



ADUBAÇÃO SUPLEMENTAR COM ENXOFRE ATENUA OS EFEITOS DO ESTRESSE SALINO EM ALFACE HIDROPÔNICA

W. E. de S. Freitas¹, M. L. B. Almeida², C. G. Gadelha³, R. O. Mesquita⁴, E. Gomes-Filho⁵

RESUMO: A alface é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, difundindo-se praticamente por todo território nacional, principalmente nas regiões semiáridas do nordeste, onde a disponibilidade de água de boa qualidade está cada vez mais escassa. Diante dessa situação, torna-se importante para os setores agrícolas, o desenvolvimento de pesquisas e técnicas que permitam o cultivo com o uso de águas salinas. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação suplementar com enxofre em plantas de alface hidropônica cultivadas sob estresse salino. Plantas de alface foram cultivadas em sistema hidropônico, onde foram submetidas ao tratamento com diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva, além da adubação suplementar com enxofre, sendo este aplicado via foliar. Analisou-se os seguintes parâmetros: massa fresca da parte aérea e da raiz, área foliar, trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos. A adubação suplementar com enxofre influenciou significativamente no crescimento e fotossíntese das plantas, tanto para a condição controle quanto para a de estresse. Considerando as condições experimentais estudadas, verificou-se que a adubação suplementar com enxofre atenuou os efeitos deletérios ocasionados pelo estresse salino em plantas de alface hidropônica. Além de proporcionar um maior desenvolvimento das plantas em condições normais de cultivo, quando se utilizou a dose de enxofre 1,5 g/L.

PALAVRAS-CHAVE: Salinidade, Fotossíntese, área foliar

ADUBAÇÃO SUPLEMENTAR COM ENXOFRE ATENUA OS EFEITOS DO ESTRESSE SALINO EM ALFACE HIDROPÔNICA

ABSTRACT: Lettuce is one of the most cultivated vegetables in Brazil, spreading practically throughout the national territory, mainly in the semiarid regions of the northeast, where the availability of good quality water is increasingly scarce. Faced this situation, becomes important

¹ Doutorando em Fitotecnia, PPPGAF/CCA/UFC. Fortaleza - CE. E-mail: wallacedelke@hotmail.com.

² Doutora em Fitotecnia. Fortaleza - CE. E-mail: lucilanielmeida@hotmail.com.

³ Doutoranda em Bioquímica, DBBM/CC/UFC. Fortaleza - CE. E-mail: cibellegadelha@outlook.com.br.

⁴ Professora adjunta, DF/CCA/UFC. Fortaleza - CE. E-mail: rosilenemesquita@gmail.com.

⁵ Professor titular, DBBM/CC/UFC. Fortaleza - CE. E-mail: egomesf@ufc.br.

for the agricultural sectors, the development of research and techniques that allow the cultivation with the use of salt water. Thus, this study aimed to evaluate the effects of supplementary fertilization with sulfur on hydroponic lettuce plants grown under salt stress. Lettuce plants were cultivated in a hydroponic system, where they were submitted to treatment with different levels of salinity in the nutrient solution, in addition to the supplemental fertilization with sulfur, which was applied via foliar. The following parameters were analyzed: fresh shoot and root mass, leaf area, gas exchange and photosynthetic pigments. Already in the stress condition, the plants presented greater development and photosynthetic activity independently of the supplementary dose applied. Considering the experimental conditions studied, it was verified that the supplemental fertilization with sulfur attenuates the deleterious effects caused by the saline stress in plants of hydroponic lettuce. In addition to providing the further development of plants under normal growing conditions, when used dose 1.5 g/L.

KEYWORDS: Salinity, photosynthesis, leaf area

INTRODUÇÃO

No Brasil há uma grande produção de diversas espécies de hortaliças, com destaque para espécies classificadas no nicho das folhosas. No país, as folhosas mais produzidas são rúcula, repolho, couve de folha, alface, agrião e almeirão, sendo que a mais consumida entre os brasileiros é a alface (Beling, 2015). Pelo fato da alface apresentar grande divergência entre as cultivares existentes, essa hortaliça se difunde praticamente por todo território brasileiro, até mesmo em regiões onde as condições climáticas são adversas, o que a torna de grande importância social e econômica (Sousa et al., 2007; Oliveira et al., 2011).

Um grande problema que vem se agravando com o passar do anos em diversas regiões do Brasil e do mundo é a escassez de água, principalmente em regiões de clima semiárido. Diante desta situação em que a disponibilidade de água de boa qualidade (potável) está escassa, torna-se importante para os setores agrícolas, o desenvolvimento de pesquisas e técnicas que permitam a produção de alimentos com o uso de águas salinas (Paulus, et al, 2012).

Dentre os estresses abióticos, a salinidade é um dos que mais prejudicam o desenvolvimento e produção das plantas (Veeranagamallaiah et al., 2007; Fatma et al., 2014). O estresse salino afeta do crescimento das plantas devido ao seu efeito osmótico, que dificulta a absorção de água, ocasionada pela redução de potencial hídrico no ambiente radicular, e ao efeito tóxico, em que íons específicos ocasionam desordens fisiológicas e desbalanceamento

nutricional (Gheyi et al., 2010). Além do efeito oxidativo, resultado de uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, que ao se acumular nas células, promove um dano oxidativo secundário, causando danos em lipídeos, ácidos nucleicos e proteínas (Ben-Amor et al., 2005; Moller et al., 2007; Mittler, 2002; Ahmad et al., 2008).

Recentemente, pesquisas vem evidenciando que mesmo meio salino, as plantas quando supridas com enxofre na quantidade adequada conseguem aumentar a eficiência de seus mecanismos defesa. Aumentando a atividade das enzimas antioxidantes, síntese de compostos antioxidantes, entre outros, fazendo com que os efeitos do estresse salino sejam atenuados (Astolfi & Zuchi, 2014; Nazar et al., 2014; Fatma et al., 2014; Jasim & AL-Timmen, 2014).

Diante disso, o desenvolvimento de pesquisas quanto a utilização de uma adubação suplementar com enxofre e o uso de água salina na reposição ou preparo de solução nutritiva em alface hidropônica, justificam a relevância da realização desse estudo, logo, pode ser uma alternativa para os produtores que não possuem muitas opções de fonte de água com boa qualidade. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação suplementar com enxofre, em plantas de alface hidropônica cultivadas sob estresse salino

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de alface, cultivar Elba, foram semeadas em espuma fenólica umedecidas com água destilada. Aos cinco dias após a semeadura, as plântulas foram transferidas para bacias de plástico contendo 8 L de solução nutritiva de Furlani a 50% (Furlani et al., 1998), onde permaneceram por 15 dias, correspondente ao período de berçário das plantas. Decorrido esse tempo, as plantas foram transferidas para baldes plásticos contendo 3 L de solução nutritiva a 100%.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo estudados os efeitos do estresse salino, composto por duas concentrações de NaCl na solução nutritiva (0 e 40 mM de NaCl) e da adubação suplementar com enxofre, compostas por três doses (0, 1,5 e 3,0 g/L), esquematizando um arranjo fatorial 2 x 3, com quatro repetições de duas plantas cada. A adição de NaCl teve início quando as plantas foram transferidas para os baldes, sendo adicionado de forma parcelada, 20 mM por dia, até atingir a concentração de 40 mM. A adubação com enxofre foi realizada via foliar com o produto comercial Enxofre Dimy, sendo realizada 3 pulverizações com intervalos de seis dias entre as aplicações, com início após as plantas serem transferidas para os baldes.

Todas as etapas de cultivo das plantas foram realizadas em casa de vegetação, onde os valores médios da temperatura diurna e noturna, e da umidade relativa do ar foram $31,1 \pm 0,9$ °C, $25,4 \pm 1,1$ °C e 65,5%, respectivamente. A troca das soluções nutritivas ocorreram a cada quatro dias, e o volume perdido por evapotranspiração foi repostado diariamente pela adição de água destilada. O pH das soluções foi mantido próximo de 6,0, sendo ajustado diariamente.

As plantas foram coletadas após vinte dias sob estresse salino. No dia anterior a coleta, foram determinados os parâmetros de trocas gasosas [condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e concentração interna de CO₂ (C_i)] em uma folha do terceiro par de folhas completamente expandido, a contar da base, utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA, mod. LI-6400XT, LI-COR, Lincoln, USA). Com base nos valores de A e C_i, determinou-se ainda a eficiência de carboxilação das plantas (A/C_i) e a relação C_a/C_i. Após a coleta das plantas, estas foram divididas em parte aérea e raízes. Nessa ocasião, foi determinada a área foliar (AF), por meio de um medidor de área foliar (LI-COR, Inc., modelo LI-3000). Em seguida, determinou-se a massa fresca da parte aérea e das raízes.

Com o auxílio do programa estatístico SISVAR, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento das plantas de alface foi afetado negativamente pelo estresse salino, sendo que, a parte aérea foi a única afetada pelo estresse. Adubação suplementar com enxofre influenciou significativamente no crescimento da parte aérea das plantas, tanto para a condição controle (0 mM de NaCl) quanto para a de estresse (40 mM de NaCl), havendo alterações na massa da matéria fresca da parte aérea e na expansão da área foliar. Na ausência de NaCl, os maiores valores para essas variáveis foram obtidos com a suplementação de enxofre na dose de 1,5 g/L, ocorrendo um decréscimo com o fornecimento da dose superior a esta. Na presença de NaCl, os maiores valores também foram obtidos com a suplementação de enxofre na dose de 1,5 g/L, sendo que estes não diferiram dos obtidos com a suplementação de enxofre na dose de 3,0 g/L (Figura 1A e B). Por outro lado, o crescimento das raízes foi influenciado somente pela adubação suplementar com enxofre, onde as plantas que receberam a aplicação da dose 1,5 g/L, foram as que apresentaram maior massa de matéria fresca das raízes (dados não mostrados).

Corroborando com resultados obtidos no presente trabalho, Nazar et al. 2014 ao avaliar o efeito do excesso de enxofre no crescimento de plantas de mostarda, verificaram que em condição salina, o excesso de enxofre independente da dose utilizada promoveu um maior

crescimento das plantas, sendo capaz de reverter a redução ocasionada pela salinidade. Por outro lado, os autores também observaram que na condição controle, o excesso de enxofre só foi benéfico para as plantas até o uso da dose intermediária.

O estresse salino reduziu significativamente a condutância estomática das plantas de alface na ausência da adubação suplementar com enxofre. A suplementação com enxofre promoveu respostas diferenciadas nas condições controle e estresse, as quais as plantas estavam submetidas. No controle, as plantas apresentaram maior condutância quando aplicou-se a dose de 1,5 g/L, já nas plantas sob estresse, a aplicação de enxofre independente da dose proporcionou um aumento na abertura estomática das plantas, revertendo o efeito ocasionado pelo estresse salino (Figura 2A). Como a condutância estomática, a fotossíntese também reduziu em função do estresse salino na ausência de enxofre, porém, a redução não foi tão intensa como observada na abertura estomática. Nas condições controle, as plantas tratadas com a dose 1,5 g/L foram as que apresentaram maiores taxa fotossintéticas. Já nas condições salinas, a tratamento com enxofre proporcionou um aumento significativo na fotossíntese em ambas as doses aplicadas (Figura 2B) Os resultados para evapotranspiração assemelharam-se as obtidos para g_s e A , sendo que nas condições salinas, o tratamento com a dose 3,0 g/L foi o que apresentou maior valor para esta variável (Figura 2D).

Plantas de mostardas crescidas em ambiente salino sob suplementação com enxofre, demonstraram respostas semelhantes ao presente estudo, em que, as plantas tiveram a sua taxa fotossintética e abertura estomática afetadas pela salinidade, porém, o excesso de enxofre foi capaz de amenizar esses danos, promovendo um aumento para essas duas variáveis (Fatma et al., 2014).

A concentração interna de CO_2 e a C_i/C_a apresentam resultados semelhantes, podendo-se observar efeito somente para o tratamento com enxofre, onde os valores mais elevados foram obtidos para as plantas tratadas com a dose 1,5 g/L (dados não mostrados). Já para a eficiência de carboxilação das plantas, pode-se verificar que não houve diferença entre as condições de salinidade as quais estas foram submetidas, e que o tratamento com enxofre só demonstrou influência sobre as plantas em condições de estresse salino, com estas tornando-se mais eficientes na fixação de CO_2 quando submetidas a suplementação com esse elemento (Figura 2C).

Com relação aos pigmentos fotossintéticos, pode-se verificar respostas diferenciadas com relação aos tratamentos em estudo. Os teores de clorofila a não diferiram entre as condições de salinidade, havendo efeito da suplementação com enxofre somente nas condições controle, onde as plantas tratadas com a dose 1,5 g/L foram as que apresentaram maiores teores de

clorofila *a* (Figura 3A). Já para os teores de clorofila *b*, houve influência somente das doses de enxofre, em que a aplicação de enxofre independente da dose utilizada, propiciou um aumento no teor de clorofila *b* (dados não mostrados). Por fim, os teores de clorofila total foram influenciados pelas doses de enxofre em ambas as condições de salinidade, na condição controle, os maiores teores foram obtidos quando utilizou-se a dose 1,5 g/L, já para condição de estresse, os teores mais elevados foram observados com a utilização da dose 3,0 g/L (Figura 3B).

Geralmente, os pigmentos fotossintéticos são afetados negativamente pelo estresse salino, acelerando rapidamente a sua degradação ou reduzindo a sua biossíntese (Ashraf & Harris, 2013). Porém, neste estudo os teores de clorofilas não foram afetados pela salinidade. Sarmiento et al. 2014 ao avaliar o uso de rejeito salino no cultivo de alface hidropônica, também observaram que a salinidade não afetou nos teores de clorofilas das plantas. Com relação as respostas diferenciadas à suplementação com enxofre, podemos relacioná-las a uma possível deficiência desse elemento na solução nutritiva utilizada, visto que, a deficiência de enxofre promove uma redução na biossíntese de clorofila (Astolfi & Zuchi, 2013)

Diante do exposto, podemos atribuir em parte que, o incremento no crescimento e na fotossíntese plantas sob suplementação com enxofre, pode estar relacionado ao aumento na condutância estomática, eficiência de carboxilação e teores de clorofila.

CONCLUSÃO

A adubação suplementar com enxofre atenua os efeitos deletérios ocasionados pelo estresse salino em plantas de alface hidropônica. Além de proporcionar um maior desenvolvimento das plantas em condições normais de cultivo, quando se utiliza a dose de enxofre 1,5 g/L.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, P.; SARWAT, M.; SHARMA, S. Reactive oxygen species. Antioxidants and signaling in plants. *Journal Plant Biology*, V.51, n.1, p. 67–173, 2008.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*, V.51, p. 163-190, 2013.

- ASTOLFI, S.; ZUCHI, S. Adequate S supply protects barley plants from adverse effects of salinity stress by increasing thiol content. *Acta Physiologiae Plantarum*, V.35, p. 175–181, 2013.
- BEN AMOR, N.; BEN HAMED, K.; DEBEZA, A.; GRIGNONB, C.; ABDELLY, C. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Science*, V.168, p. 889-899, 2005.
- BELING, R. R. Anuário brasileiro de hortaliças 2015 / Cleiton Evandro dos Santos ... [et al.]. – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 68 p.
- FATMA, M.; ASGHER M.; MASOOD, A.; KHAN, N. A. Excess sulfur supplementation improves photosynthesis and growth in mustard under salt stress through increased production of glutathione. *Environmental and Experimental Botany*, V.107, p. 55–63, 2014.
- GHEYI, H.R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p.
- JASIM, A.H.; AL-TIMMEN W. M. A. The effect of mulch and fertilizers on broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. Italica) oxidants and antioxidants. *Net Journal of Agricultural Science*, V.2, n. 4, p. 124-130, 2014.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, V.7, p. 405–410, 2002.
- MOLLER, I.M.; JENSEN, P.E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology*, V.58, p. 459-481, 2007.
- NAZAR, R.; KHAN, M.I.R.; IQBAL, N.; MASOOD, A.; KHAN N. A. Involvement of ethylene in reversal of salt-inhibited photosynthesis by sulfur in mustard. *Physiologia Plantarum*, V.152, p. 331–344, 2014.
- OLIVEIRA, F. de A.; CARRILHO, M.J.S. de O.; MEDEIROS, J.F.; MARACAJÁ, P.B.; OLIVEIRA, M.K.T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, V.15, n.8, p.771–777, 2011.
- PAULUS, D; DOURADO NETO, D; PAULUS, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, V.30, n.1, p. 18- 25, 2012.

SARMENTO, J.D.A.; MORAIS, P.L.D.; ALMEIDA, M.L.B.; SOUSA NETO, O.N.; DIAS, N. da S. Qualidade e conservação da alface cultivada com rejeito da dessalinização. Revista Caatinga, V.27, n.3, p. 90 – 97, 2014.

SOUSA, C.S.; BONETTI, A.M.; GOULART FILHO, L.R.; MACHADO, J.R.A.; LONDE, L. N.; BAFFI, M.A.; RAMOS, R.G.; VIEIRA, C.U.; KERR, W.E. Divergência genética entre genótipos de alface por meio de marcadores AFLP. Bragantia, V.66, p.11-16, 2007.

VEERANAGAMALLAIAH, G.; CHANDRAOBULREDDY, P.; JYOTHSNAKUMARI, G.; SUDHAKAR, C. Glutamine synthetase expression and pyrroline-5-carboxylate reductase activity influence proline accumulation in two cultivars of foxtail millet (*Setaria italica* L.) with differential salt sensitivity. Environmental and Experimental Botany, V.60, p. 239-244, 2007.

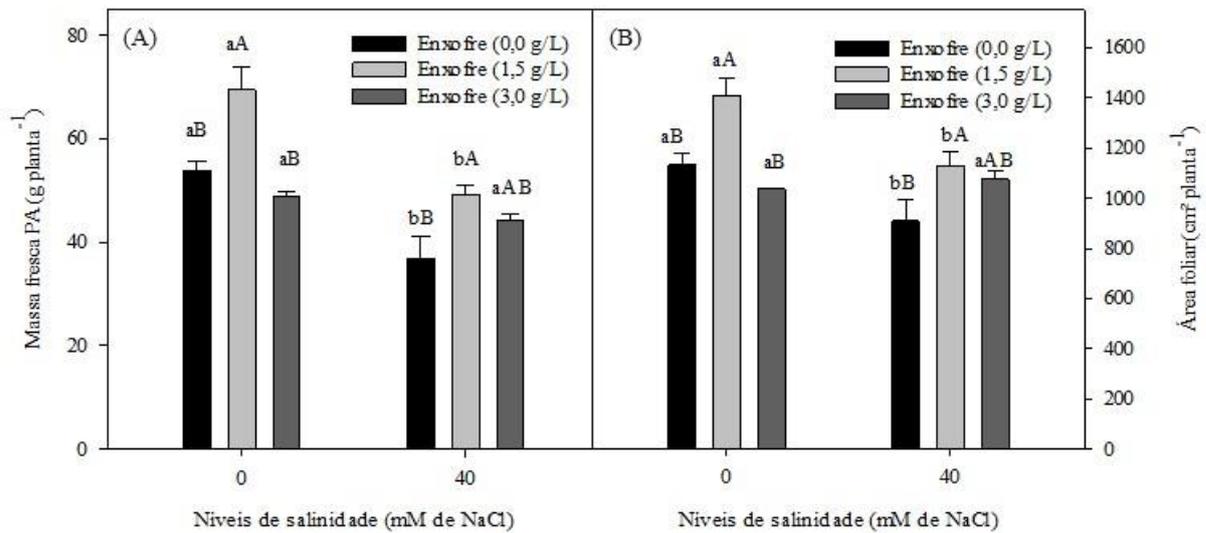


Figura 1. Massa da matéria fresca da parte aérea (A) e área foliar (B) de plantas de alface hidropônica cultivadas na presença ou ausência de NaCl a 40 mM e adubação complementar com enxofre. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, em uma mesma dose de enxofre, ou por letras maiúsculas diferentes, em um mesmo nível de salinidade, diferem significativamente entre si mediante ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

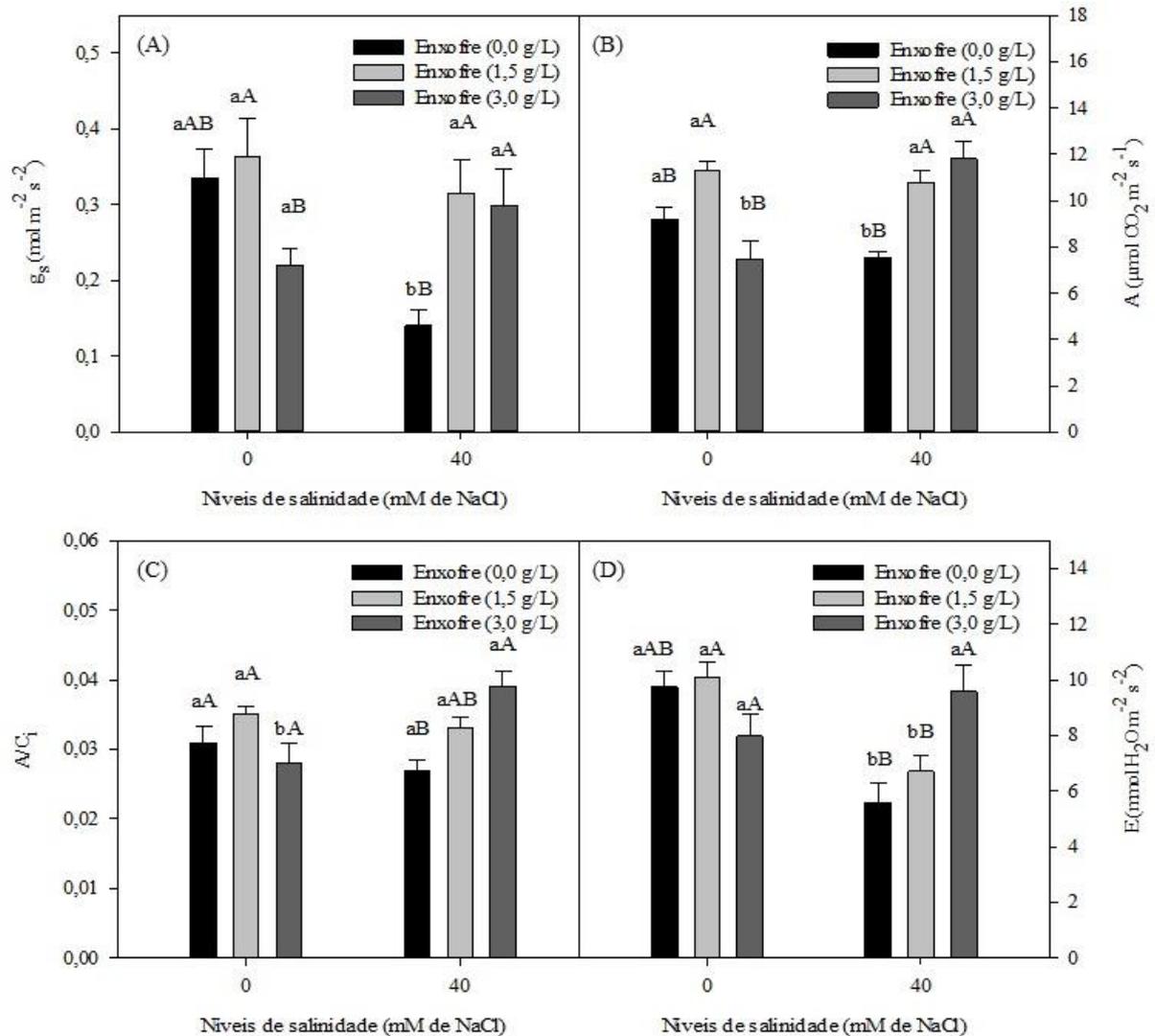


Figura 2. Condutância estomática (g_s) (A), fotossíntese líquida (A) (B), eficiência de caboxilação (A/C_i) (C) e transpiração (E) (D) de plantas de alface hidropônica cultivadas na presença ou ausência de NaCl a 40 mM e adubação complementar com enxofre. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, em uma mesma dose de enxofre, ou por letras maiúsculas diferentes, em um mesmo nível de salinidade, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

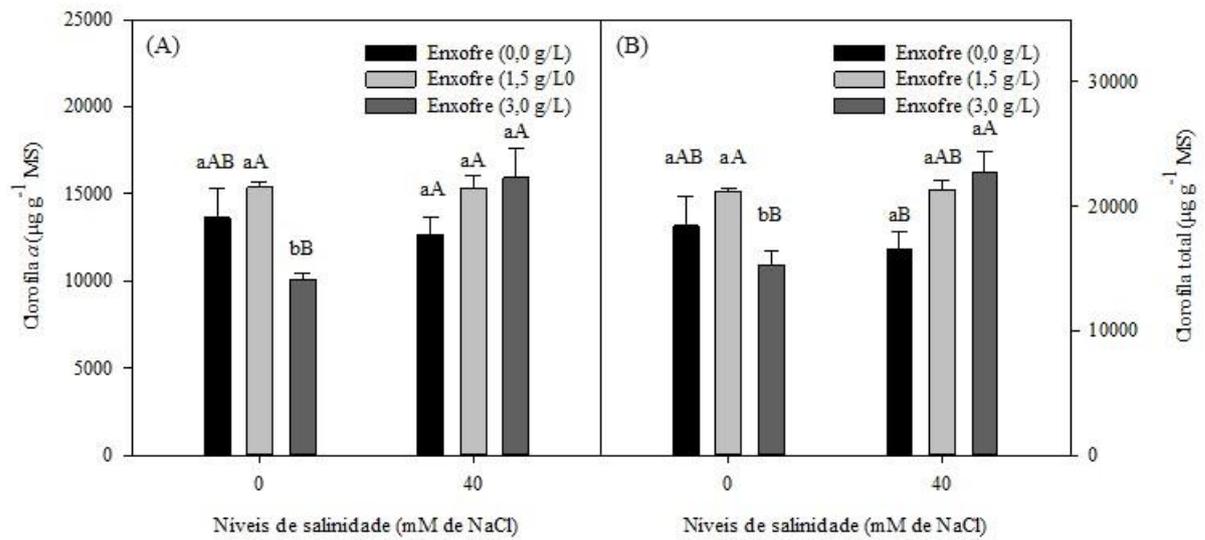


Figura 3. Teores de clorofila *a* (A) e total (B) de plantas de alface hidropônica cultivadas na presença ou ausência de NaCl a 40 mM e adubação complementar com enxofre. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, em uma mesma dose de enxofre, ou por letras maiúsculas diferentes, em um mesmo nível de salinidade, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.