

FLUORÊSCÊNCIA DA CLOROFILA 'a' EM ALFACE HIDROPÔNICA SOB ESTRESSE SALINO COM USO DO SILÍCIO

Hozano Souza Lemos Neto¹, Marcelo de Almeida Guimarães², Rosilene Oliveira Mesquita², Nildo da Silva Dias³, Janiquelle da Silva Rabelo⁴, Gabriela Pinho Meneses⁵

RESUMO: O estresse salino causa danos ao metabolismo da planta e a florescência da clorofila 'a' é uma ferramenta que auxilia a indicar quando esses danos estão sendo causados no fotossistema II em condição de estresse. O silício (Si) pode conferir tolerância para as plantas sob estresse salino e amenizar esses danos. Objetivou-se avaliar a atenuação dos efeitos deletérios da salinidade mediada pelo silício na fluorescência da clorofila 'a' em alface. O experimento foi realizado em hidroponia, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em arranjo fatorial 3 x 2, três níveis de salinidade (1,65; 3,65; 7,65 dS m⁻¹) com presença e ausência do Si (0 e 2 mM). Avaliou-se fluorescência da clorofila a, por meio da eficiência máxima do PSII (F_v/F_m), rendimento quântico máximo efetivo do PSII (Φ PSII), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), quenching não fotoquímico variável (qN), quenching fotoquímico variável (qP) e quenching não fotoquímico (NPQ). Com relação ao Φ PSII, foi verificado que o estresse salino incrementou esse rendimento. A taxa de transporte de elétrons (ETR) também foi aumentada em função do estresse salino e também com a presença do Si. Os níveis de salinidade tanto na ausência como na presença do Si não provocaram danos ao PSII, pois a relação F_v/F_m foi superior a 0,80 nas plantas de alface.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., salinidade, fotossistema II.

FLUORESCENCE OF CHLOROPHYLA IN LETTUCE UNDER SALT STRESS WITH SILICON USE

¹ Doutor em agronomia/Fitotecnia, Bolsista de Pós-Doutorado Júnior (PDJ/CNPq; Proc. 154458/2018-0), UFRSA, CEP 59.625-900, Mossoró, RN. E-mail: hozanoneto@hotmail.com.

² Doutor (a), professor (a) do Departamento de Fitotecnia, UFC, Fortaleza, CE.

³ Doutor, professor do Depto de Ciências Agronômicas e Florestais, UFRSA, Mossoró, RN.

⁴ Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, PPGAF, UFC, Fortaleza, CE.

⁵ Engenheira Agrônoma, Depto de Fitotecnia, UFC, Fortaleza, CE.

ABSTRACT: Saline stress causes damage to the plant's metabolism. Silicon (Si) may confer tolerance to plants under salt stress. The flowering of chlorophyll *a* is a tool that can indicate damages caused to photosystem II under stress conditions. The objective of this study was to evaluate the attenuation of the deleterious effects of silicon-mediated salinity on chlorophyll *a* fluorescence. The experiment was carried out in a completely randomized design with four replications, in a 3 x 2 factorial arrangement, three salinity levels (1.65, 3.65, 7.65 dS m⁻¹) with presence and absence of Si (0 and 2 mM). Chlorophyll *a* fluorescence was evaluated by means of PSII maximum efficiency (Fv/Fm), effective maximum quantum yield of PSII (ΦPSII), apparent electron transport rate (ETR), non-photochemical variable quenching (qN), quenching photochemical variable (qP) and non-photochemical quenching (NPQ). With regard to ΦPSII, we can see that saline stress increased this yield. Electron transport rate (ETR) was also increased due to salt stress and also to the presence of Si. Salinity levels both in the absence and presence of Si did not cause damage to PSII, since the Fv/Fm ratio was higher than 0.80.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., salinity, photossistema II.

INTRODUÇÃO

Nas regiões áridas e semiáridas a salinidade é um problema sério. Devido a elevada evaporação, baixa precipitação e baixa capacidade de lixiviação dos solos, os sais se acumulam na superfície em quantidades prejudiciais às plantas (Munns & Tester, 2008). Além disso, a escassez de água força a utilização de águas salinas na irrigação, provenientes de poços profundos que, no geral, apresentam teores elevados de sais, variando de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹ (Costa et al., 2004). Portanto, se faz necessário buscar alternativas para produzir nestas condições. Nesse sentido, a adubação silicatada pode ser uma importante alternativa para amenizar o estresse salino e melhorar a qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças.

A utilização do silício têm mostrado respostas positivas em algumas culturas em condições de estresse salino, tais como trigo, cajueiro, arroz, milho, tomate, dentre outras (Tuna et al., 2008; Miranda et al., 2010; Kraska & Breitenbeck, 2010; Lima et al., 2011; Li et al., 2015).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa considerada como “moderadamente sensível” aos efeitos da salinidade, sendo que sua produção sofre um decréscimo de aproximadamente 13% para cada aumento unitário na salinidade limiar, que é de 1,3 dS m⁻¹

(Maas, 1986). Por ser a folhosa mais consumida no mundo e a hortaliça folhosa mais presente na dieta da população brasileira, com uma produção nacional anual em torno de 1,7 milhões de toneladas (ABCSEM, 2014), tornam-se necessários estudos com essa folhosa para amenizar os efeitos da salinidade em áreas que sofrem com esse problema.

Estudos realizados com a utilização do Si em hortaliças, como a alface, visando atenuação dos efeitos negativos da salinidade, ainda são incipientes e pouco informativos. Com base no exposto, objetivou-se avaliar a atenuação dos efeitos deletérios da salinidade mediada pelo silício na fluorescência da clorofila *a*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido, viveiro telado, com cobertura sombrite a 30%, pé direito de aproximadamente 1,8 m, em Fortaleza-CE (3° 44'S, 38° 33'O e altitude média de 14 m). No interior do viveiro a temperatura máxima foi de 36,4 °C, a mínima de 25,4 °C e a umidade relativa do ar máxima e mínima de 78,3 e 25%.

As sementes da cultivar 'Lucy Brown' foram semeadas em espuma fenólica, onde ficaram dez dias, sendo em seguida, as plântulas transferidas para o berçário e com solução nutritiva a 50% da força iônica por sete dias. Após esse período, foram transferidas para vasos de 5 L com a solução nutritiva de Furlani et al. (1998) a 100% da força iônica. A cada cinco dias, a solução nutritiva era trocada.

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo *Deep film technique* (DFT), conhecido como *floating*, com a aeração sendo feita por compressores de ar do tipo Chang 9000, 220v. O ajuste do pH da solução nutritiva foi sempre mantendo-o na faixa entre 5,5 a 6,5; para isso usou-se um pHmetro para mensuração, adicionando-se ácido clorídrico ou hidróxido de sódio, sempre que estava fora dessa faixa. A renovação da solução nutritiva foi realizada a cada cinco dias. Aos 40 dias após a semeadura, foi realizado a análise de fluorescência da clorofila 'a' no terceiro par de folhas totalmente expandidas a partir do ápice, com o auxílio de um fluorômetro portátil (6400-40, LI-COR, USA) acoplado ao IRGA, aclimatadas ao escuro (com papel alumínio) por 30 min. Foram determinados os seguintes parâmetros: 1) eficiência máxima do PSII [$F_v/F_m = (F_v/F_m)$], 2) rendimento quântico máximo efetivo do PSII [$\Phi_{PSII} = (F_m' - F_s)/F_m'$], 3) taxa aparente de transporte de elétrons [ETR = ($\Phi_{PSII} \times \text{PPFD} \times 0,5 \times 0,87$)], 4) quenching não fotoquímico variável (qN) = [$(F_m - F_m') - (F_m - F_o')$], 5)

quenching fotoquímico variável [$qP = (Fm' - Fs) / (Fm' - Fo')$] e, 6) quenching não fotoquímico [$NPQ = (Fm - Fm') / Fm'$].

Os tratamentos foram compostos por três níveis de salinidade utilizando o NaCl, testando a condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,65 (controle); 3,65; 7,65 dS m⁻¹ e duas doses de silicato de sódio (0 e 2 mM de Na₂SiO₃), com quatro repetições de duas plantas cada, delineados inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 3 x 2. Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste *F* de Snedecor; $p \leq 0,05$) e à comparação das médias pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados de fluorescência da clorofila *a*, podemos ver que apenas para o rendimento quântico efetivo do PSII (Φ_{PSII}) e *quenching* fotoquímico variável (*qP*) não houve interação, tendo efeito significativo apenas para o fator salinidade. O estresse salino não provocou danos no fotossistema II (PSII), pois a relação Fv/Fm se manteve acima de 0,80 em todos os tratamentos (Figura 1A), o que indica ausência de dano fotoinibitório. Com relação ao Φ_{PSII} (Figura 1B), podemos ver que o estresse salino incrementou esse rendimento. A taxa de transporte de elétrons (ETR) também foi aumentada em função do estresse salino e também com a presença do Si (Figura 1C). O quenching não-fotoquímico variável (*qN*) e o quenching não fotoquímico (NPQ) reduziram com a salinidade e não sofreram alterações quando adicionou-se o Si (Figuras 1D, F). Já o *qP* aumentou com os níveis de estresse salino (Figura 1E).

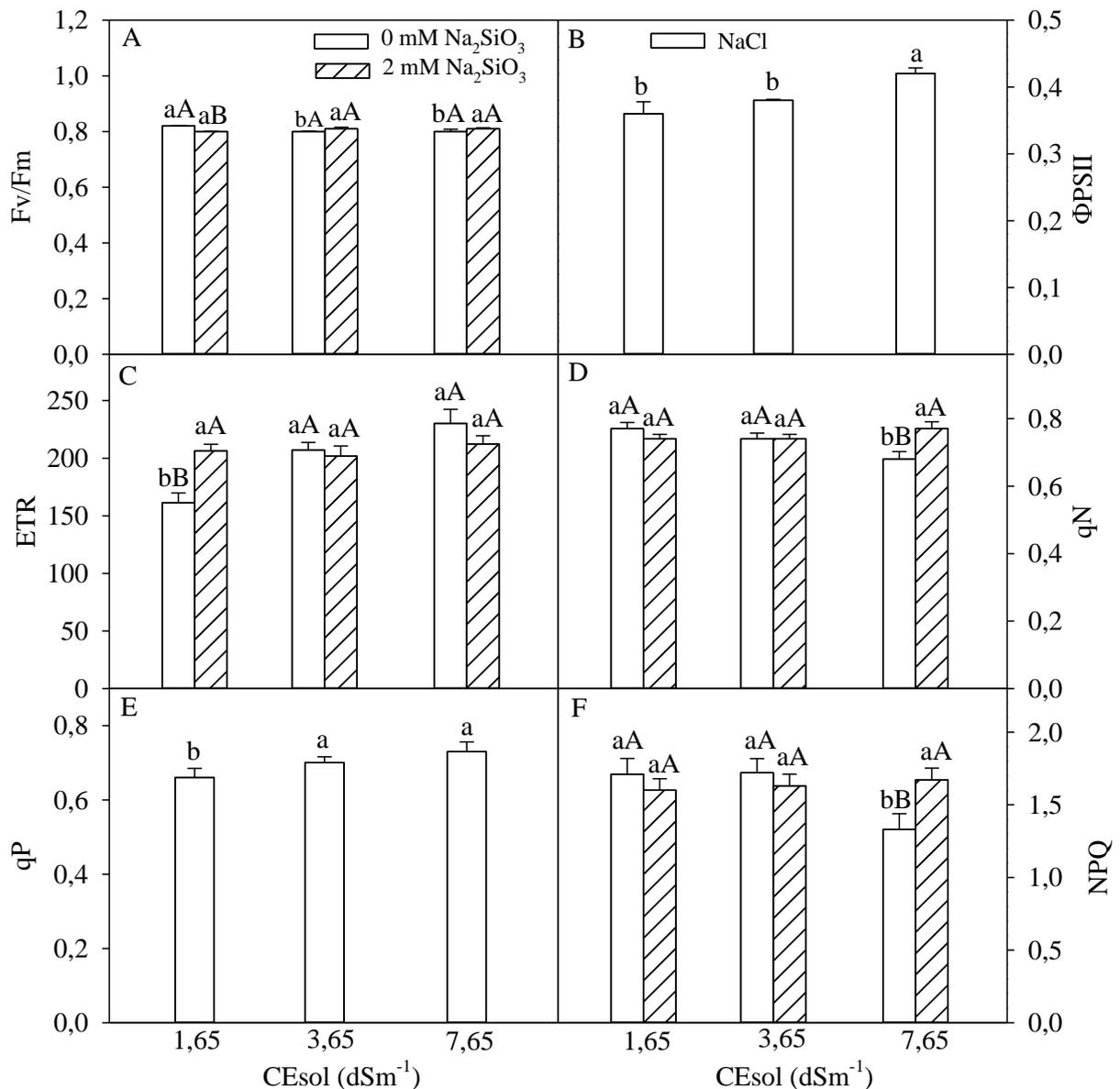


Figura 1. Fluorescência da clorofila *a* em alface sob condições de diferentes níveis de salinidade e silício. A: Eficiência máxima do fotossistema PSII (F_v/F_m), B: rendimento quântico efetivo do fotossistema PSII (ΦPSII), C: taxa de transporte de elétrons (ETR), D: quenching não fotoquímico variável (qN), E: quenching fotoquímico variável (qP) e F: quenching não fotoquímico (NPQ). Médias seguidas por letras maiúsculas apresentam diferença entre ausência e presença de Na₂SiO dentro de cada nível de NaCl e minúsculas evidenciam diferenças entre os níveis de NaCl na presença e ausência de Na₂SiO₃ pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras representam o erro padrão da média.

Os níveis de salinidade tanto na ausência como na presença do Si não provocaram danos ao PSII, pois a relação F_v/F_m foi superior a 0,80. Isso pode ser justificado pelo fato do estresse não ter reduzido nem a taxa fotossintética, nem a condutância estomática, além de ter aumentado o conteúdo de clorofila total (dados não publicados). Com isso, não houve excesso de energia nos sistemas de captação de luz, os elétrons gerados na fase fotoquímica foram

utilizados na fase bioquímica, não havendo assim, excitação em excesso da cadeia transportadora de elétrons (Silveira et al., 2016).

CONCLUSÕES

Os níveis de salinidade tanto na ausência como na presença do Si não provocaram danos ao PSII, pois a relação Fv/Fm foi superior a 0,80 nas plantas de alface.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa aos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio da Produção de Sementes e Mudas. 2º Levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. 2014. http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Hortalicas/Dados_Economicos/ABCSEM_2011.pdf.

COSTA, D. M. A.; HOLANDA, J. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. O. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na Bacia do Rio Cabugi-Afonso Bezerra-RN. *Holos*, v. 20, p. 1-13, 2004.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30p. (Documentos IAC, 168).

KRASKA, J. E.; BREITENBECK, G. A. Survey of the silicon status of flooded rice in Louisiana. *Agronomy Journal*, v. 102, n. 2, p. 523-529, 2010.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B.; ENÉAS-FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. *Ciência Agrônômica*, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

LI, H.; ZHU, Y.; HU, Y.; HAN, Y.; GONG, H. Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 37, n. 71, p. 1-9, 2015.

MAAS, E. V.; POSS, J. A.; HOFFMAN, G. J. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, v. 1, [s. n.], p. 12-26, 1986.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In. GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2. ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. 504p.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, v. 59, n. 1, p. 651-81, 2008.

MIRANDA, J. R. P., CARVALHO, J. G., FREIRE, A. L. O., FERNANDES, A. R. Avaliação do silício como atenuador dos efeitos da salinidade na nutrição mineral de clones de *Anacardium occidentale* L. *Engenharia Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 144-155, 2010.

TUNA, A. L., KAYA, C., HIGGS, D., AMADOR, B. M. AYDEMIR, S., GIRGIN, A. R. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, v. 62, n. 1, p. 10-16, 2008.