro, principalmente na região semiárida, a ocorrência de baixos índices pluviométricos além da má distribuição no espaço tempo atrelado a elevada temperatura e evapotranspiração, proporcionam condições de escassez hídrica, destacando-se como entrave para expansão nas áreas irrigadas (Santos & Brito, 2016).

O estresse hídrico promove diferentes respostas nas plantas, podendo afetar desde a expansão foliar, a produção e a qualidade dos frutos, pois o déficit hídrico limita o potencial de turgescência. As alterações fisiológicas são os principais mecanismos indicativos utilizados pelas plantas para resistir às adversidades causada pelo estresse (Chaumont & Tyerman, 2014; Kirkham, 2014).

Sob condições de estresse hídrico muitas culturas, acumulam solutos orgânicos ou osmólitos no vacúolo visando a manutenção da homeostase osmótica, sendo compatíveis em nível de citoplasma celular, visando à redução do potencial hídrico (Lacerda et al., 2003; Oliveira Neto et al., 2016). Desse modo, a aplicação foliar de compostos como a prolina, que se acumulam nos tecidos vegetais podem beneficiar a planta no ajuste osmótico com o ambiente, regulando as trocas gasosas, a síntese de pigmentos fotossintéticos, promovendo a expansão foliar (Coelho et al., 2018).

Ante o exposto, objetivou-se com este estudo avaliar os pigmentos fotossintéticos de plantas de pinheira sob diferentes turnos de rega e aplicação foliar de prolina em condições de semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em campo na Fazenda Experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, pertencente ao Centro de Ciências Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, no município de São Domingos, Paraíba, PB, situado pelas coordenadas: 06°48’50” de latitude S e 37°56’31” de longitude W, a uma altitude de 190 m.

Os tratamentos foram constituídos da combinação de dois fatores: quatro turnos de rega (1, 4, 8 e 12 dias) e duas concentrações de prolina (0 e 10 mmol L⁻¹), distribuídos em blocos casualizados, arrançados no esquema fatorial 4 × 2, com quatro repetições, cuja a parcela foi constituída de quatro plantas úteis, totalizando 128 unidades experimentais. As concentrações de prolina foram estabelecidas baseando-se em estudo desenvolvido por Lima et al. (2016).

O preparo do solo foi realizado através de aração e gradagem, visando o destorroamento e nivelamento do solo, em seguida sendo feita a demarcação, instalações do sistema de irrigação e posteriormente sendo coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 30 cm, formando-se uma amostra composta de 500g para determinação das características físicas e químicas do solo de acordo com metodologia de Teixeira et al. (2017).

A adubação de fundação foi realizada com 10 L de esterco bovino, conforme recomendação de Silva e Silva (1997). Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, utilizando-se como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N) e como fonte de potássio o cloreto de potássio (60% de K₂O). Para atender a recomendação de NPK foram aplicados 40, 60 e 60 g planta⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A aplicação de micronutrientes foi realizada quinzenalmente através de um composto de Dripsol micro (Mg²⁺ = 1,1%; B = 0,85 %; Cu (Cu-EDTA) = 0,5%; Fe (FeEDTA) = 3,4 %; Mn (Mn-EDTA) = 3,2%; Mo = 0,05%; Zn = 4,2%; Contém 70% de agente quelante EDTA) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar utilizando-se em média 40 L por aplicação.

O sistema de irrigação utilizado foi de irrigação localizada por gotejamento, com tubos de PVC de 32 mm na linha principal e tubos de polietileno de baixa densidade, de 16 mm nas linhas laterais com gotejadores de vazão 10 L h⁻¹. Em cada planta foram instalados, dois gotejadores autocompensantes (modelo GA 10 Grapa), cada um a 15 cm do caule onde está sendo determinada a vazão média dos gotejadores como também coeficiente da uniformidade da aplicação da água. As

plantas são irrigadas diariamente, pela manhã, com fornecimento de água, sendo a lâmina determinada com base no método de Hargreaves-Samani (1982), obtida pela Eq. 1:

$$ET_o = 0,0023 \times Q_o \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times (T_{med} + 17,8) \dots \dots \dots (1)$$

$$ET_c = ET_o \times K_c \dots \dots \dots (2)$$

Em que: ET_o - evapotranspiração de referência, mm d^{-1} ; e T_{max} - Temperatura máxima do ar ($^{\circ}C$); T_{min} - Temperatura mínima do ar ($^{\circ}C$); T_{med} - Temperatura média do ar ($^{\circ}C$); Q_o - Irradiância solar extraterrestre (mm dia^{-1}) de evaporação equivalente; K_c - Coeficiente de cultura, adimensional.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada diariamente a partir de dados climáticos coletados na Estação Meteorológica de São Gonçalo, localizada no município de Sousa - PB, sendo os dados utilizados para determinação a ET_o pelo método de Penman-Monteith.

Os efeitos dos distintos tratamentos foram mensurados aos 298 dias após o transplântio pela quantificação dos pigmentos fotossintéticos. Os teores de clorofila e carotenóides foram determinados por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) 470, 647 e 663 nm, de acordo com a metodologia de Arnon (1949). As concentrações de clorofila e carotenóides foram quantificadas a partir das Eqs. 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

$$\text{Clorofila a (Cl a)} = (12,21 \times ABS_{663}) - (2,81 \times ABS_{646}) \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Clorofila b (Cl b)} = (20,13 \times ABS_{646}) - (5,03 \times ABS_{663}) \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{Clorofila total (Cl t)} = (7,15 \times ABS_{663}) + (18,71 \times A_{646}) \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{Carotenóides (Car)} = ((1000 \times ABS_{470}) - (1,82 \times Cl a - (85,02 \times Cl b)) / 198 \dots \dots (6)$$

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição (teste de Shapiro-Wilk) e posteriormente foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, em caso de significância, realizou-se análise e teste de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para as concentrações de prolina e regressão linear e polinomial para turnos de rega, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

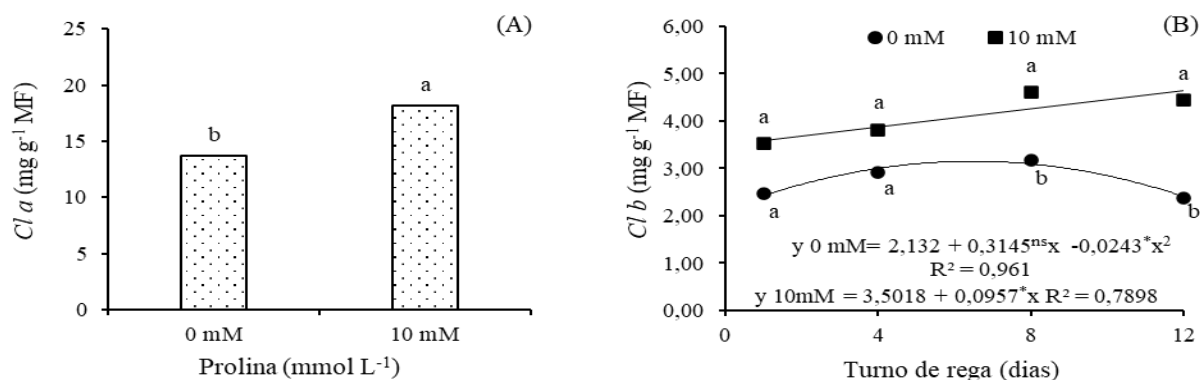
Houve efeito significativo entre os fatores (TUR×PRO) apenas para o teor de clorofila b ($Cl b$) das plantas de pinheira cultivadas sob diferentes turnos de rega e aplicação foliar de prolina (Tabela 1). Nota-se ainda que, a aplicação foliar de prolina afetou significativamente todas as variáveis analisadas das plantas de pinheira aos 298 DAT.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente à clorofila a ($Cl a$), b ($Cl b$), total ($Cl t$) e carotenóides (Car), das plantas de pinheira sob diferentes turnos de rega e aplicação foliar de prolina, aos 298 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		$Cl a$	$Cl b$	$Cl t$	Car
Turnos de rega (TUR)	3	11,1032 ^{ns}	1,0794 ^{ns}	13,7942 ^{ns}	0,9692 ^{ns}
Regressão linear	1	17,7209 ^{ns}	1,2757 ^{ns}	38,8809 ^{ns}	1,6656 ^{ns}
Regressão quadrática	1	11,1344 ^{ns}	1,4403 ^{ns}	1,1141 ^{ns}	0,0734 ^{ns}
Prolina (PRO)	1	160,4825 ^{**}	6,7243 [*]	106,7589 [*]	11,1002 ^{**}
Interação (TUR × PRO)	3	19,2057 ^{ns}	3,3004 [*]	50,9889 ^{ns}	1,4996 ^{ns}
Blocos	3	6,4881 ^{ns}	0,3257 ^{ns}	2,5162 ^{ns}	0,6843 ^{ns}
Resíduo	21	9,0141	0,9428	14,5424	1,1281
CV (%)	-	18,87	28,39	19,00	18,26

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; * significativo em nível de 0,05 de probabilidade; ** significativo em nível de 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Os teores de clorofila a das plantas submetidas à aplicação de 10 mmol L^{-1} foram superiores estatisticamente em relação as que não receberam prolina (0 mmol L^{-1}) (Figura 1A). Comparando-se em termos relativos, verifica-se um incremento de 4,47 mg g^{-1} MF entre as plantas cultivadas com 0 e 10 mmol L^{-1} . Possivelmente a aplicação exógena de prolina favoreceu a síntese de clorofila a , pois, este osmólito promove benefícios significativos de tolerância ao estresse, reduzindo assim danos a estruturas celulares além de proporcionar um melhor rendimento às plantas (Merwad et al., 2018).

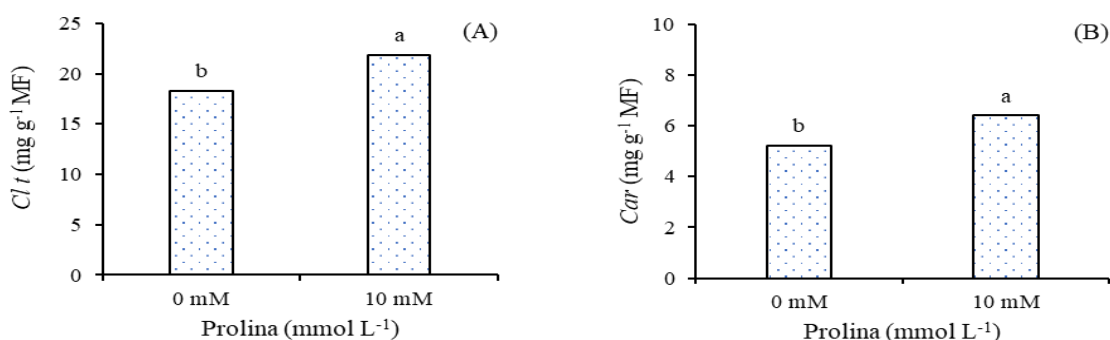


Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Clorofila *a* das plantas de pinheira sob aplicação foliar de prolina (A) e teores de clorofila *b* em função dos turnos de rega, aos 298 dias após o transplantio.

O teor de clorofila *b* foi influenciado significativamente pela interação entre os turnos de rega e aplicação foliar de prolina (Figura 1B). Verifica-se que as plantas que não receberam aplicação foliar de prolina (0 mmol L⁻¹) obtiveram um valor máximo estimado para Cl *b* de 3,17 mg g⁻¹ MF com turnos de rega de 8 dias. Por outro lado, nota-se que a aplicação de prolina na concentração de 10 mmol L⁻¹ proporcionou aumento linear nos diferentes turnos de rega, quando comparados ao tratamento testemunha (0 mmol L⁻¹). Ao comparar os teores de Cl *b* nas plantas submetidas ao turno de rega de 12 dias em relação as cultivadas sob 1 dia, constata-se incremento de 0,93 mg g⁻¹ MF. O aumento na síntese de clorofila *b* pode estar relacionado ao acúmulo de prolina nas plantas sob estresse hídrico, e sua atuação na redução do potencial osmótico de modo a promover a regulação da planta com o ambiente, garantindo que mesmo em condições de solos submetidos ao déficit hídrico ocorra a absorção de água e nutrientes, amenizando, portanto, os efeitos do estresse que interfere na fisiologia da planta (Monteiro et al., 2014).

Para os teores de clorofila total das plantas de pinheira (Figura 2A), verifica-se que as plantas sob aplicação foliar de prolina na concentração de 10 mmol L⁻¹ diferiram estatisticamente das que receberam 0 mmol L⁻¹. Devido a sua capacidade de integração de proteínas, aumento da atividade de enzimas responsáveis pela eliminação das espécies reativas de oxigênio, a prolina pode proteger o aparato fotossintético, induzindo, portanto, o aumento da síntese de clorofila total (Szabados & Savouré, 2010).



Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 2. Clorofila total (A) e carotenoides (B) das plantas de pinheira cultivadas sob diferentes concentrações de prolina, aos 298 dias após o transplantio.

Com relação aos teores de carotenoides (Figura 2B), nota-se que a aplicação de 10 mmol L⁻¹ resultou em aumento significativo nesta variável, sendo superior estatisticamente em relação as plantas que não receberam prolina (0 mmol L⁻¹). Ao comparar os teores de carotenoides das plantas

submetidas a 10 mmol de prolina em relação ao tratamento controle (0 mmol L⁻¹), constata-se incremento de 1,18 mg g⁻¹ MF. O efeito benéfico da aplicação de prolina na concentração de 10 mM pode estar relacionado as funções que este osmólito exerce na proteção das estruturas do cloroplasto, mais especificamente do fotossistema II, protegendo o aparato fotossintético (Moustakas et al., 2011)

CONCLUSÃO

A aplicação exógena de prolina na concentração de 10 mmol L⁻¹ promoveu aumento nos teores de clorofila a, b, total e carotenoides das plantas de pinheira aos 298 dias após o transplântio

O aumento nos turnos de rega de 1 para 12 dias estimula a biossíntese de clorofila b nas plantas de pinheira, aos 298 dias após o transplântio.

AGRADECIMENTOS

A UFCG pela concessão de projeto PIVIC a primeira autora.

REFERÊNCIAS

- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- Braga Sobrinho, R. Potencial de exploração de anonáceas no nordeste do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.
- Chaumont, F.; Tyerman, S. D. Aquaporins: highly regulated channels controlling plant water relations. *Plant physiology*, v. 164, n. 4, p. 1600-1618, 2014.
- Coelho, J. B. M.; Neto, E. B.; Barros, M. D. F. C.; Albuquerque, E. R. G. M. de. Crescimento e Acúmulo de solutos Orgânicos no Feijão *Vigna* Submetido ao estresse salino. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, v. 13, p. 242-256, 2018.
- Hargreaves, G. H.; Samani, Z. A. Estimating potential evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 108, n.3, p. 225-230, 1982.
- Kirkham, M. B. Principles of soil and plant water relations. Academic Press, 2014.
- Lacerda, C. F.; Cambraia, J.; Cano, M. A. O.; Ruiz, H. A.; Prisco, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under stress. *Environmental and Experimental Botany*, v. 49, n. 2, p. 107-120, 2003.
- Lima, G. S; Santos, J. B.; Soares, L. A. A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Pereira, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. *Comunicata Scientiae*, v.7, n. 4, p.513-522, 2016.
- Merwad, A. R. M.; Desoky, E. S. M.; Rady, M. M. Response of water deficit stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. *Scientia Horticulturae*, v.228, n. sn, p.132-144, 2018.
- Monteiro, J. G.; Cruz, F. J. R.; Nardin, M. B.; dos Santos, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 1, p. 18-25, 2014.
- Moustakas, M.; Sperdouli, I.; Kouna, T.; Antonopoulou, C.; Theiros, I. Exogenous proline induces soluble sugar accumulation and alleviates drought stress effects on photosystem II functioning of *Arabidopsis thaliana* leaves. *Plant Growth Regulation*, v. 65, n. 2, p. 315-325, nov. 2011.
- Oliveira Neto, C. F.; Oliveira, T. B. D.; Silva, K. R. S.; Nogueira, G. A. S.; Maltarolo, B. M.; Costa, T. C.; Cardoso, K. P. S.; Souza, L. C. Silva, R. T. L. de, Siqueira, J. A. M. Nitrogen compounds and enzyme activity in Young muruçi (*Byrsonima crassifolia* L.) plant subjected to water stress. *Australian Journal of Crop Science*, v.10, n.1, p. 111-117, 2016.
- Santos, M. R. E.; Brito, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. *Revista Agrotecnologia*, v.7, n. 1, p.33-41, 2016.
- Silva, A. Q.; Silva, H. Nutrição e adubação de anonáceas. IN: São José, A.R.; Souza, I.V.B.; Morais, O.M.; Rebouças, T.N.H. Anonáceas, produção e mercado (Pinha, Graviola, Atemóia e Cherimólia). Vitória da Conquista (BA): DFZ/UESB, 1997. p.118- 137.
- Szabados, László; Savouré, Arnould. Prolina: um aminoácido multifuncional. *Tendências na ciência das plantas*, v. 15, n. 2, pág. 89-97, 2010.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.