

## TROCAS GASOSAS DE LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' ENXERTADA EM HÍBRIDOS DE CITROS SOB SALINIDADE DA ÁGUA

Stefane Silva Santos<sup>1</sup>, Larissa Lorrane dos Santos<sup>1</sup>, Tainá Alves da Silva<sup>1</sup>, Marcos Eric  
Barbosa Brito<sup>2</sup>, Walter Dos Santos Soares Filho<sup>3</sup>, Pedro Dantas Fernandes<sup>4</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se, com este trabalho, analisar as trocas gasosas da limeira ácida 'Tahiti' enxertada em híbridos de citros sob irrigação com águas salinas no primeiro ano de produção. A pesquisa foi conduzida na fazenda experimental do Campus do Sertão, da Universidade Federal de Sergipe, município de Nossa Senhora da Glória - Sergipe. O experimento foi realizado em campo, usando-se de delineamento de blocos casualizados, com tratamentos arranjados a partir de uma parcela subdividida, onde, a parcela era composta por oito combinações copa/porta-enxerto (genótipos), relativos à limeira ácida 'Tahiti' enxertada em oito porta-enxertos, e a sub-parcela por três tipos de água com condutividade elétrica (0,14, 2,4 e 4,8 dS m<sup>-1</sup>). Resultando em 24 tratamentos, repetidos em 4 blocos. Após 270 dias do início do estresse salino foi realizado as avaliações de trocas gasosas das plantas, onde constatou-se que a salinidade afeta as trocas gasosas das plantas, afetando a fotossíntese, e os genótipos [TSKC x (LCR x TR) – 040] e (HTR – 069) são menos sensíveis ao estresse salino.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Citrus* spp., estresse salino, fisiologia

## GAS EXCHANGES OF ACID LIME 'TAHITI' GRAFTED IN CITRUS HYBRIDS UNDER WATER SALINITY

**ABSTRACT:** The objective of this work was to analyze the gas exchange of acid lime 'Tahiti' grafted in citrus hybrids under irrigation with saline waters in the first year of production. The search was conducted at the experimental farm of the Sertão Campus, Federal University of Sergipe, municipality of Nossa Senhora da Glória- Sergipe. The experiment was carried out in the field, using a randomized block design, with treatments arranged from a subdivided plot,

<sup>1</sup> Acadêmico (a) de Agronomia, Universidade Federal de Sergipe – UFS/Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória – Sergipe, e-mail: tainaa035@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor, Professor da Universidade Federal de Sergipe – UFS/Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória – Sergipe. Bolsista de CNPq, e-mail: marcosericbb@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Pesquisador A da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia

<sup>4</sup> Doutor, Professor da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – Paraíba. Bolsista de CNPq

where the plot was composed of eight canopy/rootstock combinations (genotypes), related to acid lime 'Tahiti' grafted in eight rootstocks, and the subplot by three types of water with electrical conductivity (0.14, 2.4 and 4.8 dS m<sup>-1</sup>). Resulting in 24 treatments, repeated in 4 blocks. After 270 days of the beginning of salt stress, evaluations of gas exchange of plants were performed, where it was found that salinity affects the gas exchange of plants, affecting photosynthesis, and genotypes [TSKC x (CSF x TR) - 040] and [(HTR – 069)] are less sensitive to salt stress.

**KEYWORDS:** *Citrus* spp., saline stress, physiology

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frutas cítricas e o maior exportador de suco concentrado e pasteurizado de laranja (IBGE, 2019). Destaca-se, também, o crescimento da exportação de limões e limas, frescos e secos, incluindo a lima ácida Tahiti, que no primeiro semestre de 2020 alcançou o valor de 43,58 mil toneladas (SECEX, 2020).

A citricultura tem grande importância social e econômica no Nordeste brasileiro, já que gera empregos, renda, além de benefícios sociais e alimentares. Todavia, observa-se que a produtividade da cultura é considerada baixa na região, cerca de 13,8 t ha<sup>-1</sup>, (IBGE, 2019). Isso pode estar associado as irregularidades na distribuição das chuvas, altas temperaturas e elevadas taxas de evapotranspiração, além da limitação quanto a disponibilidade de água de boa qualidade para fins de irrigação no semiárido.

No Nordeste, ainda, tem sido cada vez mais frequente a necessidade de usar águas com elevados teores de sais na irrigação como uma alternativa para suprir a demanda hídrica das culturas, principalmente no período de estiagem, quando a disponibilidade de água de boa qualidade diminui. Todavia, esses sais podem afetar o desenvolvimento e a produção das plantas, principalmente daquelas consideradas sensíveis, como as cítricas (MAAS, 1993). Dessa forma, objetivou-se com este trabalho analisar as trocas gasosas da limeira ácida 'Tahiti' enxertada em híbridos de citros sob irrigação com águas salinas no primeiro ano de produção.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na fazenda experimental do Campus do Sertão, da Universidade Federal de Sergipe, localizada no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe (10°12'18"

de latitude S e 37°19'39" de longitude W e altitude de 294 m), onde se tem, o clima semiárido quente e seco.

O experimento foi realizado em campo aberto, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos arranjos a partir de uma parcela subdividida, considerando-se: A. Parcela: oito combinações copa/porta-enxerto relativos à limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus xlatifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] enxertada em oito porta-enxerto, todos provenientes do programa de melhoramento genético de genótipos de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura (Tabela 1), e B. Sub-parcela: três tipos de água (salinidade), relativas a água proveniente do Rio São Francisco com condutividade elétrica (CEa) de 0,14 dS m<sup>-1</sup>, e soluções da água desse Rio com água de poço tubular diluída até as (CEa) 2,4 dS m<sup>-1</sup> e de 4,8 dS m<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Relação das combinações copa/porta-enxerto (genótipos). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Ordem	Genótipo	Ordem	Genótipo
1	TSKC x TRBK – 007	5	HTR – 069
2	TSKFL x TRBK – 030	6	TSKC x (LCR x TR) – 040
3	TSKC x CTTR – 012	7	TSKC x (LCR x TR) – 059
4	TSKFL x CTTR – 013	8	TSKC x CTARG – 019

HTR = híbrido trifoliado de laranja ‘Pera’ (*Citrus xsinensis* L.) com citrange [*C. xsinensis* L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] ‘Yuma’; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. xlimonia* Osbeck); TSKC = tangerineira ‘Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Comum’; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = *P. trifoliata* Beneke; CTARG = citrange [*C. xsinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata* (L.) Raf.] ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

Assim, tem-se, como resultados, 24 tratamentos repetidos em 4 blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil. As mudas foram obtidas junto ao viveiro de produção de mudas Tamafe®, que mantém parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas- BA, seguindo as recomendações de produção de mudas certificadas e usando-se materiais de origem apogâmica. Estas foram transplantadas e cultivadas em lisímetros de 60 L.

As irrigações das plantas eram realizadas por sistema de gotejamento instalado nos lisímetros, onde o valor da lâmina aplicada tinha como base o balanço hídrico, sendo que até os 30 dias após o transplântio (DAT) somente foi utilizado água do Rio São Francisco, após esse período teve início a aplicação das soluções, a qual perdurou até o período das avaliações, onde as mudas se encontravam na fase reprodutiva. As plantas receberam manejo nutricional seguindo as recomendações propostas em (MATTOS JUNIOR et al., 2005), e foram adotados os demais cuidados no controle de plantas espontâneas, prevenção e controle de pragas e doenças, normalmente recomendados na produção de citros (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

Aos 270 dias após o início do estresse salino foi realizado as avaliações de trocas gasosas das plantas usando-se de um analisador de gás no infravermelho (IRGA), tendo como base a terceira folha da planta contada a partir do ápice, obtendo-se as seguintes variáveis: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (E) (mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância

estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ). Com os dados, foram quantificadas a eficiência intrínseca no uso da água ( $EiUA$ ) por meio da divisão ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ ], eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $EiCi$ ), por meio da divisão ( $A/C_i$ ) e a eficiência instantânea no uso da água ( $A/g_s$ ) (SILVA et al., 2014).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, seguido por teste de agrupamento de médias para os genótipos e de comparação de médias entre as salinidades, ambos usando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar as trocas gasosas (Tabela 2), verificou-se efeito significativo do fator genótipo para as variáveis taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $EiCi$ ). Enquanto no fator salinidade houve efeito em taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), e eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $EiCi$ ), essas mesmas variáveis apresentaram o mesmo comportamento no fator, interação entre porta-enxertos (genótipos) e os níveis de salinidade.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância relativa as trocas gasosas das plantas para as variáveis taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $EiCi$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), eficiência intrínseca no uso da água ( $EiUA$ ) e eficiência instantânea no uso da água ( $A/g_s$ ), das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		$A$	$E$	$G_s$	$EiCi$	$C_i$	$EiUA^{\ddagger}$	$A/g_s$
Bloco	3	7,00032*	0,07052 <sup>ns</sup>	0,00184**	0,00004 <sup>ns</sup>	3400,871*	0,25884 <sup>ns</sup>	1541,082*
Gen.	7	6,65172**	0,14775 <sup>ns</sup>	0,00085*	0,00018*	373,331 <sup>ns</sup>	0,16804 <sup>ns</sup>	732,025 <sup>ns</sup>
Erro 1	21	1,70359	0,14728	0,00033	0,00005	716,363	0,19911	452,052
Salinidade	2	8,88328**	0,46843**	0,00140**	0,00017*	806,697 <sup>ns</sup>	0,07938 <sup>ns</sup>	828,630 <sup>ns</sup>
Gen x Sal	14	3,03835**	0,16526**	0,00039**	0,00007*	217,697 <sup>ns</sup>	0,10669 <sup>ns</sup>	444,775 <sup>ns</sup>
Erro 2	48	1,11719	0,04872	0,00015	0,00003	422,031	0,14511	340,271
CV 1 (%)		23,36	31,67	32,27	27,15	12,59	18,53	20,87
CV 2 (%)		18,92	18,22	21,95	22,23	9,66	15,82	18,11
Média		5,587	1,211	0,057	0,026	212,635	2,408	101,858
							(4,954)	

ns = não significativo; \* e \*\* significativos aos níveis de 5 % e 1 %, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = Genótipos (copa/ Porta-enxerto); Sal = salinidade.

Tal fato demonstra que a salinidade da água por conter uma elevada concentração de íons específicos, pode promover uma série de efeitos negativos na fisiologia das plantas, dentre os quais, as trocas gasosas são seriamente prejudicadas (SILVA et al., 2011).

Analisando a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ' $A$ ' de cada genótipo dentro dos níveis de salinidade (Tabela 3), verificou-se que o híbrido TSKC x (LCR x TR) – 040 obteve os maiores valores médios, tanto na menor quanto na maior salinidade, seguido do HTR – 069 e o TSKC x TRBK – 007. Entretanto, os valores de taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) estão dentro da faixa considerada normal para plantas cítricas, os quais variam de 4 a 10  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (MATTOS

JUNIOR et al., 2005). Assim, os valores obtidos podem ser considerados normais, mesmo com água de maior salinidade ( $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ), com exceção do genótipo [TSKC x CTTR – 012], que apresentou valor inferior a essa faixa.

Na variável transpiração ( $E$ ) (Tabela 3), quando irrigou as plantas com água de  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ , os porta-enxertos TSKC x TRBK – 007, TSKC x (LCR x TR) – 040 e TSKC x CTARG – 019 apresentaram as maiores médias, quando aumentou a salinidade houve decréscimo desses valores, principalmente nos genótipos TSKC x CTTR – 012 e TSKC x CTARG – 019.

**Tabela 3.** Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade para as variáveis (A)  $E$  ( $E$ ) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Salinidade Porta-enxerto	0,14	2,4	4,8	0,14	2,4	4,8
	A			E		
TSKC X TRBK – 007	6,440aA	6,400aA	5,466aA	1,395aA	1,240aA	1,196aA
TSKFL x TRBK – 030	4,380aB	4,526aA	5,850aA	1,063aA	0,950aA	1,266aA
TSKC x CTTR – 012	6,003aB	4,677abA	3,243bB	1,380aA	1,135aA	0,750bB
TSKFL x CTTR – 013	4,480aB	5,200aA	4,886aA	1,073aA	1,165aA	1,183aA
HTR – 069	6,893aA	6,057aA	5,620aA	1,386aA	1,300aA	1,060aA
TSKC x (LCR x TR) – 040	8,426aA	5,792bA	6,037bA	1,586aA	1,055abA	1,322bA
TSKC x (LCR x TR) – 059	5,610aB	5,960aA	5,550aA	1,322aA	1,396aA	1,430aA
TSKC x CTARG – 019	6,925aA	5,543abA	4,126bB	1,600aA	0,990bA	0,836bB

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta-enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ( $p \leq 0,05$ ) e minúsculas entre os níveis de salinidade, conforme teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). HTR = híbrido trifoliado de laranjeira ‘Pera’ (*Citrus xsinensis* L.) com citrange [*C. xsinensis* L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] ‘Yuma’; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. xlimonia* Osbeck); TSKC = tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Comum; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = *P. trifoliata* Beneke; CTARG = citrange [*C. xsinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata* (L.) Raf.] ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

A variável condutância estomática ( $gs$ ) (Tabela 4) representa a abertura dos estômatos da planta, sendo que, quando há maiores valores de  $gs$ , há tendência de maior influxo de  $\text{CO}_2$ . Logo com uma água de baixa salinidade  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ , os porta-enxertos TSKC x CTARG – 019, TSKC x (LCR x TR) – 040 e HTR – 069 apresentou os maiores valores, quando o nível de sal aumentou, esses valores diminuiram, ficando evidente que a salinidade afeta a  $gs$ . Carvalho et al. (2016), estudando híbridos de citros, destacaram variações de  $0,05$  a  $0,10 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , valores esses que são similares aos desse trabalho. Por fim, para a variável  $EiCi$  (Tabela 4), os melhores porta-enxertos foram: TSKC x (LCR x TR) – 040, HTR – 069) e TSKC x CTARG – 019 para o nível  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ , com o aumento da salinidade houve reduções em todos os genótipos.

**Tabela 4.** Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade para as variáveis  $Gs$  e ( $EiCi$ ) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Salinidade Porta-enxerto	0,14	2,4	4,8	0,14	2,4	4,8
	-----gs-----			-----EiCi-----		
TSKC X TRBK – 007	0,067aA	0,063aA	0,067aA	0,029aB	0,030aA	0,025aA
TSKFL x TRBK – 030	0,046aB	0,040aB	0,060aA	0,019aC	0,023aA	0,027aA
TSKC x CTTR – 012	0,063aB	0,047abB	0,030bB	0,028aB	0,022abA	0,014bA
TSKFL x CTTR – 013	0,050aB	0,050aB	0,050aA	0,020aC	0,024aA	0,022aA
HTR – 069	0,073aA	0,070aA	0,060aA	0,032aB	0,029aA	0,026aA
TSKC x (LCR x TR) – 040	0,083aA	0,057bA	0,057bA	0,041aA	0,028bA	0,030bA

TSKC x (LCR x TR) – 059	0,060aB	0,063aA	0,060aA	0,026aC	0,028aA	0,025aA
TSKC x CTARG – 019	0,072aA	0,043bB	0,036bB	0,032aB	0,027abA	0,027bA

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta-enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ( $p \leq 0,05$ ) e minúsculas entre os níveis de salinidade, conforme teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). HTR = híbrido trifoliado de laranjeira 'Pera' (*Citrus xsinensis* L.) com citrange [*C. xsinensis* L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] 'Yuma'; LCR = limoeiro 'Cravo' (*C. xlimonia* Osbeck); TSKC = tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Comum'; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira 'Sunki da Flórida'; TRBK = *P. trifoliata* Beneke; CTARG = citrange [*C. xsinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata* (L.) Raf.] 'Argentina'; CTTR = citrange 'Troyer'.

## CONCLUSÕES

A salinidade reduz as trocas gasosas das plantas de citros, em especial a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ<sub>c</sub> (*EiCi*); Águas de até 2,4 dS m<sup>-1</sup> podem ser usadas no cultivo de citros sem comprometer, significativamente as trocas gasosas das plantas. Os porta-enxertos TSKC x LCR x TR – 040 e HTR – 069 se sobressaíram com o aumento da salinidade e mantiveram o maior potencial fisiológico, e os porta-enxertos que apresentaram maior sensibilidade a salinidade foram TSKC x CTTR – 012 e o TSKC x CTARG – 019.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão; Ao Grupo de Estudos em Salinidade e Irrigação (GESI); Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq; À EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, e Semiárido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, L. M.; CARVALHO, H. W. L.; SOARES FILHO, W. S.; MARTINS, C. R.; PASSOS, O. S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 132-141, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **Levantamento Sistemático da produção agrícola**: junho 2020. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 09 junho 2020.
- MAAS, E. V. **Salinity and citriculture**. **Tree Physiology**, v. 12, n. 2, p.195–216, 1993.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D. de; PIO, R. S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**, Campinas, Instituto Agronômico e Fundag. p. 929, 2005.

SECEX- Secretaria de comercio exterior. **Base de dados do comércio exterior**, 2020. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-externo/estatisticas-de-comercio-externo/base-de-dados-do-comercio-externo-brasileiro-arquivos-para-download>.

SILVA, E. N. D.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.

SILVA, L. de A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. da S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. dos S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 1-7, 2014.