

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* DA MELANCIEIRA SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA SALINIDADE E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Saulo Soares da Silva¹, Geovani Soares de Lima², Vera Lúcia Antunes de Lima³, Hans Haj Gheyi⁴, Lauriane Almeida dos Anjos Soares², Rômulo Carantino Lucena Moreira¹

RESUMO: Propôs-se com este trabalho avaliar a fluorescência da clorofila *a* da melancieira ‘Crimson sweet’ em função das estratégias de manejos de irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação do CTRN/UFCG, no município de Campina Grande-PB, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 2, sendo os tratamentos constituídos de seis estratégias de manejo de águas salinas variando os estádios de desenvolvimento da cultura da melancieira (A- irrigação com água de baixa salinidade durante todo o ciclo da cultura, B- durante a fase vegetativa, C- na fase vegetativa e de floração, D- durante a fase de floração, E – na fase de frutificação, F-durante a maturação dos frutos), e duas doses nitrogênio (50 e 100% da recomendação para ensaios em vasos), com 4 repetições. As plantas foram submetidas a dois níveis de condutividade elétrica da água (CEa = 0,8; e 3,2 dS m⁻¹). O uso de águas salinas durante as fases vegetativa e de floração comprometeu a florescência inicial da melancieira ‘Crinsom Sweet’. As fluorescências máxima e variável da melancieira foram reduzidas pelo estresse salino aplicado nas fases vegetativa, floração, frutificação. A irrigação com água de elevada salinidade durante a fase de floração diminuiu a eficiência quântica do fotossistema II da melancieira ‘Crinsom Sweet’.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, estresse salino, eficiência fotoquímica

CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN WATERMELON CULTIVATED UNDER SALINITY MANAGEMENT AND NITROGEN FERTILIZATION STRATEGIES

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB. Fone (83) 999083364. e-mail: saulosoares90@gmail.com

² Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: geovani.soares@pq.cnpq.br; lauriane.soares@pq.cnpq.br.

³ Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: antuneslima@gmail.com.

⁴ Prof. Doutor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas -BA. e-mail: hgheyi@gmail.com.

ABSTRACT: It was proposed with this work to evaluate the fluorescence of chlorophyll a and watermelon 'Crimson sweet' as a function of saline irrigation management strategies and nitrogen doses. The work was carried out in a greenhouse of CTRN / UFCG, in the city of Campina Grande-PB, using a randomized block experimental design in a 6 x 2 factorial scheme, and the treatments consisted of six saline water management strategies. varying stages of watermelon crop development (A- irrigation with low salinity water throughout the crop cycle, B- during the vegetative phase, C- in the vegetative and flowering phase, D- during the flowering phase, E - in the fruiting phase, F-during fruit ripening), and two nitrogen doses (50 and 100% of the recommendation for pot tests), with 4 repetitions. The plants were subjected to two levels of electrical conductivity of water (ECa = 0.8; and 3.2 dS m⁻¹). The use of saline waters during the vegetative and flowering phases compromised the initial flowering of the 'Crimson Sweet' watermelon. The maximum and variable fluorescence of watermelon were reduced by saline stress applied in the vegetative, flowering, fruiting phases. Irrigation with high salinity water during the flowering phase decreased the quantum efficiency of 'Crimson Sweet' watermelon photosystem II.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, saline stress, photochemical efficiency

INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* L.) é uma cucurbitácea cultivada em várias partes do mundo e do Brasil, destacando-se entre as cinco hortaliças mais cultivadas no País, com uma produtividade que varia entre 3,7 a 31,1 t ha⁻¹ em função do sistema de produção (GRANGEIRO & CECÍLIO FILHO, 2004; FAO, 2014; FERNADES et al., 2014), sendo a região Nordeste a principal produtora.

Todavia, a região Nordeste, especialmente a semiárida apresenta problemas relativos a escassez hídrica e possui como característica períodos prolongados de estiagens, resultando em déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação durante maior parte do ano (HOLANDA et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2010). Desta forma, torna-se necessário o uso da irrigação para a manutenção da atividade agrícola.

Entretanto, as fontes de água existentes nesta região apresentam elevadas concentrações de sais (MEDEIROS et al., 2003), situação que pode resultar em efeitos deletérios sobre a

atividade fotossintética das plantas. O excesso de sais na água e/ou no reduzem a disponibilidade de água para as plantas, devido a diminuição do potencial osmótico da solução (SOARES et al., 2007), além de promover toxicidade específica e/ou desordem nutricional (MEDEIROS et al., 2010). Neste contexto, uma das formas de avaliar a eficiência fotossintética, seria a avaliação da fluorescência da clorofila *a* (BAKER, 2008).

Para a sustentabilidade dos cultivos no semiárido faz-se necessário a adoção de técnicas que minimizem os efeitos deletérios dos sais sobre as plantas, destacando-se como alternativa o uso de estratégias de manejo da salinidade da água e a adubação nitrogenada. Partindo do pressuposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar fluorescência da clorofila *a* das plantas de melanciaira ‘Crimson sweet’ em função das estratégias de manejos de irrigação com águas salinas e doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 12 tratamentos (6 estratégias de manejo da salinidade x 2 doses de nitrogênio), com quatro repetições, perfazendo um total de 48 unidades experimentais.

As seis estratégias de manejo da salinidade foram constituídas por dois níveis de condutividade elétrica (CEa), uma de baixa salinidade (CEa = 0,8 dS m⁻¹) e a outra com alta CEa (3,2 dS m⁻¹), variando em função das fases fenológicas das plantas, compondo os seguintes tratamentos: A = sem estresse ao longo do ciclo da cultura; B = estresse salino apenas na fase vegetativa; C = estresse salino na fase vegetativa e na floração; D = estresse salino na fase de floração; E = estresse salino na fase de frutificação; F = estresse salino na fase de maturação dos frutos. Já as doses de nitrogênio foram de 50 e 100% da recomendação para ensaios em vasos (100 mg de N kg⁻¹ solo) (NOVAIS et al., 1991), onde as mesmas foram divididas em três aplicações em cobertura, aos 25, 37 e 47 DAS, sendo nitrato de cálcio a fonte utilizada.

A cultura utilizada foi a Melancia Crimson Sweet. As plantas foram cultivadas em recipientes plástico, adaptados como lisímetros de drenagem com, aproximadamente, 20 L de capacidade. Foram acondicionados nos lisímetros 24 kg de um material de solo proveniente

de áreas de cultivo da cidade de Lagoa Seca PB, cujos valores dos atributos físico-hídricos e químicos, determinados em laboratório, antes da semeadura: $\text{Ca}^{2+} = 2,6 \text{ cmolc kg}^{-1}$; $\text{Mg}^{2+} = 3,66 \text{ cmolc kg}^{-1}$; $\text{Na}^+ = 0,16 \text{ cmolc kg}^{-1}$; $\text{K}^+ = 0,22 \text{ cmolc kg}^{-1}$; $\text{H}^+ = 1,93 \text{ cmolc kg}^{-1}$; $\text{Al}^{3+} = 0 \text{ cmolc kg}^{-1}$; $\text{CTC} = 23,78 \text{ cmolc kg}^{-1}$; Matéria orgânica = $1,36 \text{ dag kg}^{-1}$; $\text{P} = 6,8 \text{ mg kg}^{-1}$ e pH em água (1:2,5) = 5,9.

As adubações com fósforo e potássio foram realizadas conforme recomendação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), sendo aplicado 300 e 150 mg kg^{-1} de solo de P_2O_5 e K_2O , respectivamente, nas formas de superfosfato simples e nitrato de potássio, aplicados em cobertura divididos em três aplicações iguais durante o decorrer do experimento.

Antes do semeio elevaram-se o teor de umidade do solo ao nível correspondente ao da capacidade de campo (CC), em todas as unidades experimentais utilizando-se água de baixa salinidade. Após a semeadura, as irrigações foram realizadas diariamente aplicando-se, em cada recipiente o volume correspondente a necessidade hídrica das plantas, determinada pelo balanço hídrico, tomando-se como base os termos: VC é o volume consumido, considerando o volume de água aplicado às plantas (VA) no dia anterior; VD é o volume drenado, quantificado na manhã do dia seguinte e FL é a fração desejada de lixiviação, a ser estimada em 10%, a fim de reduzir a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação.

A água utilizada na irrigação do tratamento de menor salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) foi obtida diluindo-se a água do sistema público de abastecimento de Campina Grande, com água de captada de chuvas ($\text{CEa} = 0,02 \text{ dS m}^{-1}$); o nível correspondente à CEa de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ foi preparado de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente. No preparo da água de irrigação de maior salinidade, foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais ($10 \cdot \text{meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992).

Aos 60 dias após o semeio, na fase de frutificação, foram analisados à fluorescência da clorofila *a*, utilizando-se um Fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; a priori, foi realizado o protocolo Fv/Fm, afim de determinar as variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (Fo), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável ($\text{Fv} = \text{Fm} - \text{Fo}$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado o teste de médias por Tukey ($p < 0,05$) para as estratégias de manejo da salinidade e doses de nitrogênio, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL 5.1 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ($p < 0,01$) para o fator estratégias de manejo da salinidade para as variáveis Fm, Fv, ($p < 0,05$) Fo e Fv/Fm. Não houve diferença significativa para as doses de nitrogênio e nem para a interação (EMS x DN) dos fatores estudados para as plantas de melanciaira Crimson Sweet aos 65 dias após o semeio.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) da melanciaira Crimson Sweet cultivada sob estratégias de manejo da salinidade da água e doses de nitrogênio, aos 65 dias após o semeio.

FV	GL	Quadrados Médios			
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
EMS	5	2770,37*	16229,88**	28286,68**	0,011*
DN	1	3,52 ^{ns}	7752,08 ^{ns}	341,33 ^{ns}	0,011 ^{ns}
EMS x DN	5	1293,87 ^{ns}	778,98 ^{ns}	2509,18 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Bloco	3	914,85 ^{ns}	15981,47**	9486,33**	0,001 ^{ns}
Resíduo	33	1126,46	2467,00	2000,84	0,003
Média		209,22	805,04	623,91	0,77
CV (%)		16,04	6,17	7,17	7,36

GL = grau de liberdade; CV (%) = coeficiente de variação; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

A fluorescência inicial indica a capacidade de oxidação da quinona, receptor primário de elétrons em o centro de reação PSII, e normalmente as plantas quando estão sendo impostas ao estresse salino, a Fo (Figura 1A) tende a aumentar, evidenciando assim que o estresse imposto as plantas sob a estratégia C (estresse na fase vegetativa/floração) foi maior, devido a essas plantas serem irrigadas com água de maior CEa ($3,2 \text{ dS m}^{-1}$) durante um maior tempo de exposição (duas fases fenológicas da cultura) consecutivamente, sendo assim, um maior tempo de exposição dessas plantas sob os efeitos deletérios dos sais solúveis da água de irrigação.

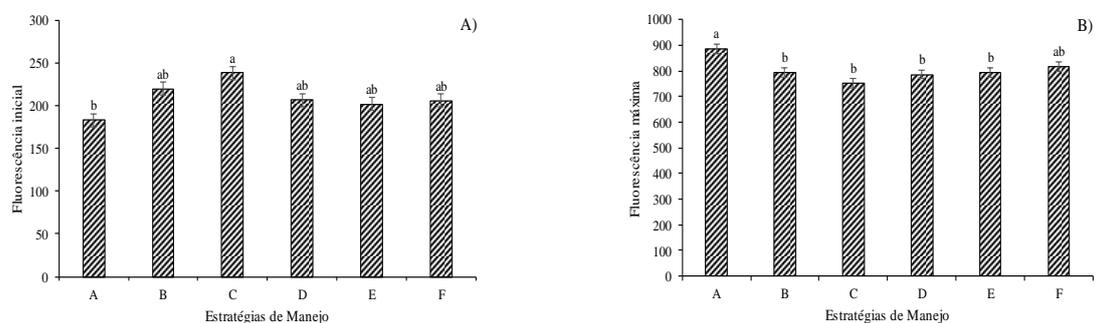
Os sais quando presentes em concentrações elevadas na água, podem causar danos sobre o aparato fotossintético (HOLANDA et al., 2016), contudo, a magnitude destas alterações dependem de vários fatores, dentre eles destaca-se o tempo de exposição das plantas ao estresse salino (MAAS, 1985). Além disso, o aumento da Fo indica destruição dos centros de reação do PS ou redução a capacidade de transferência de energia de excitação da antena para PSII, causada pelo estresse salino (LUCENA et al., 2012; SÁ et al., 2015).

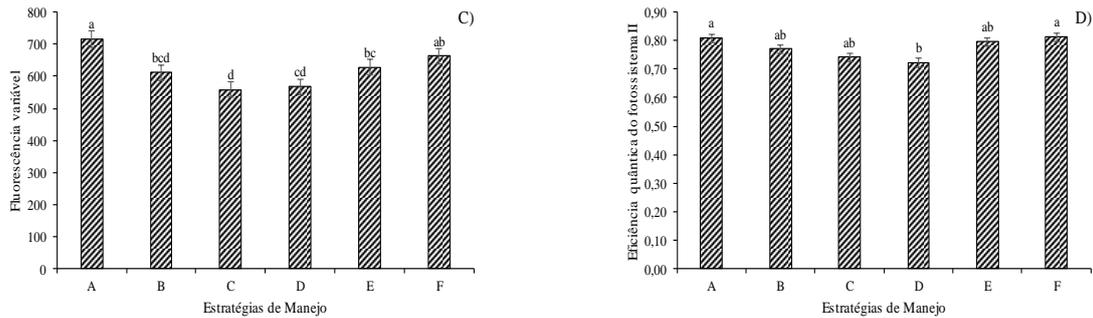
Para a Fm (Figura 1B), a aplicação de águas salinas, com exceção da fase de maturação dos frutos, causou danos em todas as fases fenológicas (vegetativa, floração e frutificação) da

melanciaira ‘Crimson Sweet’, fato que provavelmente resultou em alterações no PSII das plantas. A redução na Fm pode estar relacionada à fotoinibição da quinona, associando-os a inativação de PSII nas membranas dos tilacóides, comprometendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (SILVA et al., 2006).

Assim como na Fm, a Fv (Figura 1C) também sofreu danos do estresse salino nas distintas fases fenológicas da cultura, inibindo, com isto, a atividade fotoquímica nas folhas, sendo que as plantas cultivadas sob a estratégia C (estresse salino na fase vegetativa/floração), o que pode estar associado ao maior tempo de estresse salino imposto a estas plantas, já que foram irrigadas tanto na fase vegetativa quanto na floração com CEa de 3,2 dS m⁻¹, além disso, os danos causados nas distintas fases fenológicas da Fm pode ter resultado em danos na Fv. A fluorescência variável (Fv) é um parâmetro da cinética rápida da fluorescência inicial (Fo) até a fluorescência máxima (Fm). A razão entre a Fm (toda plastoquinona a (Qa) reduzida) e a Fo (toda plastoquinona a (Qa oxidada) é aproximadamente 5 a 6 em tecidos fotossintetizantes ativos e adaptados no escuro, entretanto esta razão pode variar em função dos tratamentos fisiológicos que afetam principalmente a fluorescência máxima (SCHREIBER et al., 1998).

Possivelmente as plantas irrigadas sob a estratégia D (estresse salino na fase de floração) tiveram reduções na eficiência quântica do fotossistema II (Figura 1D), devido aos danos causados na Fm e Fv (Figura 1B e C respectivamente), o que pode ter comprometido a eficiência fotoquímica. Os resultados obtidos permitem inferir que, a água de irrigação com CEa de 3,2 dS m⁻¹ causou danos ao o aparelho fotossintético da melanciaira “Crimson Sweet” na fase de floração, um fato evidenciado pela redução na eficiência fotoquímica de PSII em 0,72.





Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

A = sem estresse ao longo do ciclo da cultura; B = estresse salino apenas na fase vegetativa; C = estresse salino na fase vegetativa e na floração; D = estresse salino na fase de floração; E = estresse salino na fase de frutificação; F = estresse salino na fase de maturação dos frutos.

Figura 1. Fluorescência inicial - F_0 (A), Fluorescência máxima - F_m (B), Fluorescência variável - F_v (C) e Eficiência quântica do fotossistema II - F_v/F_m (D) da melanciaira 'Crimson Sweet' em função das estratégias de manejo da salinidade da água.

CONCLUSÕES

O uso de águas salinas durante as fases vegetativa e de floração comprometeu a fluorescência inicial da melanciaira 'Crimson Sweet'.

As fluorescências máxima e variável da melanciaira foram reduzidas pelo estresse salino aplicado nas fases vegetativa, floração, frutificação.

A irrigação com água de elevada salinidade durante a fase de floração diminuiu a eficiência quântica do fotossistema II da melanciaira 'Crimson Sweet'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis In Vivo. Annual Review of Plant Biology, v.59, n.1, p.89-113, 2008.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. Revista Brasileira de Fruticultura, v.32, n.1, p.251-261, 2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faoestat, 2014. 10 Mar. 2014.
- FERNANDES, C. N. V.; AZEVEDO, B. M. de; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. V. de A.; SOUSA, G. G. de. Irrigation and fertigation frequencies with nitrogen in the watermelon culture. Bragantia, v.73, n.2, p.106-112, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042. 2011.

GRANGEIRO, L. C.; CECILIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.1, p.93-97, 2004.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. de; SÁ, F. V. da S. Qualidade da água para irrigação. In: 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 - CE, 2016. p.35-50.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F (ed). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza - CE, 2010. p. 43-61.

LUCENA, C. C. DE; SIQUEIRA, D. L. DE; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.34, n.4, p.1245-1255, 2012.

MAAS, E. V. Crop tolerance to saline sprinkling water. *Plant and Soil*, v.89, n.1-3, p.273-284, 1985.

MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M.J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, L. B. do; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F de (Ed). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.279-302.

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.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. The use of saline waters for crop production. Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

SÁ, F. V. DA S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. DE A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki comum sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*, v.6, n.4, p.463-470, 2015.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H.; NEUBAUER, C. In: Photosynthesis: a comprehensive treatise. (ed.) Raghavendra, A.S.. Cambridge University Press, Cambridge, 1998. p.320.

SILVA, M. M. P. DA; VASQUEZ, H. M.; BRESSANSMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JÚNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.1, p.67-74, 2006.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. Irriga, v.12, n.2, p.235-248, 2007.