QUENCHING FOTOQUÍMICO EM GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

Ricardo André Rodrigues Filho[1], Reginaldo Gomes Nobre[2], Lauriane Almeida dos Anjos Soares[3], Emanoel dos Santos Vasconcelos[4], Ana Paula Nunes Ferreira[4], Paula Cristina de Morais Rosario[4]

RESUMO: Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre fluorescência da clorofila "a" e a extinção fotoquímica na cultura da goiabeira cv. Paluma irrigada com água de diferentes salinidades. O experimento foi conduzido em áreas experimental da UFERSA, campus Caraúbas, instalado em delineamento em blocos casualizados e analisados no esquema fatorial 5 x 4, com quatro repetições, com a parcela formada por duas plantas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação do fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) sendo de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} com o fator combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K_2O), sendo C1 = 70% N + 50% K_2O; C2 = 100% N + 75% K_2O; C3= 130% N + 100% K_2O e C4= 160% N + 125% K_2O, sendo a dose recomendada de 100% de N e de K, respectivamente 541,1 mg de N dm^{-3} de solo e 798,6 mg de K dm^{-3} de solo. O aumento da salinidade da água de irrigação afetou a eficiência quântica do fotossitema II e no rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada da goiabeira cv. Paluma aos 125 DAS. As combinações de adubação com NK não mitigaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis de fluorescência em mudas de goiabeira cv. Paluma.

PALAVRAS-CHAVE: *Psidium guajava* L., Nutrição, Estresse salino.

PHOTOCHEMICAL QUENCHING IN GUAVA CV. PALUMA IRRIGATED WITH SALINE WATER AND NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZATION

[1] Engenheiro Agrícola e Ambiental. Doutorando: Universidade Federal Rural do Semiárido, Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água – PPMSA, CEP 59625900, Mossoró, RN, Brasil. ricardoarf100@yahoo.com.br
[2] Professor doutor. Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Ciência e Tecnologia, CEP 59780000, Caraúbas, RN, Brasil
[3] Professora doutora; Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, Campus Campina Grande, CEP 58429-140, Campina Grande, PB, Brasil
[4] Agrônomo(a). Universidade Federal Rural do Semiárido, Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água – PPMSA, CEP 59625900, Mossoró, RN, Brasil

ABSTRACT: The objective was to evaluate the effects of different combinations of nitrogen and potassium fertilization on chlorophyll "a" fluorescence and photochemical extinction in guava cv. Paluma irrigated with water of different salinities. The experiment was carried out in experimental areas of UFERSA, Campus Caraúbas, installed in a randomized block design and analyzed in a 5 x 4 factorial scheme, with four replications, with the plot formed by two plants. The treatments were composed from the combination of the electrical conductivity factor of the irrigation water (ECa) being 0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m^{-1} with the factor combinations (C) of doses of nitrogen (N) and potassium (K_2O), where C1 = 70% N + 50% K_2O; C2 = 100% N + 75% K_2O; C3= 130% N + 100% K_2O and C4= 160% N + 125% K_2O, with the recommended dose being 100% N and K, respectively 541.1 mg of N dm^{-3} of soil and 798.6 mg of K dm^{-3} of soil. The increase in salinity of irrigation water affected the quantum efficiency of photossystem II and the quantum yield of regulated photochemical extinction of guava cv. Paluma at 125 DAS. The combinations of NK fertilization did not mitigate the effects of saline stress on the fluorescence variables in guava seedlings cv. Paluma.
KEYWORDS: *Psidium guajava* L., Nutrition, Salt stress.

INTRODUÇÃO

A exploração da goiabeira (*Psidium guajava* L.) ocorre em uma grande extensão territorial na região Nordeste do Brasil, justamente por ser uma planta rústica e de fácil adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, onde além de obter resultados satisfatórios em termos produtivos, representa uma cultura de alto valor nutricional e gera emprego e renda pelo potencial de produtos industrializados. A produção de goiaba pode ser considerada como uma importante fonte de renda para as zonas irrigadas no semiárido (OLIVEIRA et al., 2015).

Devido à irregularidade de precipitação e elevadas temperaturas, regiões como o semiárido nordestino necessitam da agricultura irrigada, onde a escassez de água de baixa condutividade elétrica leva os irrigantes a utilizarem águas salinas, o que pode provocar perda de rendimento nas culturas e salinizar o solo. Água de irrigação com salinidade elevada pode provocar diminuição no crescimento e causar danos fisiológicos em plantas de goiabeira (BONIFÁCIO et al., 2018) onde o estresse salino pode inibir o crescimento e produção das culturas em função do aumento da pressão osmótica em seu interior, provocando seca fisiológica e toxidez por íons específicos como Na^+ e Cl^-, O acúmulo de sais em excesso nas

folhas de goiabeira pode causar clorose foliar, necrose e diminuição nas taxas fotossintéticas (ZOUAOUI et al., 2019).

Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre as variáveis de fluorescência e quenching fotoquímico na cultura da goiabeira cv. Paluma irrigada com água de diferentes salinidades.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em ambiente telado, com goiabeira cv. Paluma, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Centro Multidisciplinar de Caraúbas, situado na Mesorregião do oeste potiguar. Segundo Alvares et al. (2013), o clima da região é quente e seco, classificado de acordo com Köppen-Geiger como semiárido BSh, com máxima de 32°C, com as coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude de 144m.

Usou-se o delineamento em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação, com condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} preparada partir da adição de NaCl, $CaCl_2.2H_2O$ e $MgCl_2.6H_2O$, e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K_2O), sendo: C1 = 70% N + 50% K_2O; C2 = 100% N + 75% K_2O; C3= 130% N + 100% K_2O e C4= 160% N + 125% K_2O. Foram utilizadas vinte combinações de tratamentos, com quatro repetições, onde cada parcela foi constituída por duas plantas.

A recomendação de adubação potássica foi adotada de acordo com Bonifácio et al. (2018), de 798,6 mg de K dm^{-3} de solo, e de 541,1 mg de N dm^{-3} de solo (SOUZA et al., 2017), sendo equivalente às doses com 100% de nitrogênio e potássio. Foram empregados como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K_2O) como fonte de potássio. Foi realizada caracterização físico-química do substrato utilizado para produção de mudas (Tabela 1).

O semeio foi realizado em sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL, sendo preenchidas com substrato formado por material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas – RN, esterco bovino curtido, palha de carnaúba triturada e pó de carvão, conforme a seguinte proporção 2:2:2:1. As sacolas foram dispostas sobre estrados de madeira, a uma altura de 0,3 m do solo. A drenagem do excedente de água foi feita através de furos na base das sacolas e em cada uma foram semeadas três sementes a

1,0 cm de profundidade. O desbaste foi realizado após a estabilização da emergência e quando as plantas estavam com dois pares de folhas definitivas, deixando na sacola apenas a planta mais desenvolvida.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira Paluma.

Areia	Silte	Argila	Classificação textural	CE dS m^{-1}	pH H_2O	M.O
----------%----------						g kg^{-1}
44,7	41,1	14,3	Franca	0,68	6,03	37

P	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	(H +Al)	SB	T	CTC	V	m	PST
mg dm^{-3}	----------cmol$_c$ dm^{-3}----------									--------%------		
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	0,78

Fósforo disponível (P) – Metodologia EMBAPA; M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 mol L^{-1} pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 mol L^{-1} pH 7,0; Al^{3+} e (H^++ Al^{3+}) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L^{-1} pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25°C; pHes – pH do extrato de saturação do substrato.

O volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado com base no processo de pesagem de uma amostra de sacolas de cada tratamento, com avaliação semanal em função do estado de crescimento das plantas, fornecendo-se diariamente o volume de cada tipo de água evapotranspirada, de modo a elevar o solo ao nível de capacidade de campo. Após 30 dias da semeadura foram aplicadas as combinações de doses de N e K e em intervalo semanal.

Seguindo a avaliação dos parâmetros fisiológicos pelo protocolo Yield, foi aplicado uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), para determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica do fotossistema II (Y II), eq. 1. A partir desses resultados foram determinados a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake - qL (eq. 2); rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada - YNPQ (eq. 3); e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada - YNO (eq. 4), (KRAMER et al., 2004).

$$Y\ (II) = (Fm' - Fs)/(Fm') \quad (1)$$

$$qL = \frac{(Fms - Fs)}{(Fms - Fo')} * \left(\frac{Fo'}{Fs}\right) \quad (2)$$

$$YNPQ = \frac{(Fs)}{(Fms)} - \left(\frac{Fs}{Fm}\right) \quad (3)$$

$$YNO = \left(\frac{Fs}{Fm}\right) \quad (4)$$

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância, com Teste F (1 e 5% de probabilidade) e estudos de regressão para os níveis de salinidade. As médias do fator qualitativo (combinação de adubação nitrogenada e potássica) foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve uma interação significativa ($p \leq 0,01$) entre os níveis de salinidade da água de irrigação e as combinações de adubação N e K no coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO). Para o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ) e eficiência quântica do fotossistema II verificou-se efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação.

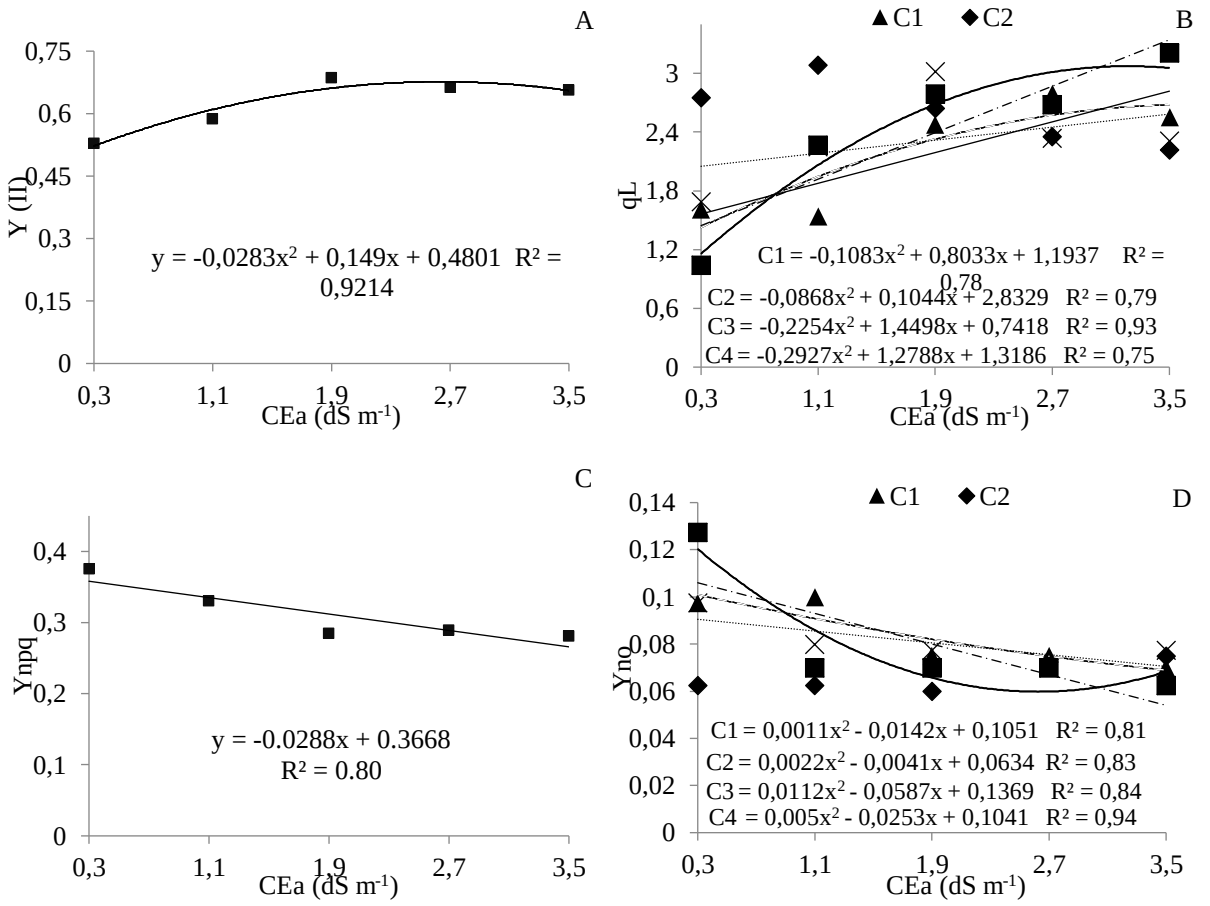
Conforme a Figura 1A, a eficiência quântica do fotossitema II (Y(II)) das plantas de goiabeira apresentaram comportamento quadrático, com os maiores valores de 0,71, obtidos a uma CEa de 3,10 dS m^{-1} e menor valor de 0,55 a uma CEa de 0,3 dS m^{-1}.

Reduções nos valores de Y(II) indicam que a fotossíntese foi reduzida (TATAGIBA et al., 2014). A redução no Y(II) a partir do nível salino de 2,7 dS m^{-1} pode ter ocorrido devido a menor quantidade de energia de excitação utilizada para síntese de ATP e NADPH nos cloroplatos (TAIZ et al., 2017).

Conforme a Figura 1B, o coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo Lake (qL) houve ajuste quadrático para todas as combinações estudadas. A combinação C1 apresentou maior valor estimado de 2,67 a uma CEa de 3,50 dS m^{-1} e um valor mínimo de 1,1 a uma CEa de 1,5 dS m^{-1}. A combinação C2 (100%N + 75% K_2O) obteve valor máximo estimado de 2,86 a uma CEa de 0,6 dS m^{-1} e menores valores (2,13) ao nível de 3,5 dS m^{-1}. As plantas irrigadas com 0,3 dS m^{-1} levaram as combinações C3 (130%N + 100% K_2O) e C4 (160%N + 125% K_2O) aos menores valores de qL. De acordo com Wang et al. (2017), o qL indica o grau de abertura dos centros de reação PSII, indicando a ocorrência conjunta da fotossíntese e respiração. O aumento no qL na maioria das combinações em função do aumento da salinidade pode ter ocorrido devido a maior fotorrespiração.

Na Figura 1C, o aumento da salinidade da água de irrigação causou um efeito linear decrescente de 7,85% por aumento de unidade na CEa no rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ) aos 125 DAS, quando as mudas foram irrigadas com água de 3,5 dS m^{-1} apresentaram redução de 25,12% em relação as irrigadas com água de 0,3 dS m^{-1}.

Reduções nos valores de YNPQ indica que houve uma menor quantidade de energia de excitação dissipada na forma de calor, favorecendo a dissipação de energia para a etapa fotoquímica (TATAGIBA et al., 2017).



C1 = 70%N + 50% K_2O; C2 = 100%N + 75% K_2O; C3 = 130%N + 100% K_2O; C4 = 160%N + 125% K_2O.

Figura 1. Eficiência quântica do fotossistema II – Y(II) (A), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake – qL (B), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada - YNPQ (C) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada - YNO (D) de mudas de goiabeira cv. Paluma irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.

Para a rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada - YNO (Figura 1D) a equação quadrática foi a que obteve o melhor ajuste para as combinações. As combinações C1, C3 e C4 tiveram seus valores máximos estimados a uma CEa de 0,3 dS m^{-1}, par um YNO de 0,06, 0,07 e 0,09, respectivamente. A combinação C2 apresentou maior valor estimado de 0,07 a um nível salino de 3,50 dS m^{-1}. O aumento de YNO é um forte indicador de fotoinibição (WANG et al., 2017). Assim, para as combinações C1, C2 e C3 não houve fotoinibição, onde a cinética desse parâmetro pode ter sido influenciada pelos processos de indução que atuam no aparato fotossintético.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação ao nível de 2,7 dS m^{-1} afetou a eficiência quântica do fotossitema II e a partir de 0,3 dS m^{-1} no rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada da goiabeira cv. Paluma aos 125 DAS.

As combinações de adubação com NK não mitigaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis de fluorescência em mudas de goiabeira cv. Paluma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen'sclimate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728. 2013.

BONIFACIO., B. F.; NOBRE., R. G.; S., A. SOUSA.; G., E. M. GOMES; SOUSA, LEANDRO DE P.; S., E. M. SILVA. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 971-980, jun. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**. v.37, n.4, p.529-535, 2019.

KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWADS, G. E. New fluorecence parameters for the determination of QA redos state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v.79, p.209-218, 2004.

OLIVEIRA, F. T. DE; HAFLE, O. M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J. N.; PEREIRA JÚNIOR, E. B.; ROLIM, H. O. Respostas de porta-enxertos de goiabeira sob diferentes fontes e proporções de materiais orgânicos. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.17-25. 2015.

SOUZA, P. S.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza. v.48, n.4, p.596-604, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas à crescentes concentrações salinas. **Engenharia na agricultura**, v.22, p.138-149, 2014.

WANG, N., QIAO, W., LIU, X., SHI, J., XU, Q., ZHOU, H., HUANG, Q. Relative contribution of Na^+/K^+ homeostasis, photochemical efficiency and antioxidant defense system to differential salt tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. **Plant Physiology and Biochemistry**, 119, p. 121-131. 2017.

ZOUAOUI, R.; AMMARI, Y.; ABASSI, M.; AHMED, H. B.; SMAOUI, A.; HILALI, K. Physiological and biochemical responses of *Rhus tripartita* (Ucria) grande under water stress. **Pakistan Journal of Botany**, 51, p. 1215-1221, 2019.