

FOTOSSÍNTESE DE LIMEIRA ÁCIDA ‘TAHITI’ ENXERTADA EM VARIEDADES DE CITROS SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Tainá Alves da Silva¹, Gabriel Oliveira Martins¹, Raimundo Rodrigues Melo Neto¹, Stefane Silva Santos¹, Evillyn Alexandra da Silva Santos¹, Marcos Eric Barbosa Brito²

RESUMO: O Brasil encontra-se entre os maiores produtores de frutas cítricas, tendo destaque a limeira ácida ‘Tahiti’, que no primeiro semestre de 2020 alcançou um valor de exportação 43,58 mil toneladas, no entanto, em determinadas condições de cultivo sua produção e fisiologia podem ser afetada pela qualidade da água utilizada na irrigação. Tal efeito pode ser minimizado com o uso de copa/ porta-enxerto tolerantes a salinidade. Assim, neste trabalho objetivou-se avaliar as trocas gasosas da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em novas variedades de citros sob irrigação com água salina na fase reprodutiva do primeiro ano de cultivo. Para isso, foi realizado um experimento na Universidade Federal de Sergipe - UFS, Campus do Sertão - SE, dispostos em blocos casualizados, com tratamentos organizados em parcela subdividida, sendo a parcela composta por cinco combinações entre a limeira ácida ‘Tahiti’ e novas variedades recomendadas como porta-enxertos de citros, e a subparcela relativa a três níveis de salinidade da água irrigação (0,14, 2,4 e 4,8 dS m⁻¹), sendo repetidos em quatro blocos. A aplicação do estresse salino nas plantas de citros ocorreu a partir dos 30 dias após o transplante (DAT) e perdurou até os 270 DAT, quando se avaliou as trocas gasosas das plantas, onde foi constatado que a salinidade ocasiona efeitos deletérios na fisiologia dos citros já que houve significância nas variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*). Além disso, os genótipos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck), os citrandarins ‘Indio’, ‘Riverside’ e ‘San Diego’, e a tangerineira ‘Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Tropical’ são responsivos a análise multivariada sendo considerados bons indicadores no estudo do estresse salino.

PALAVRAS-CHAVE: Águas salinas, porta-enxertos, trocas gasosas

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

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

PHOTOSYNTHESIS OF ACID LIME 'TAHITI' GRAFTED IN CITRUS VARIETIES UNDER SALINITY OF IRRIGATION WATER

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the gas exchange of 'Tahiti' acid lime grafted on new citrus varieties under irrigation with saline water in the reproductive phase of the first year. For this, an experiment was carried out at the Universidade Federal de Sergipe - UFS, Campus do Sertão - SE, arranged in randomized blocks, with treatments organized in a subdivided plot, and the plot was composed of five combinations between the 'Tahiti' acid lime and new varieties recommended as citrus rootstocks, and the subplot related to three levels of salinity of irrigation water (0.14, 2.4 and 4.8 dS m⁻¹), being repeated in four blocks. The application of saline stress in citrus plants occurred from 30 days after transplantation (DAT) and lasted until 270 DAT, when the gas exchange of the plants was evaluated, where it was found that salinity causes deleterious effects on plant physiology since there was significance in the variables CO₂ assimilation rate (*A*), transpiration (*E*), stomatic conductance (*g_s*) and intrinsic efficiency of carboxylation Φ_c (*EiCi*), and for rootstock factors (genotypes), salinity and the interaction between rootstocks and salinity. The varieties, Santa Cruz Rangpur lime (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck), citrandarins 'Indio', 'Riverside' and 'San Diego', and the Sunki Tropical tangerine [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], and variables studied are considered good indicators in the study of saline stress.

KEYWORDS: Gas exchange, rootstocks, saline Waters

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o segundo lugar no ranking mundial de produção de frutas cítricas (IBGE, 2019), dentre essas, inclui-se limeira ácida 'Tahiti' que, no primeiro semestre de 2020, alcançou o valor de 43,58 mil toneladas em exportação (SECEX, 2020). Essas plantas são cultivadas de diferentes formas, no entanto, predomina a utilização da técnica de enxertia, a qual une copa e porta-enxerto em uma mesma planta, o que pode alterar suas características, incluindo o consumo de água e a tolerância a fatores abióticos como a salinidade (RODRIGUEZ-GAMIR et al., 2010).

Em regiões áridas e semiáridas a exemplo da região Nordeste a maior parte da água disponível, em especial aquela disposta no subsolo possui elevados valores de condutividade elétrica, restringindo o seu uso na irrigação, já que a salinidade pode ocasionar distúrbios de

ordem osmótica e iônica. (GHEYI et al., 2016). Ainda, o crescimento e as trocas gasosas das plantas de citros podem ser afetados (BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2018).

Entretanto, o seu efeito é varável entre espécies e, mesmo em uma espécie, entre as fases de desenvolvimento e genótipos, ressaltando a importância de avaliar todos os aspectos das combinações copa/porta-enxerto. Dessa forma, objetivou-se avaliar as trocas gasosas da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em variedades de citros sob irrigação com água salina na fase de produção do primeiro ano.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na fazenda experimental do Campus do Sertão, da Universidade Federal de Sergipe, 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, predominantemente, o clima semiárido quente e seco.

Para tanto, foi realizado um experimento em campo aberto com delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos arranjos a partir de parcela subdividida, considerando-se, como parcela, cinco combinações copa/porta-enxerto (genótipos), relativos à limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus xlatifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] enxertada em cinco variedades de porta-enxerto, todas provenientes do programa de melhoramento genótipos de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo elas o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck), os citrandarins ‘Indio’, ‘Riverside’ e ‘San Diego’ e, ainda, a tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Tropical’, já na sub-parcela, tinha-se três tipos de salinidades da água de irrigação, relativas às águas proveniente do Rio São Francisco com condutividade elétrica (CEa) de 0,14 dS m⁻¹, e soluções da água desse Rio com água de poço tubular diluída até as (CEa) de 2,4 dS m⁻¹ e de 4,8 dS m⁻¹.

Juntando-se os fatores, tem-se, como resultado, 15 tratamentos (5 combinações copa/porta-enxerto x 3 tipos de água salina) as quais foram repetidas em quatro blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 60 parcelas. As plantas foram obtidas junto ao viveiro de produção de mudas Tamafe®, que mantém parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas- BA, estas foram transplantadas e cultivadas em lisímetros com capacidade de 60 L, seguiu-se as recomendações propostas em (MATTOS JUNIOR et al., 2005) para o manejo nutricional, o controle de plantas espontâneas, prevenção e controle de insetos pragas e doenças.

Quando as plantas estavam adaptadas ao ambiente deu início da aplicação dos diferentes tipos de água, o qual ocorreu aos 30 dias após o transplante (DAT), por meio de sistema de irrigação localizada, usando gotejadores de fluxo turbulento, de vazão de 18 L h⁻¹.

Aos 270 dias após o início do estresse salino, foi realizada a avaliação de trocas gasosas, usando-se de um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro⁺) com luz constante de 1.200 μmol de fótons m⁻² s⁻¹, tendo como base a terceira folha da planta contada a partir do ápice, obtendo-se as seguintes variáveis: taxa de assimilação de CO₂ (*A*) (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração (*E*) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática (*gs*) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ (*C_i*). De posse desses dados, foram quantificadas, a eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*) por meio da divisão (*A/E*) [$(\mu\text{mol}$ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹], eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*), por meio da divisão (*A/C_i*) e a eficiência instantânea no uso da água (*A/g_s*) (SILVA et al., 2014).

De posse desses dados, os mesmos foram submetidos a análise de variância, usando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014), seguida por análise de componentes principais, com uso do software RStudio, com dados padronizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados dispostos na Tabela 1, verifica-se diferenças significativas entre as combinações copa/porta-enxerto (genótipos) nas variáveis: taxa de assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*). Já no fator salinidade, apenas as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*) foram afetadas significativamente. Por último, a interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidades afetou a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*), de forma significativa.

Tabela 1. Resumo da análise de variância relativa as trocas gasosas das plantas para as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*), concentração interna de CO₂ (*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						
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i> ^z	<i>EiCi</i>	<i>C_i</i>	<i>EiUA</i> ^z	<i>A/g_s</i>
Bloco	3	11,8038**	0,3349 ^{ns}	0,00122**	0,00007 ^{ns}	4121,444*	0,08175 ^{ns}	1900,3271*
Gen.	4	21,7194**	0,6594*	0,00162**	0,00025*	1594,225 ^{ns}	0,17344 ^{ns}	1732,022 ^{ns}
Erro 1	12	1,2325	0,1357	0,00019	0,00003	1830,569	0,11834	491,025
Salinidade	2	6,9229*	0,1602 ^{ns}	0,00041*	0,00015*	1831,016 ^{ns}	0,03440 ^{ns}	1265,649 ^{ns}
Gen x Sal	8	4,3139*	0,1685 ^{ns}	0,00026 ^{ns}	0,00008*	697,725 ^{ns}	0,09475 ^{ns}	216,261 ^{ns}
Erro 2	30	1,7830	0,1520	0,00012	0,00003	652,494	0,10990	403,002
CV 1 (%)		17,21	25,78	1,36	20,93	19,14	14,49	23,57

CV 2 (%)	20,70	27,28	1,07	21,56	11,43	13,96	21,35
Média	6,449	1,429	1,036	0,029	223,566	2,374	94,858
			(0,075)			(4,748)	

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.

O comportamento das variedades (genótipos) foi analisado considerando as variáveis que são influenciadas pela salinidade, assim foi feita a análise de componentes principais por grupo de genótipos e ambientes (GGE – *biplot*), considerando a análise de multi-ambientes (HONGYU et al., 2015).

Por meio desta foi observado que todos os componentes principais (CPs) corroboram com mais de 90% da variação total, assim, são eficientes na correlação multivariada de genótipos (figura 1). Onde, as variedades alocadas nos vértices do polígono são as mais responsivas as variáveis pertencentes a esse grupo. Enquanto as que estão dentro dos polígonos são menos responsivas a estas variáveis, quando comparadas com as dos vértices (Figura 1) (Santos et al., 2017).

Assim, as variáveis analisadas na salinidade de 0,14 dS m⁻¹ (Figura 1A), formaram quatro grupos, onde o primeiro grupo aloca os genótipos, tangerineira ‘Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Tropical’(5) e o Citrandarin ‘San Diego’(4), o segundo o Citrandarin ‘Indio’ (2) e as variáveis *A/gs* e *EiUA*, o terceiro o genótipo Citrandarin ‘Riverside’ (3) e as variáveis *Ci*, *E*, *gs*, *A* e *EiCi*, e o último grupo o genótipo limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck) (1).

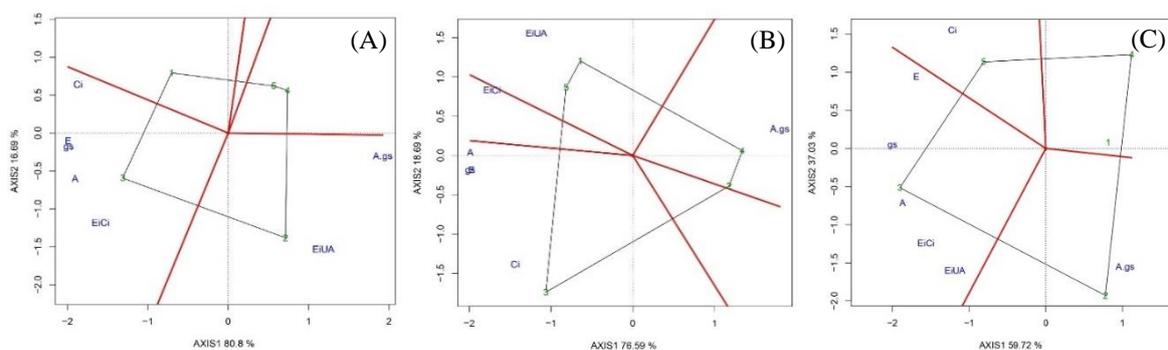


Figura 1. GGE- biplot apresentando o ‘Which-Won/Where’ quem vence em que, em cada quadrante para as salinidades de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,4 dS m⁻¹ (B) e 4,8 dS m⁻¹ (C) das variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea no uso da água (*A/gs*) e os cinco genótipos, 1= limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck), 2= Citrandarin ‘Indio’, 3= Citrandarin ‘Riverside’, 3= Citrandarin ‘San Diego’, 5= tangerineira ‘Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Tropical’.

Na salinidade de 2,4 dS m⁻¹ (Figura 1B), também formou-se quatro grupos, sendo o primeiro composto pela variável *A/gs* e os genótipos citrandarin ‘Indio’ (2) e Citrandarin ‘San Diego’(4), o segundo grupo as variáveis *Ci*, *E*, *gs* e *A*, e o genótipo Citrandarin ‘Riverside’ (3), o terceiro grupo alocou apenas a variável *EiCi* e o último grupo, os genótipos limoeiro ‘Cravo

Santa Cruz' (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck) (1) e tangerineira 'Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Tropical' (5) e a variável EiUA.

Já com 4,8 dS m⁻¹ (Figura 1C), o primeiro grupo alocou os genótipos limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC) (*C. limonia* Osbeck) (1) e o Citrandarin 'San Diego'(4), o segundo grupo apenas o Citrandarin 'Indio' (2) e a variável A/g_s, o terceiro grupo o genótipo Citrandarin 'Riverside' (3) e as variáveis E, g_s, A, EiCi e EiUA, e último grupo, a tangerineira 'Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] Tropical' com a variável Ci.

Por fim, as trocas gasosas e as variáveis relacionadas a elas são meios de estudar o estresse salino nos citros. Logo, neste trabalho todas as variáveis estudadas formaram grupos, indicando sua eficiência no estudo do estresse salino dos citros, além disso, como todas as variedades (genótipos) se encontraram dentro dos grupos formados por essas variáveis, pode se dizer então que as mesmas são consideradas responsivas e um bom indicador na análise dos efeitos da salinidade, sendo possivelmente variedades a serem utilizadas em estudos futuros.

CONCLUSÕES

A salinidade afeta a fisiologia das plantas, em especial a taxa de assimilação de CO₂ (A), a transpiração (E), a condutância estomática (g_s) e a eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (EiCi); Todas as cinco variedades e variáveis de trocas gasosas estudadas foram eficientes na correlação multivariada sendo bons indicadores no estudo do estresse salino em plantas cítricas.

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; As EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, e Semiárido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BARBOSA, R. C. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, L. A. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, 2017.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, E. C. B.; SÁ, F.V.S.; SILVA, L. A. Emergence and morphophysiology of Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. **Spanish Journal Of Agricultural Research**, v. 16, p. e0801, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, v. 2, p. 506, 2016.

HONGYU, K.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, A. C. S.; et al. Comparação entre os modelos AMMI e GGE biplot para os dados de ensaios multi- ambientais. **Rev. Bras. Biom.**, v.33, n. 2, p. 139-155, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **Levantamento Sistemático da produção agrícola: junho 2020**.

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

RODRIGUEZ-GAMIR, J.; PRIMO-MILLO, E.; FORNER, J. B.; FORNER-GINER, M. A. **Citrus rootstock responses to water stress**. Scientia Horticulturae. Centro de Citricultura y Producción Vegetal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Apartado Oficial, 46113 Moncada, Valencia, Spain v. 126, n. 2, p. 95–102, 2010.

SANTOS, A. do.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; KUROSAWA, R. do N. F.; GERHARDT, I. F. S.; NETO FRITSCHÉ, R. GGE Biplot projection in discriminating the efficiency of popcorn lines to use nitrogen. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 1, p. 22-31, 2017.

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

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. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambient.**, v. 18, p. 1-7, 2014.