

EFICIÊNCIA DA CLOROFILA EM ‘TAHITI’ ENXERTADA EM HÍBRIDOS DE CITROS SOB SALINIDADE NA FASE REPRODUTIVA

Gabriel Oliveira Martins¹, Damares Francisco Correia Nascimento², Tainá Alves da Silva²,
Alesson Souza Silva², Raimundo Rodrigues Melo Neto², Marcos Eric Barbosa Brito³

RESUMO: A salinidade pode afetar os citros de diferentes formas, seja pela redução da absorção de água ou através do efeito tóxico de alguns íons específicos, variando seus efeitos de acordo com a espécie, o genótipo e a fase de desenvolvimento da cultura. Sendo assim este trabalho tem como objetivo estudar a fluorescência da clorofila após a adaptação ao escuro em combinações copa/porta-enxerto de citros sob irrigação com águas salinas, visando identificar genótipos com manutenção do potencial fotoquímico, mesmo sob estresse, além das alterações ocasionadas pela salinidade na fluorescência das plantas. Para tanto, realizou-se na Universidade Federal de Sergipe - UFS, Campus do Sertão, SE, um experimento ,visando avaliar as respostas de plantas cítricas ao efeito da salinidade; o esquema foi de parcelas subdivididas, sendo oito combinações copa/porta-enxerto, correspondentes a combinação entre a limeira ácida ‘Tahiti’ e híbridos recomendados como porta-enxertos de citros, todos provenientes do programa de melhoramento genético de citros, PMG – Citros, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, referente a parcela, e três níveis de salinidade da água de irrigação (0,14, 2,4 e 4,8 dS m⁻¹) na subparcela, totalizando 24 tratamentos, que foram repetidos em quatro blocos, com o estresse iniciado aos 30 dias após o transplante (DAT), perdurando durante o primeiro ano de produção. A avaliação da fluorescência da clorofila *a* das plantas em condições de adaptação ao escuro foi realizada aos 270 DAT, sendo observado à interferência da salinidade no comportamento da fluorescência variável (Fv).

PALAVRAS-CHAVE: *Citrus* spp., fluorescência, estresse salino e tolerância

EFFICIENCY OF CHLOROPHYLL IN ‘TAHITI’ GRAFTED ON CITRUS HYBRIDS UNDER SALINITY IN THE REPRODUCTIVE PHASE

¹ Mestrando em Recursos Hídricos do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da UFS/Campus São Cristóvão - Sergipe. Engenheiro Agrônomo da Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco - ADAGRO, Garanhuns, Pernambuco, e-mail: gaengro@yahoo.com.br

² Acadêmico (a) de Agronomia, Universidade Federal de Sergipe – UFS/Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória - Sergipe

³ 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

ABSTRACT: Salinity can affect citrus fruits in different ways, either by reducing water absorption or through the toxic effect of some specific ions, varying their effects according to the species, genotype and stage of development of the crop. Therefore this work aims to study the fluorescence of chlorophyll after adaptation to darkness in crown/rootstock combinations of citrus under irrigation with saline water, in order to identify genotypes with maintenance of photochemical potential, even under stress, in addition to the changes caused by salinity in the fluorescence of plants. To this end, an experiment was carried out at the Federal University of Sergipe - UFS, Campus do Sertão, SE, studying, using subdivided plots, eight crown/rootstock combinations, corresponding to the combination between the acid Tahiti' Primer and recommended hybrids as rootstock of the citrus, all from the citrus genetic improvement program, PMG - Citros, from Embrapa Manioc and Fruticultura, regarding the plot, and three levels of salinity of irrigation water (0.14, 2.4 and 4.8 dS m⁻¹) in the subplots, totaling 24 treatments, which were repeated in four blocks, with the stress beginning at 30 days after transplantation (DAT), during the first year of production. The evaluation of the chlorophyll fluorescence of the plants under conditions of adaptation to the dark was performed at 270 DAT, being observed the interference of salinity in the behavior of variable fluorescence (Fv).

KEY WORDS: Citrus spp., fluorescence, saline stress and tolerance

INTRODUÇÃO

A limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus xlatifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] foi introduzida no Brasil por volta do século XVII, provavelmente através do mediterrâneo (ITACITRUS, 2010) e se juntou a outras culturas cítricas já existentes, se espalhando por todo o território Nacional. Segundo Neves (2010), a expansão da citricultura se intensificou durante a crise do café, bem como está atrelada aos investimentos em pesquisa e tecnologia que, puxada pela laranja (*C. xsinensis* L.), tornou-se uma das atividades agrícolas mais importantes do país, com destaque para as regiões Sudeste (São Paulo e Minas Gerais), Sul (Paraná) e Nordeste (Bahia e Sergipe). Embora sejam referências nacionais na citricultura, tanto na produção de laranja, quanto na produção de lima ácida 'Tahiti', a produtividade observada nos estados da Bahia e de Sergipe são baixas, que giram em torno de 14,2 t ha⁻¹ (IBGE, 2019). Dentre os fatores que afetam, negativamente, a produção podemos citar a salinidade, uma vez que as plantas cítricas são sensíveis ao estresse salino, com salinidade limiar de 1,4 dS m⁻¹ no extrato de saturação e 1,1 dS m⁻¹ na água (MAAS, 1993). A salinidade pode afetar os citros de diferentes formas, seja pela redução da absorção de água ocasionada pela elevada concentração de íons na solução do

substrato, o que reduz o potencial osmótico ou através do efeito tóxico de alguns íons específicos, como cloro, sódio e boro (LEVY & SYVERTSEN, 2004; ZHAO *et al.*, 2007; GHEYI *et al.*, 2016). Por outro lado, o efeito da salinidade é variável com a espécie, o genótipo e a fase de desenvolvimento da cultura (BRITO *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2017), desta forma, pode-se obter maiores produtividades nessas regiões com o uso de materiais com potencial tolerância à salinidade. Uma das estratégias, para a identificação da tolerância dos genótipos, é o estudo do comportamento fisiológico através da fluorescência da clorofila (SÁ *et al.*, 2018), permitindo identificar se há dano aos tecidos clorofilianos, em especial ao se examinar o rendimento quântico fotoquímico. Destarte, objetivou-se estudar a fluorescência na fase escura, bem como os rendimentos quânticos da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em híbridos de citros sob irrigação com três tipos de água na fase reprodutiva do primeiro ciclo de produção.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, localizada no alto sertão sergipano, no município de Nossa Senhora da Glória, cuja região possui, segundo a classificação de Koopen, clima do tipo Aw (tropical com estação seca), onde a evapotranspiração é maior que a precipitação. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com tratamentos arranjados a partir de uma parcela subdividida, considerando-se:

a. Parcela: Oito combinações de copa/porta-enxerto de citros (genótipos) relativos à limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em oito genótipos de porta-enxerto, todos provenientes do programa de genótipos de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, selecionados em virtude de estudos estando descritos no Quadro 1.

b. Subparcela: Três níveis de salinidade da água de irrigação, (CEa), S1= 0,14 dS m⁻¹ água proveniente do Rio São Francisco, S2= mistura de água de poço tubular até a condutividade elétrica de 2,4dS m⁻¹ e S3 = 4,8 dS m⁻¹ mistura de água de poço tubular até a condutividade elétrica de 4,8 dS m⁻¹.

Quadro 1. Relação de genótipos de citros usados como porta-enxerto da limeira ácida ‘Tahiti’. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Nº	Genótipos	Nº	Genótipos
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 - 069: 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. x Tanaka) comum’; TR= *Poncirus trifoliata* (*P. trifoliata* (L.) Raf.); TSKFL= tangerineira ‘Sunki seleção da Flórida’; TRBK= *Poncirus trifoliata* ‘Benecke’; CTARG= citrange ‘Argentina’; CTTR= citrange ‘Troyer’.

Assim, obteve-se como resultado 24 tratamentos, que foram repetidos em quatro blocos, sendo a unidade experimental composta por uma planta útil, totalizando 96 parcelas. As plantas de citros foram cultivadas em lisímetros de 60 L, os quais foram preenchidos com 4 cm de altura de brita, 17 cm de solo (ARGISSOLO vermelho amarelo) e uma última camada 17 cm de solo, na qual se adicionou 10 L de esterco bovino. As irrigações, conforme os tipos de água, foram realizadas a cada dois dias (turno de rega de 48h) com uso de sistema de irrigação por gotejamento instalado nos lisímetro. A fluorescência da clorofila *a* foi analisada usando-se um Fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; empregando o protocolo OJIP, a fim de determinar as variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (O), a fluorescência transiente J (J), a fluorescência transiente I (I) e a Fluorescência máxima (P). A partir destes dados, calculou-se a fluorescência variável (Fv), subtraindo O de P, e a máxima eficiência quântica do fotossistema II, através da divisão Fv/P (GENTY et al., 1989); tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 40 minutos, utilizando-se de um clipe do equipamento, garantindo que todos os aceptores primários estivessem oxidados, isto é, os centros de reação estivessem abertos. Os dados obtidos foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado o teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, até 5% de probabilidade) para o fator combinação copa/porta-enxerto, e teste de médias (Tukey, $p \leq 0,05$) entre os tipos de água, ambos usando o SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo fotossintético das plantas, a fluorescência é relativa à absorção de luz pelos pigmentos cloroplastídeos, que transformam energia luminosa em calor e ATP, por meio dos centros de reações dos fotossistemas I e II (TAIZ et al., 2017). Estudando-se a fluorescência da clorofila *a*, notou-se que o fator salinidade influenciou, significativamente, a fluorescência variável (Fv), ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), para variáveis fluorescência inicial (O), fluorescência transiente (J), fluorescência transiente (I), fluorescência máxima (P) e a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/P); não notou-se efeito significativo para os fatores isolados, salinidade e genótipos, assim como não se identificou efeito da interação (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente aos dados de fluorescência da clorofila medida em condições de adaptação ao escuro, fluorescência inicial (O), fluorescência transiente (J), fluorescência transiente (I), fluorescência máxima (P), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/P) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Quadrado médio							
Fonte de Variação	GL	O	J	I	P	Fv	Fv/P
Bloco	3	125463.53**	397571.95**	447101.64**	1181806.36**	582098.04**	0.006 ^{ns}

Genótipos	7	3961.09 ^{ns}	22924.81 ^{ns}	17317.05 ^{ns}	87347.67 ^{ns}	73747.09 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Erro 1	21	5055.68	23351.86	17309.38	71694.44	84467.75	0.002
Salinidade	2	5548.76 ^{ns}	8373.79 ^{ns}	4567.87 ^{ns}	150390.41 ^{ns}	203939.51 ^{ns}	0.006*
Gen x Sal	14	5000.41 ^{ns}	25863.34 ^{ns}	19421.17 ^{ns}	37258.75 ^{ns}	38461.84 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Erro 2	48	5406.11	33241.59	29060.63	69596.09	64731.79	0.001
Cv 1		15.41	17.26	10.06	12.71	17.67	6.36
Cv 2		15.94	20.60	13.04	12.52	15.47	5.34
Média		461.36	885.19	1307.75	2106.50	1645.13	0.78

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.

Analisando o fator salinidade na variável fluorescência variável (Fv), nota-se que a salinidade 1 obteve o melhor resultado com média de 1734.25, seguido da salinidade 3, e por último a salinidade 2 com obteve menor média (Tabela 2).

Tabela 2: Teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre os níveis de salinidade estudados, correspondente à fluorescência variável (Fv) aos 270 dias após o transplante. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Salinidade (dSm ⁻¹)	Fv
0,14	1734.25a
2,4	1580.16b
4,8	1621.00ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O efeito da salinidade foi observado na fluorescência variável. Pela expressão, $Fv = P - O$, Fv é determinada pela diferença entre o máximo e o mínimo de fluorescência, embora não se tenha notado diferenças significativas entre as fluorescências inicial (O) e máxima (P), foi notado na Fv, ou seja, as plantas se ajustaram a condição de perda de energia via fluorescência, possivelmente aumentando a inicial e/ou reduzindo ligeiramente a máxima, ocasionando a redução significativa na Fv. Todavia, isso não afetou a eficiência quântica do fotossistema II, o que denota a capacidade dos genótipos a se adaptarem a condição de salinidade, o que pode ter relação, ainda, pela forma de aplicação dos sais, como explica Syvertesen & Garcia Sanchez, (2014).

CONCLUSÃO

O estudo da fluorescência da clorofila, após adaptação ao escuro, mostrou que a salinidade não causou danos ao aparelho fotossintético não existindo alterações na eficiência quântica dos genótipos, evidenciando a adaptação dos mesmos ao estresse salino bem como a manutenção do potencial fotoquímico.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq pelo auxílio a pesquisa, via edital Universal; À EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, e Semiárido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, p. 725-738, 2017.
- BRITO, M. E. B.; SILVA, E. C. B. da; FERNANDES, P. D.; SOARES FILHO, W. dos S.; COELHO FILHO, M. A.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. de; BARBOSA, R. C. A. Salt balance in the substrate and growth of “Tahiti” acid lime grafted onto ‘Sunki’ mandarin hybrids under salt stress. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 954-961, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- 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, 2016, 506p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal. Laranja, limão e tangerina**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2019. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em 04 jun. 2020.
- ITACITRUS. **A origem do limão tahiti. 2010**. Disponível em: <http://itacitrus.com/international/pt/Tahiti.aspx>. Acesso em: 12 de Setembro de 2020.
- MAAS, E.V. Salinity and citriculture. **Tree Physiology**, v. 12, s.n., p. 195-216, 1993.
- NEVES, Marcos Fava (Coord.) **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto, Markestrat, 137 p., 2010.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; SOARES FILHO, W. S.; FIGUEIREDO, L. C.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Growth and physiology of citrus rootstocks under salt stress. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 4, p. 907-916, 2018.
- SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, p. 128-137, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 819p.