

**ADUBAÇÃO SILICATADA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE HÍDRICO NO CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DO ALFACE**

Reynaldo Teodoro de Fatima¹, Edmar Gonçalves de Jesus², Amaralina Celoto Guerrero³, Josinaldo Lopes Araújo Rocha⁴ & Marcos Eric Barbosa Brito⁵

1 - Mestrando em Agronomia, UFPB, e-mail: reynaldo.t16@gmail.com ;

2 - Graduado em Agronomia, UFCG, e-mail: edmar.gj@gmail.com;

3 - Doutora em Agronomia, Pesquisadora, UFCG, e-mail: maracuerrero@gmail.com;

4 - Doutor em Ciência do Solo, Professor Adjunto, UFCG, e-mail: jhosinal_araujo@yahoo.com.br;

5 - Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Adjunto, UFS, e-mail: marcosericbb@yahoo.com.br

Palavras-chave:

deficit hídrico
lactuca sativa L.
nutrição de plantas
silício

RESUMO

A insuficiência hídrica consiste em um dos principais fatores limitantes da agricultura nas regiões semiaridas. Com isso, o emprego de tecnologias que permitam amenizar os efeitos ocasionados por esse fator se torna essencial para que ocorra a expansão da agricultura nessa região. Diante disso, objetivou-se estudar o crescimento e as trocas gasosas de plantas de alface sob adubação silicatada e estresse hídrico. O experimento foi em casa de vegetação, usando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, com cinco doses de silício (0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹) e duas lâminas de irrigação [50 e 100% da evapotranspiração real (ETr) baseada em lisimetria de pesagem], com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. A aplicação do Si foi feita via foliar, utilizando-se produto comercial composto por 0,75% de Si e 0,15% de Molibdênio. As doses de silício influenciaram nas variáveis fisiológicas das plantas sob estresse hídrico, destacando-se a dose estimada de 125 mg L⁻¹. A aplicação da dose estimada de 109 mg L⁻¹ de Si apresentou benefícios para as plantas submetidas a lâmina de 100% da ETr nas variáveis morfológicas estudadas. A lâmina de irrigação de 100% da ETr proporcionou maior crescimento das plantas de alface em relação às plantas irrigadas com a lâmina de 50% da ETr.

Keywords:

water deficit
lactuca sativa L.
plant nutrition
silicon

SILICON FERTILIZATION AS ATENUANT OF WATER STRESS IN LETTUCE GROWTH AND GAS EXCHANGES**ABSTRACT**

Water insufficiency is one of the main limiting factors for agriculture in the semi-arid regions, so the use of technologies that allow the effects of this factor to be mitigated becomes essential for the expansion of agriculture in this region. The objective of this study was to study the growth and gas exchanges in lettuce under silicon fertilization and water stress. The experiment was a conducted in greenhouse using a randomized complete block design with four replications, in a 5 x 2 factorial scheme, with five doses of silicon (0, 50, 100, 150 and 200 mg L⁻¹) and two irrigation blades [50 and 100% of actual evapotranspiration (ETr) based on weighing lysimetry], with four replications, totaling 40 experimental units. The application of Si was done *via foliar*, using a commercial product composed by 0.75% Si and 0.15% Molybdenum. The silicon doses influenced the physiological variables of plants under water stress, with highlights to the estimated dose of 125 mg L⁻¹. The application of the estimated dose of 109 mg L⁻¹ of Si presented benefits for the plants submitted to a 100% ETr blade in the morphological variables studied. The 100% irrigation blade of ETr provided higher growth to lettuce compared to the plants irrigated with the 50% ETr blade.

INTRODUÇÃO

Pertencente à família *Asteraceae*, a alface (*Lactuca sativa* L.) corresponde a uma hortaliça herbácea anual, com porte baixo, rápido crescimento vegetativo e ciclo curto, que, por apresentar boas quantidades de vitaminas A, B1, B2, B6 e C e possuir baixo valor calórico, é considerada a hortaliça folhosa mais consumida do Brasil (MILHOMENS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015).

A sua larga adaptação às condições climáticas juntamente com a possibilidade de cultivos sucessivos ao longo do ano, fazem com que esta seja a hortaliça mais cultivada pelos pequenos produtores, o que lhe confere grande importância econômica e social, por gerar aproximadamente cinco empregos diretos por hectare (SALA & COSTA, 2012; SILVA *et al.*, 2017). Fato esse que exalta essa cultura como alternativa de renda aos pequenos produtores do semiárido nordestino, pois os frequentemente longos períodos de estiagem nessa região acarretam uma redução significativa na quantidade de água presente nos reservatórios, o que reduziria o emprego de culturas de ciclo longo (SOUSA *et al.*, 2017).

A deficiência hídrica é considerada a principal causa de redução de produtividade agrícola mundial (MARQUES, 2013), situação essa que normalmente é observada pelos agricultores da região nordeste, que, mesmo empregando culturas de ciclo curto, possuem suprimento de água insuficiente para atingir a produtividade esperada. Tendo isso em vista, o emprego de tecnologias que permitam amenizar os efeitos ocasionados pelo estresse hídrico se torna essencial para que ocorra a expansão da agricultura nessa região. Nesse sentido, a utilização de silício como amenizador dos efeitos deletérios desse fator abiótico vem sendo estudada frequentemente (CANTUÁRIO *et al.*, 2015; PARONETTO, 2015).

Os efeitos benéficos observados na utilização do silício em plantas sob estresse hídrico estão relacionados com o aumento da resistência mecânica das células, devido ao depósito de silício, na forma de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), na parede celular que forma uma dupla camada de sílica cuticular, proporcionando um melhor ajuste

osmótico, diminuindo a transpiração e melhorando a capacidade fotossintética (AHMED *et al.*, 2013; VIANA, 2015).

Diante da escassez de trabalhos sobre a utilização de silício como atenuador do estresse hídrico em hortaliças, objetivou-se estudar o crescimento e as trocas gasosas de plantas de alface sob estresse hídrico e adubação silicatada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), *Campus* de Pombal-PB, que está localizado nas coordenadas geográficas de 6°46' latitude sul e 37°47' de longitude oeste, a uma altitude média de 184 m.

O experimento foi em casa de vegetação, usando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, com cinco doses de silício (0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹) e duas lâminas de irrigação (50 e 100% da evapotranspiração real (ET_r) baseada em lisimetria de pesagem), com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 4 L, preenchido com amostras de um solo Neossolo Flúvico, coletado aleatoriamente na camada de 0-40 cm.

As doses de silício foram aplicadas na forma de um produto comercial, o Silamol, que contém 0,75% de silício (Si) e 0,15% de molibdênio (Mo), sendo aplicado via foliar, iniciando-se as aplicações sete dias após o transplante, em um total de quatro aplicações. As doses de Mo foram compensadas utilizando-se molibdato de amônio, de forma que todas as soluções de aplicação via foliar com Silamol tivessem as mesmas concentrações de Mo. As concentrações das soluções foram as seguintes: 0; 67; 133; 201 e 266 ml de Silamol completadas com água destilada até atingirem o volume de 1L.

Para determinação da evapotranspiração real, usou-se o método da lisimetria de pesagem nos tratamentos que recebiam 100% da ET_r. Para tanto, determinou-se o peso dos vasos na capacidade de campo (P_{cc}) a partir da saturação por capilaridade, seguida de drenagem até peso constante, sendo

considerado o P_{cc} , e diariamente procedia-se à pesagem do peso atual (P_a) de cada vaso. Com esses dados e usando-se a equação 1, determinou-se a ETr com a divisão da subtração desses valores pela área do vaso (JESUS *et al.*, 2018). As plantas que recebiam 50% da ETr recebiam 50% do volume de água aplicado nas plantas sob lâmina de 100% da ETr.

O solo utilizado após secagem ao ar, destorroado e passado em peneira de malha de 2,0 mm, foi encaminhado ao Laboratório de Análises de Solo e Planta do CCTA/UFCG para sua caracterização química e física, conforme procedimentos descritos em EMBRAPA (1997), estando os dados dispostos na Tabela 1.

A adubação com macronutrientes (exceto nitrogênio) e micronutrientes foram realizadas conforme recomendação de MALAVOLTA (1997). As quantidades de nutrientes utilizadas foram às seguintes: P=1,92 mg dm⁻³; K = 64,7 mg dm⁻³; N = 35,6 mg dm⁻³, sendo que o nitrogênio foi parcelado em quatro vezes para evitar lixiviação e para assegurar que não causasse nenhum dano à planta. O Ca²⁺ foi aplicado juntamente com o P em fundação. Não foi necessária a adubação com Mg, pois o teor no solo estava adequado para a cultura.

Para os micronutrientes, foram preparadas soluções para aplicação via foliar com as seguintes composições: B = 2,84; Cu = 5,12; Fe = 4,0 ml/vaso; Mn = 15,13; Mo = 0,25 e Zn = 17,5 mg dm⁻³, utilizando-se fontes P.A. altamente solúveis em água. A adubação com micronutrientes foi realizada 15 dias após o transplante das mudas, com a aplicação dos coquetéis previamente preparados: juntou-se o Cu e o Zn, e fez-se o primeiro coquetel; em seguida, juntou o B, o Mn e o Mo e preparou-se o segundo coquetel. O Fe-EDTA foi aplicado

separadamente.

As mudas de alface foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido (200 células), com volume de 16 mL por célula, a qual recebeu três sementes. As plântulas emergiram sete dias após a semeadura (DAS); em trinta DAS, realizou-se o transplante de uma muda por vaso, as quais foram conduzidas até completarem o ciclo o ciclo (58 DAS). Foi utilizada a alface crespa.

Aos 7, 14 e 21 e 28 dias após o transplante (DAT), realizaram-se avaliações de crescimento, mensurando-se o número de folhas (NF), a partir da contagem das folhas fotossinteticamente ativas, e a altura de planta (AP), por meio do comprimento entre o colo da planta até a extremidade da folha mais comprida esticada.

Aos 28 DAT, determinaram-se as trocas gasosas das plantas, usando-se um analisador de gás por infravermelho, mensurando-se a taxa de transpiração nas folhas (E), a concentração intercelular de CO₂ (C_i), a condutância estomática (g_s), a taxa de assimilação de CO₂ (A). Com esses dados, determinou-se a eficiência instantânea no uso da água (EiUA), a partir da relação entre os valores de A com E ($A E^{-1}$) (BRITO *et al.*, 2012). As medidas de trocas gasosas foram realizadas no período das 7h às 9h da manhã, em todas as plantas, em uma folha completamente expandida.

Após a realização das leituras, as plantas foram colhidas e separadas as folhas para a determinação da fitomassa fresca da folha (FFF). Após a essas análises, procedeu-se à lavagem desse material em água corrente e em água com detergente, passando por duplo enxágue em água deionizada. Após a lavagem, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, identificadas com os respectivos tratamentos e postas para secar em estufa de

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento

Atributos químicos								
pH	P	Si	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
CaCl ₂ (1:2,5)	mg/dm ³				cmol _c /dm ³			
6,02	10	1,95	0,41	0,15	4,15	7,05	0	0
Atributos Físicos								
Areia	Silte	Argila	ds	dp	Porosidade	Classe textural		
g kg ⁻¹			g cm ⁻³		%			
716,8	152,8	130,4	1,4	2,74	48,9	Franco arenosa		

P, K⁺ e Na⁺: Extrator Mehlich1; H⁺+Al³⁺: Extrator acetato de Ca⁺² 0,5 mol L⁻¹ pH 7; Al³⁺, Ca⁺², Mg⁺²: Extrator KCl 1mol L⁻¹

circulação de ar (60°C) até peso constante. Após esse período, as plantas foram novamente pesadas para obtenção da fitomassa seca das folhas e quantidade de água na parte aérea (QAPA).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F ($p < 0,05$), sendo este conclusivo para o fator lâminas; para as doses de silício, realizou-se análise de regressão polinomial, usando-se modelos lineares ou quadráticos, escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior valor de coeficiente de determinação (R^2). O desdobramento da interação entre fontes e doses foi efetuado quando significativo, procedendo-se à análise de regressão para o fator doses de silício em cada lâmina de irrigação usando-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para as variáveis altura da planta e número de folhas, sendo que os melhores resultados foram encontrados nas plantas cultivadas em condições com 100% da ETr; para essas variáveis, não foram observados efeitos significativos das doses de silício aplicado.

Para a variável altura de plantas, os efeitos do estresse hídrico foram notados logo na primeira avaliação, ocorrendo reduções gradativas nas plantas sujeitas ao ambiente sob estresse até a

terceira avaliação, sendo essas na ordem de 21%, 23% e 27%, aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio (DAT), respectivamente. Aos 28 DAT, ainda foram notadas reduções em relação as condições hídricas ideais, mas com uma redução de ordem inferior quando comparada com as avaliações anteriores, aproximadamente 13% (Figura 1A).

Essa redução é observada devido a serem os processos relacionados ao crescimento vegetal os primeiros afetados pela moderada deficiência hídrica; isso ocorre devido serem interrompidas ou retardadas a expansão e a divisão celular, proporcionando a diminuição do crescimento das folhas e do caule bem antes do estresse hídrico tornar-se severo a ponto de causar o fechamento dos estômatos e uma diminuição na fotossíntese (DUARTE; 2012).

Nas plantas de alface submetidas ao estresse hídrico, o número de folhas (Figura 1B) não mostra diferenças estatísticas significativas aos 7 e 14 DAT, provavelmente devido ao fato de esse período corresponder ao estágio inicial de desenvolvimento, com sua exigência hídrica sendo suprida parcialmente pela quantidade de água aplicada, sendo, assim, suficiente para se completarem os processos fisiológicos de emissão de novas folhas. Nas avaliações posteriores, ocorreram reduções de 12 e 18%, aos 21 e 28 DAT, respectivamente; isso ocorreu devido a serem acentuados os processos de economia de água nas

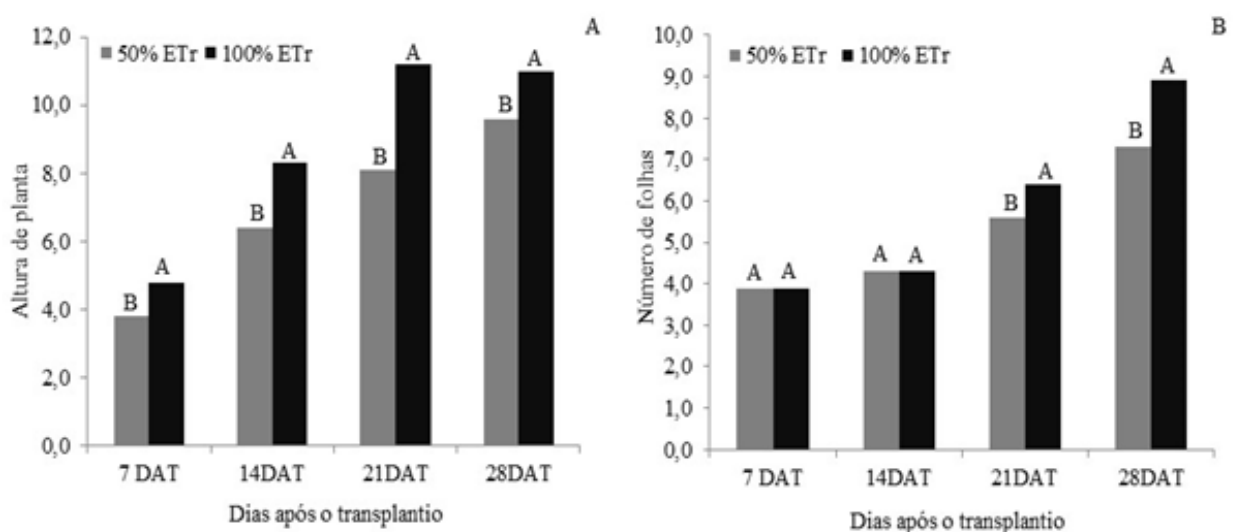


Figura 1. Altura de plantas e número de folhas aos 7, 14, 21 e 28 DAT em plantas de alface cultivadas sob lâminas de irrigação.

plantas nesse estágio de desenvolvimento, com o aumento da abscisão foliar juntamente com a aceleração da senescência (PADILHA *et al.*, 2016; TAIZ *et al.*, 2017).

Em relação às trocas gasosas em plantas de alface, notou-se efeito isolado das lâminas de irrigação vigentes para as variáveis concentração de CO_2 nos espaços intercelulares (Ci) e taxa de transpiração nas folhas (E) (Figura 2) e interação entre as lâminas de irrigação e as doses de silício para a variável condutância estomática (GS) (Figura 3).

Para o Ci (A), foi observado um melhor desempenho nas plantas sujeitas ao ambiente com 50% da ETr, na ordem de 297 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$, sendo essa 3,7% superior ao ambiente com 100% da ETr, que foi de 286,25 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$, mostrando, assim, que a quantidade de CO_2 nos espaços intercelulares são suficientes para as atividades fisiológicas de uma planta C3 (TAIZ & ZEIGER, 2013), mesmo com a redução de 9,6% na transpiração das folhas de alface (Figura 2B) nas plantas sujeitas ao ambiente sob estresse, 3,55 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, quando comparadas com as plantas sob condições hídricas favoráveis, 3,89 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Isso ocorre devido a que as plantas com 50% da ETr apresentam uma eficiência do uso da água de 2,01 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 10% maior quando comparada com as plantas submetidas a 100% da ETr, 1,82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Em relação a condutância estomática (Figura 3), a lâmina de 50 % da ETr apresentou resultados mais satisfatórios quando comparada com a lâmina de

100% da ETr, com as doses de silício apresentando efeito linear crescente, com acréscimos de 6,3 % com cada aumento de 50 mg dm^{-3} Si na adubação foliar. Resultado esse que mostra a influência direta do silício, pois a limitação da gs corresponde ao principal efeito do estresse hídrico na planta, por induzir o fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO_2 em direção ao sítio de carboxilação, afetando diretamente a fotossíntese (FERRAZ *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015).

Observou-se, na lâmina de 100% da ETr, redução de 25,2% na condutividade estomática no intervalo entre as doses de 0 a 110 mg dm^{-3} Si com ajuste ao modelo polinomial quadrático. A partir do valor crítico (0,1795 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) estimado na dose de 110 mg dm^{-3} Si observou-se tendência de aumento em 18,4 % na gs até a dose de 200 mg dm^{-3} Si, em que foi encontrado o valor de 0,22 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A partir da dose de 110 mg dm^{-3} Si, provavelmente deve ter ocorrido uma maior lignificação dos tecidos foliares ocasionada pelo silício, deixando as folhas mais eretas, o que induz um aumento na eficiência fotossintética e, consequentemente, a abertura estomática (HECKMAN, 2013).

Na variável morfológica fitomassa fresca da folha (Figura 4A), foi observado efeito polinomial quadrático nas duas lâminas de irrigação vigentes, sendo que a lâmina de 100% da ETr apresentou seu melhor resultado quando associado com a dose de 109 mg dm^{-3} de Si (41,94 g), com um acréscimo

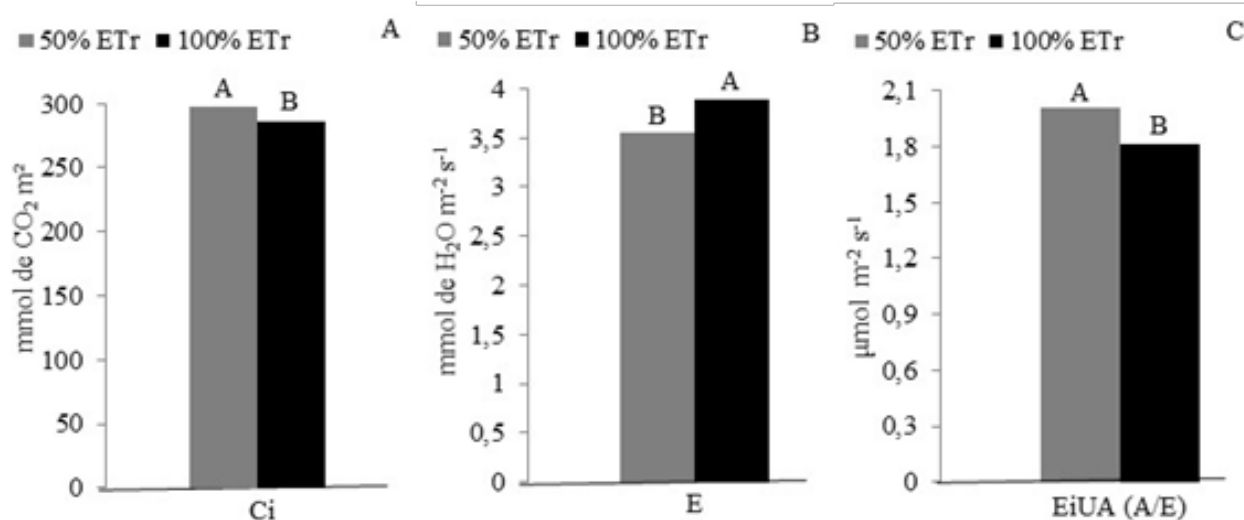


Figura 2. Concentração de CO_2 nos espaços intercelulares- Ci (A), taxa de transpiração nas folhas- E (B) e eficiência do uso da água - EiUA (C) em plantas de alface cultivadas sob lâminas de irrigação.

de 45% na fitomassa fresca quando comparada com as plantas que não receberam aplicações de silício (22,87g). Já a lâmina de irrigação de 50% da ETr apresentou seu melhor resultado quando se aplicou a dose estimada de 125 mg dm^{-3} de Si, com uma fitomassa de 17,9g, sendo essa 27% superior quando comparada com as plantas sem aplicação de silício, que foi de 13,27 g.

A fitomassa fresca na lâmina de 50% associado com a melhor dose de silício foi 57% inferior quando comparado com a lâmina 100% associado com a melhor dose de silício estimada, mas, quando

comparada com as plantas que não receberam aplicação de silício na lâmina de 100% da Etr, essa inferioridade foi reduzida para 21,7%. Esse fato está relacionado com a proteção mecânica atribuída principalmente ao depósito de silício na forma de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) na parede celular das folhas, próximo aos órgãos de transpiração, formando uma dupla camada lignificada abaixo da cutícula, em decorrência da adubação silicatada (ALBUQUERQUE *et al.*, 2014; TEODORO *et al.*, 2015).

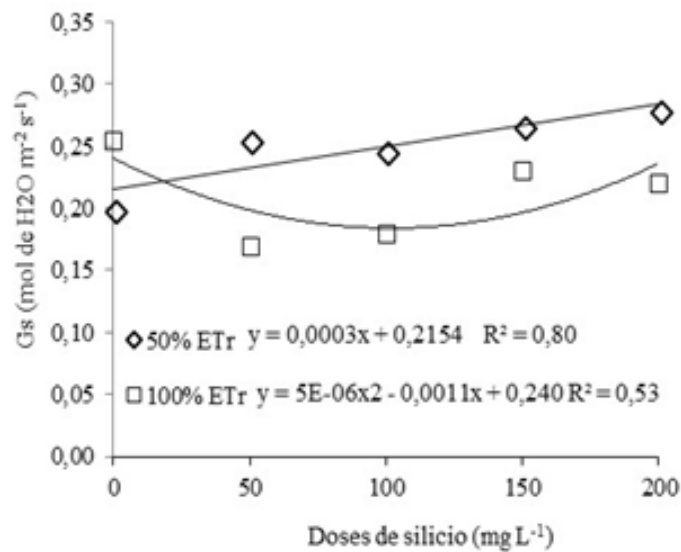


Figura 3. Condutância estomática – gs (A) e fitomassa fresca da folha (B) em plantas de alface cultivadas sob lâminas de irrigação e doses de silício.

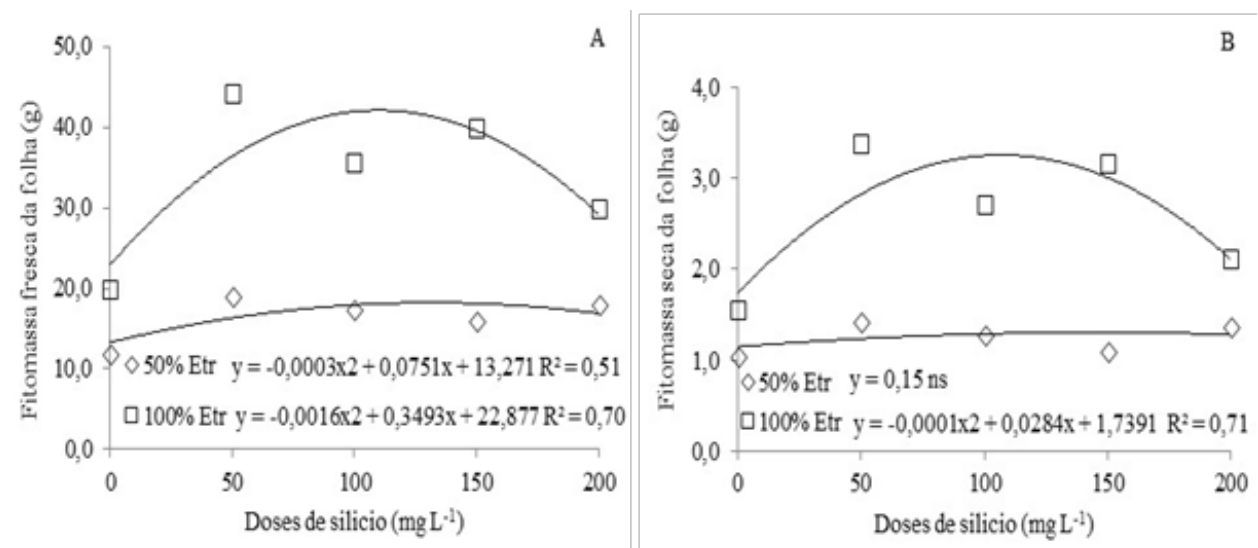


Figura 4. Fitomassa fresca da folha (A) e fitomassa seca das folhas (B) em plantas de alface cultivadas sob lâminas de irrigação e doses de silício.

Resultados semelhantes foram observados na fitomassa seca da folha (Figura 4B), com a lâmina de 100% da ETr sendo superior a de 50% da ETr, com o melhor resultado encontrado na dose estimada de 142 mg dm⁻³ de Si, 3,75g, sendo esse 54% superior às plantas que não receberam adubação silicatada, que foram de 1,74g. A lâmina de 50% da ETr não apresentou efeito significativo para essa variável.

A variável quantidade de água da parte aérea (Figura 5) apresentou efeito polinomial quadrático, sendo que a dose estimada de 107 mg dm⁻³ de Si foi a que melhor se adequou as duas situações hídricas, com um valor de 38,39g para a lâmina de 100% da ETr e 14,43 g para a lâmina de 50% da ETr, com a diferença de 62,4% entre elas. Esse fato está atrelado à maior rigidez estrutural dos tecidos, deixando as folhas mais eretas e aumentando a área fotossintética e, com isso, a absorção de água (GUERREIRO *et al.*, 2011).

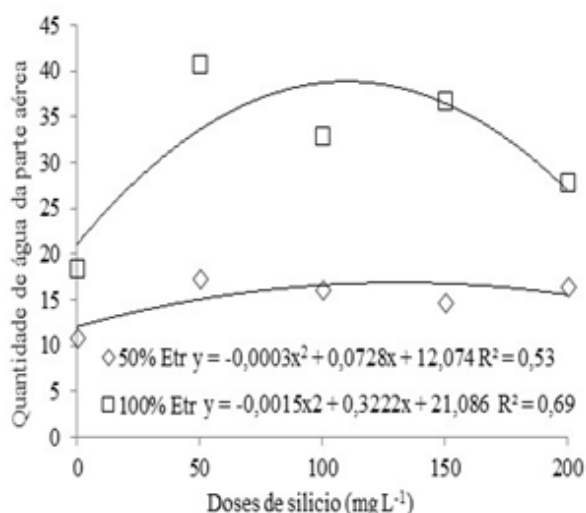


Figura 5. Variáveis morfológicas: quantidade de água da parte aérea em plantas de alface cultivadas sob lâminas de irrigação (50% e 100% da ETr) e doses de silício.

Os ganhos proporcionados pelo silício na fitomassa e na quantidade de água na parte aérea da alface ocasionam a formação de plantas mais atrativas ao mercado consumidor e, dessa forma, agrega valor ao produto. A partir disso, é possível estimar a importância do nutriente nos ganhos de produção, principalmente em áreas com condições hídricas ideais.

CONCLUSÕES

- As aplicações de silício influenciaram na melhoria dos processos fisiológicos das plantas sob estresse hídrico, mostrando influências marcantes na fitomassa fresca e no acúmulo de água na parte aérea na dose estimada de 125 mg L⁻¹.
- A aplicação da dose estimada de 109 mg L⁻¹ de Si apresentou benefícios para as plantas submetidas à lâmina de 100% da ETr nas variáveis morfológicas estudadas.
- A lâmina de irrigação de 100% da ETr proporcionou maior crescimento das plantas de alface em relação as plantas irrigadas com a lâmina de 50% da ETr.

AGRADECIMENTOS

Ao centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, pela disponibilidade da infraestrutura necessária para a realização da pesquisa; ao CNPQ e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, M.; KAMRAN, A.; ASIF, M.; QADEER, U.; AHMED, Z.I.; GOYAL, A. Silicon priming: a potential source to impart abiotic stress tolerance in wheat: a review. **Australian Journal of Crop Science**, v.7, p.484-491, 2013.

ALBUQUERQUE, A.W.; DOS SANTOS, J.M.; DE FARIAS, A.P. Produtividade e qualidade pós-colheita de Helicônia Golden Torch submetida a fontes e doses de silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.173-179, 2014.

BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A.A.; FERNANDES, P.D.; LIMA, G.S.; SÁ, F.V.S.; MELO, A.S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, p.857-865, 2012.

CANTUÁRIO, F.S.; LUZ, J.M.Q.; ALMEIDA, A.M., SALOMÃO, L.C.; PEREIRA, A.I.A.; SCHWERZ T. **Influência de tensões de água no solo e aplicação de silício na altura de plantas de pimentão cultivado em ambiente protegido.** XXV CONIRD – congresso nacional de irrigação e drenagem, UFS - São Cristóvão/SE, 08 a 13 de nov de 2015.

DUARTE, A.L.M. Efeito da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.9, p.1-6, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

FERRAZ, R.L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; MELO, A.S.; MAGALHÃES, I.D.; FERNANDES, P.D.; ROCHA, M.S. Trocas gasosas e eficiência Fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.2, p.735-748, 2014.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

GUERRERO, A.C., DA SILVA BORGES, L., & FERNANDES, D.M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.4, p.591-596, 2011.

HECKMAN. Silicon: a beneficial substance. **Better Crops**, v.97, n.4, p.14-16. 2013.

JESUS, E.G.; FATIMA, R.T.; GUERRERO, A.C.; ARAÚJO, J.L.; BRITO, M.E.B. Growth and gas exchanges of arugula plants under silicon fertilization and water restriction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.2, p.119-124, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A.

Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos. 1997. 319p.

MARQUES, D.J. **Proporções de silicato e carbonato de cálcio no crescimento, nutrição mineral e eficiência do uso da água por plantas de milho sob estresse hídrico.** 184p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MILHOMENS, K.K.B.; NASCIMENTO, I.R.; TAVARES, R.C.; FERREIRA, T.A.; SOUZA, M.E. Avaliação de características agrônômicas de cultivares de alface sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Verde**. v.10, n.1, p.143-148, 2015.

PADILHA, N.S.; DA SILVA, C.J.; PEREIRA, S.; NETO DA SILVA, J.A.; MENANI HEID, D.; BOTTEGA, S.P.; QUINTÃO SCALON, S.P. Crescimento inicial do pinhão-manso submetido a diferentes regimes hídricos em latossolo vermelho distrófico. **Ciência Florestal**, v.26, n.2, p.513-521, 2016.

PARONETTO, D.M. **Efeito do silício e irrigação na produtividade do tomate de mesa no sudeste goiano.** 64p. Dissertação (mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira, Brasília**, DF, v.30, p.187-194, 2012.

SANTOS, M.A.L.; SANTOS, D.P.; MENEZES, S.M.; LIMA, D.F.; VIEIRA, J.P.S. Produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) em função das lâminas de irrigação e tipos de adubos. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.13, n.1, p.33-39, 2015.

SILVA, A.C.; DA SILVA, V.S.G.; MANTOVANELLI, B.C.; SANTOS, G.M. Formação de mudas de alface em diferentes bandejas e substratos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Betim, 15(1), 465-471, 2017.

SILVA, F.G.; DUTRA, W.F.; DUTRA, A.F.;

OLIVEIRA, I.M.; FILGUEIRAS, L.M.B.; MELO, A.S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, p.946-952, 2015.

SOUSA, J.D.; BRITO, F.C.S.; LIMA, D.C.; MEDEIROS, A.P.; PAIVA, A.C.C.; MARACAÇA, P.B. O desenvolvimento da região Nordeste: uma abordagem econômica e ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n.1, p.42 - 48, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal** 5ªed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.; OLIVEIRA, E.P.; CORRÊA, C.C.G.; TORRES, F.E. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.1, p.161-170, 2015.

VIANA, D.M.P. **Efeito do silício e irrigação na produtividade do tomate de mesa no sudeste goiano**. 2015. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.