

TROCAS GASOSAS DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

LUANA LUCAS DE SÁ ALMEIDA VELOSO^{1*}; ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA²;
CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO³; GEOVANI SOARES DE LIMA⁴;
ROMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA⁵

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, luana_lucas_15@hotmail.com;
²Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, andrealisson_cgpb@hotmail.com;
³Dr. Prof. Titular UAEA, UFCG, Campina Grande -PB, cvieiradeazevedo@gmail.com;
⁴Dr. Pesquisador PNP/CAPE/UFCEG, Campina Grande-PB, geovanisoareslima@gmail.com;
⁵Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, romulocarantino@gmail.com;

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas de mudas de maracujazeiro submetidas a irrigação com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. O experimento foi conduzido em citropotes sob condição de casa de vegetação, utilizando-se de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 e dS m⁻¹) associados a quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (0, 25, 50 e 75 µM), com quatro repetições. O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação aumentou a concentração de carbono interno e reduziu a transpiração, condutância estomática e a taxa fotossintética de mudas de maracujazeiro. O uso eficiente da água aumentou com o incremento da condutividade elétrica da água até o nível de 1,4 dS m⁻¹. As concentrações de peróxido de hidrogênio não influenciaram significativamente as trocas gasosas das mudas de maracujazeiro aos 45 dias após o semeio. Não houve interação entre os fatores níveis salinos e concentrações de peróxido de hidrogênio na fisiologia de mudas de maracujazeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis f. flavicarpa* D., salinidade e osmorreguladores.

GAS EXCHANGES OF MARACUJAZEIRO MUJERES UNDER SALT STRESS AND APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the gas exchange of passion fruit plants submitted to irrigation with saline water and exogenous application of hydrogen peroxide. The experiment was conducted on citropottes under greenhouse condition, using a Neo-Pollutric Eutrophic Neosol with a sandy-loam texture from the municipality of Lagoa Seca, PB. The treatments were distributed in a randomized block design, in a 4 x 4 factorial arrangement, with four levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.7, 1.4, 2.1 and 2.8 and dS m⁻¹) associated with four concentrations of hydrogen peroxide - H₂O₂ (0, 25, 50 and 75 µM) with four replicates. Increasing the electrical conductivity of irrigation water showed an increase in internal carbon concentration and reduction in transpiration, stomatal conductance and the photosynthetic rate of passion fruit seedlings. The concentrations of hydrogen peroxide did not significantly influence the physiology of passion fruit plants at 45 days after sowing. There was no interaction between the factors saline levels and concentrations of hydrogen peroxide in the physiology of passion fruit seedlings. The efficient use of water increased with the increase of the electrical conductivity of the water up to the level of 1.4 dS m⁻¹.

KEYWORDS: *Passiflora edulis f. flavicarpa* D., salinity and osmoregulators.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro está entre as frutíferas de maior expressão econômica, no Brasil, com produção de 703.489 t de frutos de maracujá, tendo os estados da Bahia, Ceará e Minas Gerais como os maiores produtores nacionais, responsáveis por mais de 68% da produção. O estado da Paraíba produziu 7.893 t, e os municípios de Araruna e Nova Floresta são os principais produtores (IBGE, 2016). Esta expressividade, estar associada às características físico-químicas dos frutos e à grande aceitação do suco e da fruta “in natura” no mercado nacional, está também direcionada às condições edafoclimáticas favoráveis para o seu crescimento, desenvolvimento e produção (Mendonça et al., 2006).

Mesmo a região Nordeste sendo considerada a mais expressiva produtora do maracujazeiro-amarelo, as águas disponíveis para irrigação, em várias áreas da região, nem sempre são de boa qualidade, fazendo com que o uso dessas águas com altos níveis de sais comprometa a formação de mudas e o estabelecimento da cultura sob manejo convencional (Bezerra et al., 2016).

Diante disso, a formação de mudas de maracujazeiro nesta região pode ser otimizada com o uso de técnicas que viabilizem o manejo de águas com excesso de sais, podendo-se destacar a aplicação exógena de baixas concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) na forma de pulverizações e/ou no pré-tratamento de sementes, provocando mudanças metabólicas, que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a nova exposição ao estresse (Aragão et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas de mudas de maracujazeiro submetido a irrigação com água salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante o período de junho a agosto de 2017, sob condições de casa de vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada em Campina Grande, PB, situada pelas coordenadas geográficas $07^{\circ} 15' 18''$ de latitude S, $35^{\circ} 52' 28''$ de longitude W e altitude média de 550 m.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 4×4 , com quatro repetições, referentes aos níveis de salinidade da água de irrigação, expressos pelos valores de condutividade elétrica- CEa (0,7;1,4; 2,1; e 2,8 $dS\ m^{-1}$), e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio- H_2O_2 (0, 25, 50 e 75 μM). Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (1,4; 2,1; e 2,8 $dS\ m^{-1}$) foram preparados dissolvendo-se os sais NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, na proporção equivalente de 7:2:1, entre Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 1,10 $dS\ m^{-1}$). Já o nível de 0,7 $dS\ m^{-1}$ foi obtido mediante diluição da água de abastecimento local em água de chuva (CEa = 0,02 $dS\ m^{-1}$).

A condução do experimento foi realizada em citropotes de polietileno com dimensões de 8 dm^3 preenchidos com um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa coletado na profundidade de 0-20 cm proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas características físico-hídricas e químicas foram determinadas conforme metodologia proposta por Donagema et al. (2011): Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , $Al^{3+} + H^+ = 26,0; 36,6; 1,6; 2,2$ e $19,3\ cmolc\ kg^{-1}$, respectivamente; pH (água 1:2,5) = 5,9; CEes ($dS\ m^{-1}$) = 1,0; matéria orgânica (%) = 1,36; areia, silte e argila = 732,9, 142,1, e 125,0 $dag\ kg^{-1}$, respectivamente; densidade aparente ($kg\ dm^{-3}$).

Antecedendo do semeio, as sementes passaram por um pré-tratamento com H_2O_2 , onde foram embebidas nas concentrações dos respectivos tratamentos por um período de 24 horas; em seguida elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo utilizando-se das respectivas águas de cada tratamento, logo após realizou-se a semeio colocando-se 5 sementes de maracujá a 3 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 20 dias após germinação foi realizado o desbaste com a finalidade de se ter apenas uma planta por citropote, deixando-se a mais vigorosa.

Após o semeio, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se, em cada citropote, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água mediante subtração de volume drenado do volume aplicado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 15 dias. Realizou-se a adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e fósforo, baseada em metodologia contida em Novais et al. (1991). Aplicaram-se 1,33 g de ureia, 1,5 g de cloreto de potássio e 3,6 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300 mg

kg⁻¹ do substrato de N, K e P, respectivamente, aplicados em cobertura em quatro aplicações via fertirrigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após semeadura (DAS). Aos 30 e 45 DAS realizaram-se às 17 horas pulverizações foliares com as devidas soluções de peróxido de hidrogênio de forma manual utilizando-se de um borrifador.

Os efeitos dos diferentes níveis de CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre as mudas de maracujá foram determinados através da avaliação de trocas gasosas foliares (condutância estomática - *gs*, concentração interna de CO₂ - *Ci*, taxa de transpiração - *E* e taxa de assimilação de CO₂ - *A*) realizada aos 45 DAS, para tanto, utilizou-se um analisador de gás infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+, da ADC. Com os dados coletados na avaliação calculou-se uso eficiente da água –EUA.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resumo do teste F não houve efeito significativo para a interação entre os fatores níveis salinos e concentrações de peróxido de hidrogênio (NS x H₂O₂) e para o fator peróxido de hidrogênio de forma isolada. Já os níveis salinos da água de irrigação exerceram influência significativa ($p < 0,01$) em todas as variáveis estudadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo do teste F, referente à concentração interna de carbono (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e uso eficiente da água (EUA) em mudas de maracujazeiro irrigado com águas salinas e aplicação de concentrações de peróxido de hidrogênio.

Fonte de variação	Teste F				
	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>	EUA
Níveis salinos (NS)	**	**	**	**	*
Regressão linear	**	**	**	**	*
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	*
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	ns	ns	ns	ns	ns
Regressão linear	ns	ns	ns	ns	ns
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	ns	ns	ns	ns
Blocos	**	**	*	*	**
CV (%)	16,96	30,20	34,53	19,32	30,19

** ns, **, * Respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e a $p < 0,05$.

O incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) promoveu aumento linear de 7,29% na concentração de carbono interno nas mudas de maracujazeiro (Figura 1A), ou seja, as mudas irrigadas com maior nível salino (2,1 dSm⁻¹) apresentaram um aumento na taxa de carbono interno de 15,30% em relação as mudas submetidas a irrigação com água de 0,7 dS m⁻¹. Este tipo de comportamento evidencia a ocorrência não só de dano ao aparato fotossintético na etapa de carboxilação, mas também, aumento no processo de fototranspiração, já que a Rubisco como oxigenase é quem catalisa o primeiro passo dessa rota (Soares et al., 2013).

A transpiração das mudas de maracujazeiro reduziu linearmente em resposta ao aumento da salinidade da água e conforme a equação de regressão houve redução de 33,93 % nas mudas irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹ em comparação às irrigadas com água de 0,7 dSm⁻¹ (Figura 1B). A redução da transpiração provavelmente é uma consequência do fechamento estomático que é tida como um mecanismo de tolerância a salinidade que reduz o processo transpiratório como também regula a entrada de água nas plantas com isso evitando também a entrada de sais, reduzindo dessa forma a toxicidade por íons específicos para reduzir a perda de água (Flowers & Flowers, 2005).

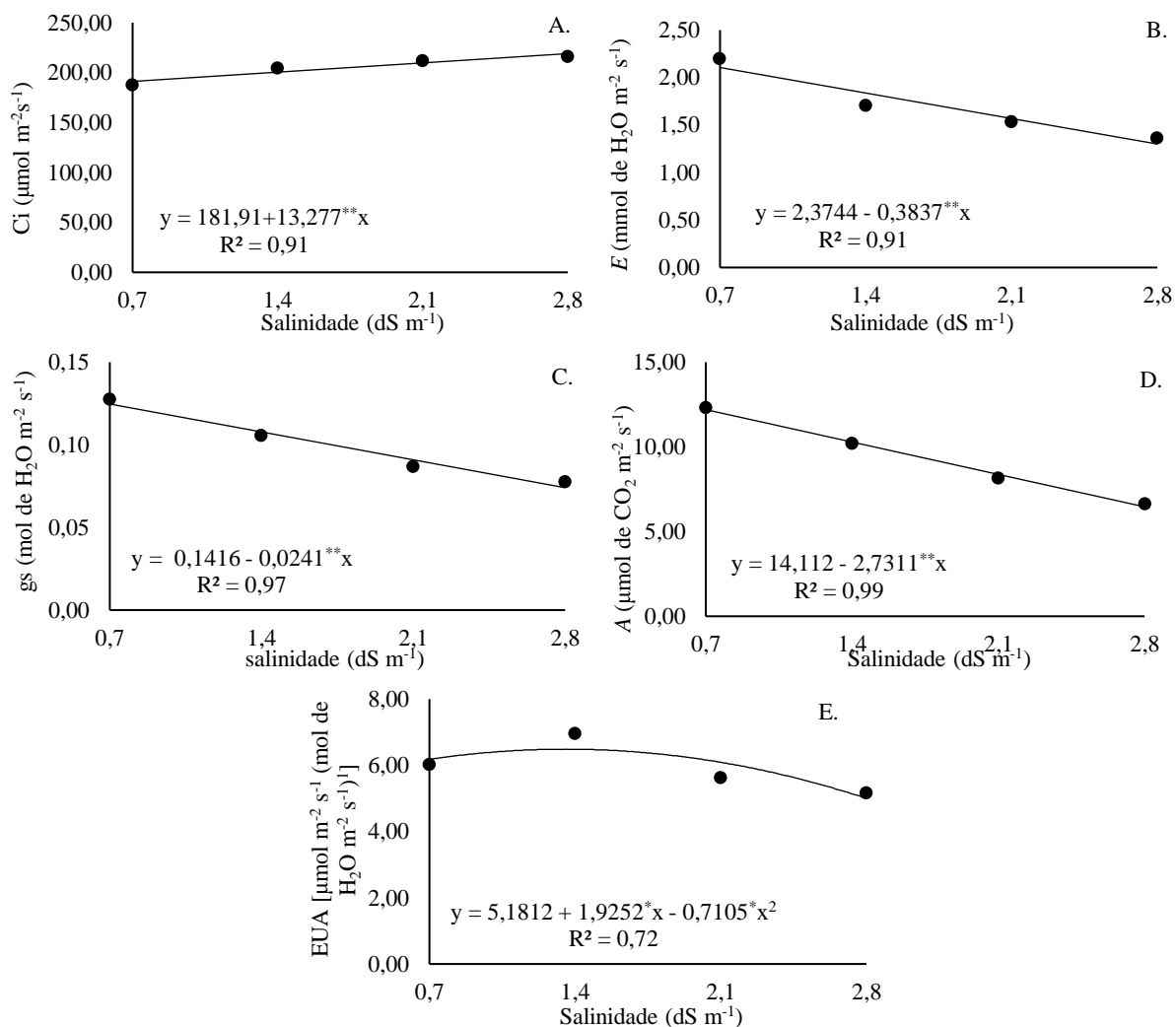


Figura 2. Concentração de carbono interno – C_i (A), transpiração - E (B), condutância estomática (g_s), taxa fotossintética (A) e eficiência no uso da água (EUA) de mudas de maracujazeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação

A condutância estomática (g_s) em função da irrigação com níveis crescentes da CEa, apresentou redução linear e segundo a equação de regressão constata-se que as plantas irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹ tiveram um decréscimo de 35,74 % em comparação com as mudas sob irrigação com CEa de 0,7 dS m⁻¹ (Figura 2C). Denota-se que esse fechamento parcial dos estômatos seja decorrente do efeito osmótico, associado ao acúmulo de sais no solo, e também em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (Gomes et al., 2015).

Assim como ocorrido para a transpiração e a condutância estomática, o aumento da condutividade elétrica afetou de forma negativa a taxa de fotossíntese líquida (A), verificando-se um declínio na ordem de 19,35 % com o aumento unitário da CEa (Figura 1D). A redução da taxa fotossintética pode estar atribuída a redução da abertura estomática. Silva et al. (2013) relatam ainda que as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino. Além da condutância estomática, a redução da A pode estar atribuída as variações na concentração interna (C_i). Como verificado na figura 1A C_i está aumentando, significa que o CO₂ que está chegando às células do mesófilo não está sendo fixado na fase de carboxilação da ribulose 1,5- bifosfato-carboxilase-oxigenase (Rubisco), possivelmente por danos em sua estrutura, reduzindo então a taxa fotossintética (Tatagiba et al., 2014).

A eficiência no uso da água das mudas de maracujazeiro se ajustou ao modelo quadrático com o aumento da salinidade da água, atingindo maior valor (6,48 [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} (\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$]) ao se irrigar as plantas com água de 1,4 dS m⁻¹ (Figura 1E). A eficiência no uso da água expressa pela

relação entre a fotossíntese e a transpiração, em que os valores obtidos relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (Taiz & Zeiger, 2009). Logo, plantas que tenham capacidade de aumentar a eficiência no uso da água sob condições de salinidade, como as mudas até a CEa =1,4, possivelmente apresentam a capacidade de tolerância ao efeito do estresse salino, já que a redução do consumo de água implica na redução da absorção de íons específicos evitando o efeito tóxico na planta (Flowers & Flowers, 2005).

CONCLUSÃO

Irrigações com águas de condutividade elétrica a parti de 0,7 dS m⁻¹ afetam negativamente a condutância estomática, a transpiração e as taxas fotossintéticas das mudas de maracujá. A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio não atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre as trocas gasosas das mudas de maracujá aos 45 dias após o semeio.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor e a UFCG pelo local onde se desenvolveu a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Aragão, G. F.; Gomes-Filho, E.; Camelo, M. E.; Tarquinio, P. O. J. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agrárias*, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- Bezerra, J. D.; Pereira, W. E.; Silva, J. M. da; Raposo, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. *Revista Ceres*, v. 63, n.4, p. 502-508, 2016.
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B. de; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- Flowers, T.J.; Flowers, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- Gomes, K. R.; Sousa, G. G. de; Lima, F. A.; Viana, T. V. de A.; Azevedo, B. M.; Silva, G. L. da. Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino. *Irriga*, v. 20, n. 4, p. 680-693, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Anuário Estatístico do Brasil. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA): Rio de Janeiro: IBGE/SIDRA. Disponível em: Acesso em: 15 de maio de 2018.
- Soares, L. A. dos A.; Lima, G. S. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Pereira, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada, *Revista Verde*, v. 8, n.1, p.247-256, 2013.
- Mendonça, V.; Neto, S. E. A.; Ramos, J. D.; Carvalho, J. G.; Junior, V. C. A. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo, *Revista Caatinga*, v.19, n.1, p. 65-70, 2006.
- Novais, R. F.; Neves J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- Silva, F. L. B.; Lacerda, C. F.; Neves, A. L. R.; Sousa, G. G.; Sousa, C. H. C.; Ferreira, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. *Irriga*, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.
- Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. de F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. *Engenharia na agricultura*, v.22, n.2, p. 138-149, 2014.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant Physiology*. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2009, 782 p.