

TROCAS GASOSAS DE GOIABEIRA ENXERTADA SOB ESTRESSE HÍDRICO E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO

THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA¹, CASSIANO NOGUEIRA DE LACERDA², JESSICA DAYANNE CAPITULINO³, LARISSA FERNANDA DE SOUZA SANTOS⁴ E JESSICA ARAGÃO⁵

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, thiago.filipe.la@gmail.com;

²Doutorando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, cassianonogueiraagro@gmail.com;

³Doutoranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, capitulinoj@hotmail.com;

⁴Mestranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, englarissafss@gmail.com;

⁵Mestranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, jessica_aragao@outlook.com

RESUMO: A goiabeira é uma frutífera que se destaca pelo seu alto potencial produtivo e por suas formas de uso, sendo consumida *in natura* ou através de processados, no entanto, problemas ambientais como estresse hídrico pode afetar seu sistema de cultivo. Diante do exposto objetivou-se com esse trabalho avaliar as trocas gasosas da goiabeira enxertada sob condições de estresse hídrico e aplicação foliar de ácido ascórbico. O experimento foi desenvolvido sob condições de casa-de-vegetação utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×4 , cujos tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: duas lâminas da água de irrigação – LI (50 e 100% da evapotranspiração real) e quatro concentrações de ácido ascórbico – AA (0; 30; 60 e 90 mM), com três repetições. A aplicação de ácido ascórbico na concentração de 60 mM aumentou a concentração interna de CO₂ nas plantas cultivadas sob lâmina de 100% da. A concentração de 30 mM de ácido ascórbico promoveu incremento na transpiração, condutância estomática e taxa de assimilação de CO₂ na goiabeira, aos 150 dias após o transplântio.

PALAVRAS-CHAVE: *Psidium guajava* L., semiárido, escassez hídrica.

GAS EXCHANGE OF GUAVA TREE GROPPED UNDER WATER STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF ASCORBIC ACID

ABSTRACT: Guava is a fruit that stands out for its high productive potential and for its forms of use, being consumed *in natura* or through processed, however, environmental problems such as water stress can affect its cultivation system. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the gas exchange of grafted guava under conditions of water stress and foliar application of ascorbic acid. The experiment was carried out under greenhouse conditions, using a randomized block experimental design, in a 2×4 factorial arrangement, whose treatments resulted from the combination of two factors: two irrigation water depths - LI (50 and 100 % of real evapotranspiration) and four concentrations of ascorbic acid – AA (0; 30; 60 and 90 mM), with three replications. The application of ascorbic acid at a concentration of 60 mM increased the internal concentration of CO₂ in plants cultivated under a water depth of 100% da. The concentration of 30 mM of ascorbic acid promoted an increase in transpiration, stomatal conductance and CO₂ assimilation rate in guava at 150 days after transplanting.

KEYWORDS: *Psidium guajava* L., semiarid, water scarcity.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores exportadores de frutas tropicais se destacando entre elas a goiaba fruto esse de alto potencial nutricional, dentre as cultivares mais cultivadas se destaca a cultivar Paluma possuindo grande importância socioeconômica principalmente devido a suas diversas formas de uso, podendo seu consumo se dar de forma *in natura* ou através de processados como, geleia, sucos, polpa, sorvetes, etc (Onias et al., 2018). A região Nordeste se destaca como a maior produtora

de goiaba sendo responsável por boa parte da produção total brasileira que no ano de 2020 foi de 584.223 toneladas no qual os estados de Pernambuco, Bahia e Ceará têm uma produção de 36.461, 20.681 e 10.212 kg ha⁻¹ respectivamente. A Paraíba, por sua vez obteve uma produção de 2.360 toneladas ha⁻¹ correspondendo a um rendimento médio de 7.200 kg ha⁻¹ (IBGE, 2021).

Apesar da potencialidade da região semiárida nordestina para a produção de goiaba, existem limitações em decorrência das condições climáticas como, irregularidade pluviométricas e altas taxas de evapotranspiração dificulta o cultivo de forma contínua (Machado; Serralheiro, 2017). Tais condições afeta a disponibilidade de água para as culturas, podendo acarretar o estresse hídrico reduzindo assim o crescimento e produtividade, além disso, o déficit hídrico pode ocasionar o fechamento estomático, e diminuição da captação de CO₂ (Furlanetto; Silva, 2017). Diante disso, a busca por estratégias para atenuar os efeitos do estresse hídrico é de extrema importância para produção sob condições de irrigação. Dentre estas alternativas destaca-se aplicação de ácido ascórbico. O ácido ascórbico possibilita a desintoxicação de espécies reativas de oxigênio que são subprodutos do estresse oxidativo ocasionado pela redução na disponibilidade de água (Alves et al., 2021). A pulverização do ácido ascórbico aumenta a resistência ao estresse hídrico reduzindo os efeitos deletérios oxidativo (Khazaei; Estaji, 2020). Diante do exposto objetivou-se com esse trabalho avaliar as trocas gasosas da goiabeira enxertada sob condições de estresse hídrico e aplicação foliar de ácido ascórbico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante o período de janeiro a maio de 2022 sob condições de casa de vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, localizado pelas coordenadas locais 07°15'18'' latitude S, 35°52'28'' de longitude O e altitude média de 550 m.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 × 4, cujos tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: duas lâminas de água de irrigação (50 e 100% da evapotranspiração real - ETr) e quatro concentrações de ácido ascórbico – AA (0; 30; 60 e 90 mM), com três repetições. As lâminas de irrigação foram estabelecidas com base no consumo da cultura por lisimetria de drenagem. Já as concentrações de ácido ascórbico (AA) foram determinadas de acordo com pesquisa desenvolvida por (Shafiq et al. 2014).

Foram utilizados recipientes com capacidade de 200 L adaptados como lisímetros de drenagem. O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando-se uma camada de 1 kg de brita tipo zero, seguido de 250 kg de um Neossolo Regolítico (Entisol) de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas								
pH H ₂ O	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c kg ⁻¹					
4,93	9,3	10,7	0,2	0,51	1,77	1,60	2,64	0,51
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
1,15	7,23	0,38	7,05	7609	1645	746	13,07	5,26

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

As mudas foram provenientes do viveiro de mudas localizado em Sousa-PB e para o enxerto a cv. Paluma. As mudas foram adquiridas com 70 dias após a enxertia. Antes do transplantio das mudas, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade máxima de retenção de água.

O volume de água aplicado em cada tratamento foi mensurado por meio do consumo das plantas sob 100% da ETr, usando-se do método da lisimetria de drenagem (Bernardo et al., 2008). Assim, para irrigação da lâmina de 50% multiplicou-se o valor da ETr obtida pelo percentual de evapotranspiração, diariamente.

A aplicação do ácido ascórbico deu-se através de um pulverizador costal, no período da tarde para obter o maior aproveitamento na absorção da solução aplicada, isolando as plantas individualmente a fim de evitar a deriva.

Realizou-se a adubação com nitrogênio, potássio e fósforo, de acordo com recomendação de Cavalcanti (2018), realizando-se aplicações quinzenais. Os tratos culturais no controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram feitos de acordo com a necessidade da cultura.

Aos 150 DAT foram analisadas as trocas gasosas através da taxa de assimilação de CO₂ – *A* (mol CO₂ m⁻² s⁻¹), transpiração – *E* (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática – *gs* (mol m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ – *Ci* (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), eficiência instantânea do uso da água – *EiUA* [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e eficiência instantânea de carboxilação – *EiCi* [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol m⁻² s⁻¹)⁻¹].

As trocas gasosas foram determinadas utilizando-se um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK). As leituras foram realizadas entre 7:00 e 9:00 horas da manhã, na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical, conduzidas sob condições naturais de temperatura do ar e concentração de CO₂, utilizando-se uma fonte artificial de radiação de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando houve significância, foi realizado o teste de Tukey (p ≤ 0,05), para as lâminas de irrigação, e, quando significativo, realizou-se a análise de regressão polinomial linear, quadrática para as concentrações de ácido ascórbico (p ≤ 0,05), usando o programa estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se efeito significativo (p<0,01) das lâminas de irrigação para a concentração interna de CO₂ (*Ci*), transpiração (*E*) e a condutância estomática (*gs*) das plantas de goiabeiras, aos 150 dias após a semeadura (Tabela 2). As concentrações de ácido ascórbico influenciaram de forma significativa todas as variáveis analisadas. A interação entre os fatores (LI × AA), afetou de forma significativa apenas a concentração interna de CO₂ (*Ci*) das plantas de goiabeira.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, para a concentração interna de CO₂ (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*) e taxa de assimilação de CO₂ (*A*), de goiabeira cv. Paluma irrigadas com águas salinas e aplicação foliar de ácido salicílico, aos 150 dias após o transplantio.

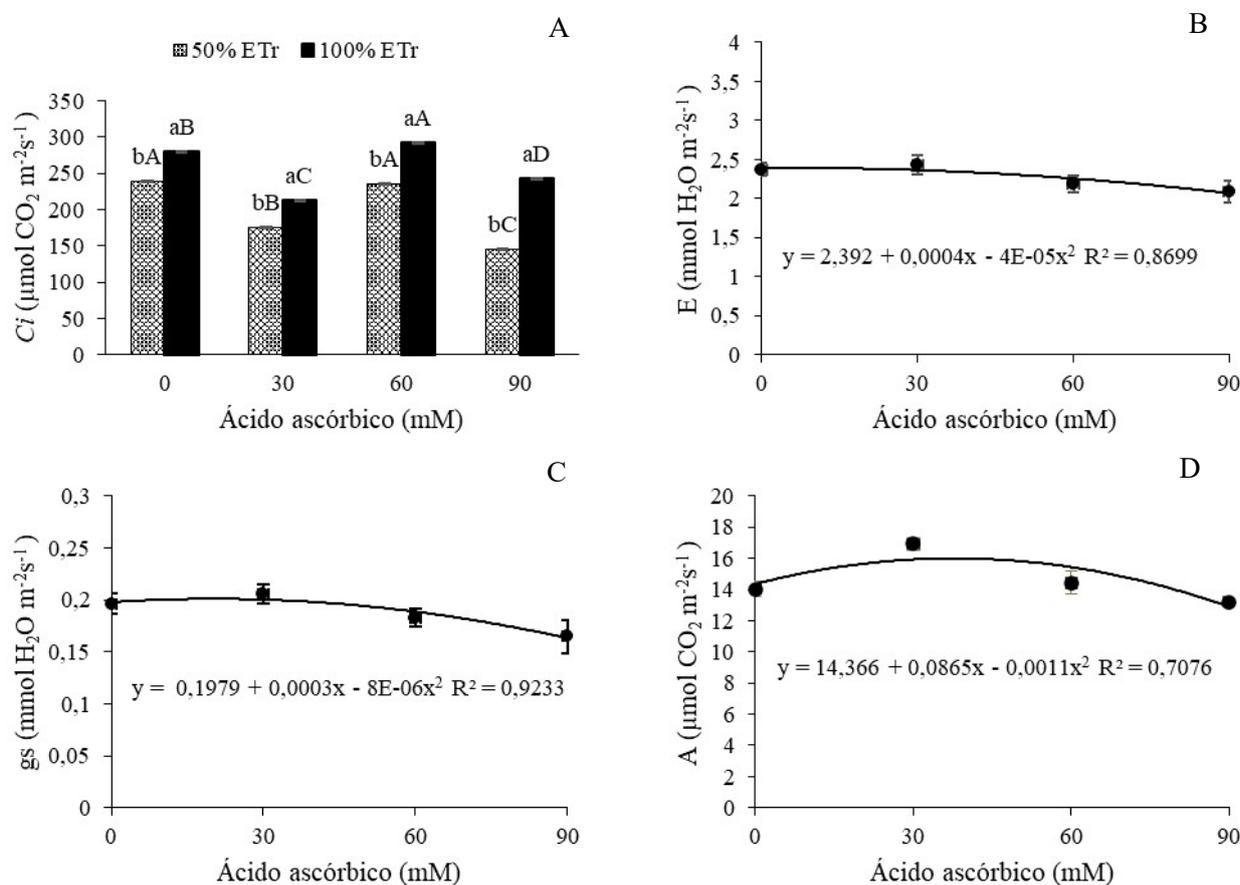
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>
Lâminas de irrigação (LI)	1	5310,37**	0,88**	0,0084**	4,65 ^{ns}
Ácido ascórbico (AA)	3	9061,37**	0,15**	0,0019*	15,40**
Regressão Linear	1	4725,07**	0,239**	0,0020*	1,88 ^{ns}
Regressão quadrática	1	18,37 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,000104 ^{ns}	4,32 ^{ns}
Interação (LI × AA)	3	6102,37**	0,042 ^{ns}	0,00074 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Bloco	3	1096,12 ^{ns}	0,0048 ^{ns}	0,000054 ^{ns}	1,30 ^{ns}
Resíduo	14	255,12	0,021	0,000354	1,54
CV (%)		7	6,43	10,01	8,47

A concentração interna de CO₂ (Figura 1A) das plantas de goiabeira diferiu estatisticamente quando foi imposto as concentrações de ácido ascórbico na concentração de 60 (mM) e irrigação com lâmina de 100%, já para a lâmina de 50% a maior concentração interna de CO₂ ocorreu no tratamento controle (0 mM). Considerando o efeito das lâminas em todas as concentrações, houve oscilação na

medida em que a concentração de AA se eleva. Contudo, não houve diferença significativa quando se utilizou as concentrações de 0 e 60 mM na lâmina de 50%. Já para a lâmina de 100%, todas as concentrações de AA apresentaram diferenças significativas com valor máximo de 292,00 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ obtido na concentração de 60 mM de AA e um valor mínimo de 280,00 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ quando as plantas receberam para a concentração de 30 mM de AA.

Esta diferença da concentração interna de CO_2 (C_i) pode ser explicado pelo fechamento e abertura dos estômatos, que mantem os valores de (C_i) oscilantes na medida em que há a condutância estomática (Farquhar; Sharkey, 1982). Este fenômeno pode ser observado pela sua redução de 15,81% (Figura 1C), fato este, que ocorre pois, quanto maior for a frequência de abertura dos estômatos maior será a difusão de CO_2 na câmara subestomática (Gupta; Thind, 2015).

Figura 1. Teores de concentração interna de CO_2 (C_i), Transpiração (E), condutância estomática (g_s) e taxa de assimilação de CO_2 (A) das plantas de goiabeira cv. Paluma, em função da interação entre as lâminas de irrigação e as concentrações de ácido ascórbico, aos 150 dias após o transplântio.



A transpiração (E) apresentou um comportamento semelhante à condutância estomática (g_s) tendo uma redução de 11,81% entre as plantas que receberam a menor (0 mM) e maior (90 mM) concentração de ácido de ácido ascórbico (Figuras 1B e 1C). Isso pode ser explicado pela relação que a transpiração possui com o fechamento e abertura dos estômatos já que a baixa demanda de CO_2 no interior da folhagem não fazem os estômatos abrirem de forma eficiente aumentando a resistência dos estômatos, acarretando na diminuição substancial de água (Taiz; Zeiger, 2013).

Para a taxa de assimilação de CO_2 (A) (Figura 1D), verifica-se que o valor máximo estimado de 16,94 foi obtido nas plantas que receberam ácido ascórbico na concentração de 30 mM. Por outro lado, o valor mínimo estimado de 13,22 foi encontrado nas plantas que receberam concentração de ácido ascórbico de 90 mM. A maior taxa de assimilação de CO_2 nas plantas que receberam

concentração de 30 mM pode estar associada ao papel da enzima ascorbato e sua atuação como antioxidante (Nicholas, 1996).

CONCLUSÃO

A aplicação de ácido ascórbico na concentração de 60 mM aumenta a concentração interna de CO₂ nas plantas cultivadas sob lâmina de 100% da evapotranspiração real. A concentração de 30 mM de ácido ascórbico promoveu incremento na transpiração, condutância estomática e taxa de assimilação de CO₂ na goiabeira, aos 150 dias após o transplantio.

REFERÊNCIAS

- Alves, R.C.; Rossatto, D.R.; Silva, J.S.; Checchio, M.V.; Oliveira, K.R.; Oliveira, F.A.; Queiroz, S.F.; Cruz, M.C.P. and Gratão, P.L., 2021. Seed priming with ascorbic acid enhances salt tolerance in micro-tom tomato plants by modifying the antioxidant defense system components. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v.31, p.101927.
- Cavalcanti, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. Aproximação. 3. ed. Recife: IPA. 2018. 212 p.
- Farquhar, G. D.; Sharkey, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 33, n. 1, p. 317-345, 1982.
- Furlanetto, R. H.; Silva, C. R. da. Monitoramento remoto de plantas submetidas à condição de seca. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v. 10, n. 3, p. 115-126, 2017.
- Gupta, N.; Thind, S. K. Improving photosynthetic performance of bread wheat under field drought stress by foliar applied glycine betaine. *Journal of Agricultural Science and Technology, Nairobi Kenya*, v.17, n. 1, p.75-86, 2015.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola - lavoura permanente. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11954>. 2019>. Acessado em: Julho 2022.
- Khazaei, Z. and Estaji, A., 2020. Effect of foliar application of ascorbic acid on sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 42, n. 7, p. 118.
- Machado, R. M. A.; Serralheiro, R. P. Effect on vegetable crop growth: Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, v.30, n.3, p.1-13, 2017.
- Nicholas, S. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany*, , v. 78, n. 6, p. 661-669, 1996.
- Onias, E. E.; Teodosio, A. E. M. M.; Bomfim, M. P.; Rocha, R. H. C.; Lima, J. F.; Medeiros, M. L. S. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. *Revista de Ciências Agrárias*, v.1, n.3, p.849-860, 2018.
- Shafiq, S.; Akram, N. A.; Ashraf, M.; Arshad, A. Synergistic effects of drought and ascorbic acid on growth, mineral nutrients and oxidative defense system in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.36, n.3, p.1539–1553, 2014.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.) *Manual de métodos de análise de solo*. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573p.