



## Doses de silício no rendimento produtivo da alface crespa

Sandro Dan Tatagiba<sup>1\*</sup>, Henrique Rigo<sup>1</sup>, Emily Cristina Sarmiento<sup>1</sup>, Bruno José Dani Rinaldi<sup>1</sup>

**RESUMO:** Buscou-se neste trabalho investigar diferentes doses foliares de Si (Silício) no rendimento produtivo da alface. Para esta finalidade, plantas de alface crespa, cultivar “Vanda” foram cultivadas em vasos de 5,0 dm<sup>3</sup> mantidas com o substrato próximo a capacidade de campo e submetidas a diferentes doses de silicato de potássio. Foram avaliadas as seguintes características: matéria fresca da folha, do caule, da raiz e total, a massa de água retida na planta inteira (total), na folha, no caule, além dos teores de pigmentos fotossintéticos: clorofila *a*, *b* e *total*. O experimento foi instalado num delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em cinco níveis de doses do silicato de potássio: 0,0 ml/L (controle), 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 ml/L. Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo uma planta. Os resultados obtidos mostraram que o fornecimento de Si beneficiou o rendimento produtivo da alface, contribuindo para aumentos significativos na matéria fresca total, da folha, caule e raiz, principalmente na dose de 6,0 ml/L de silicato de potássio. O Si promoveu maior retenção de água nos tecidos foliares, levando ao maior rendimento das plantas. Os teores de pigmentos fotossintéticos foliares não foram beneficiados pelo fornecimento das doses de silicato de potássio.

**Palavras-chave:** adubação silicatada, *Lactuca sativa*, produção.

## Doses of silicon without productive performance of curly lettuce

**ABSTRACT:** This work sought to investigate different leaf doses of Si (Silicon) on the productive yield of lettuce. For this purpose, curly lettuce plants, cultivar “Vanda”, were grown in 5 dm<sup>3</sup> pots, kept with the substrate close to field capacity and subjected to different doses of potassium silicate. The following characteristics were evaluated: fresh matter of the leaf, stem, root and total, the mass of water retained in the entire plant (total), in the leaf, in the stem, in addition to the levels of photosynthetic pigments: chlorophyll *a*, *b* and *total*. The experiment was set up in a completely randomized design, with four replications, at five dose levels of potassium silicate: 0.0 ml/L (control), 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 ml/L. Each experimental unit was composed of a plastic pot containing a plant. The results obtained showed that the supply of Si benefited the productive yield of lettuce, contributing to significant increases in total fresh matter, leaf, stem and root, mainly at a dose of 6.0 ml/L of potassium silicate. Si promoted greater water retention in leaf tissues, leading to greater plant yield. The levels of leaf photosynthetic pigments were not benefited by the supply of potassium silicate doses.

**Keywords:** silicate fertilizer, *Lactuca sativa*, production.

## INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertencente à família Asteraceae, é originária da região do Mediterrâneo, sendo cultivada no mundo inteiro para o consumo humano (FAVARATO et al., 2017). Entre as hortaliças é a folhosa mais consumida no Brasil. A produção mundial de alface em 2018 totalizou 27,3 milhões de toneladas, em uma área de 1,27 milhões de hectares (FAO, 2020). Sua importância econômica, alimentar e seu consumo, vêm aumentando devido à mudança no hábito alimentar da população, isso se deve ao fato de ser uma boa fonte de vitaminas e sais minerais (MONTEIRO et al., 2015), sendo rica em fibra, ferro, folato, ácido ascórbico e outros compostos bioativos e pobre em calorias, gordura e sódio (KIM et al., 2016;

VALERIANO et al., 2016), apresentando baixo valor calórico. Segundo dados do IBGE (2017), o número de estabelecimentos que cultivam a alface no Brasil é de 108.603 unidades, produzindo um total de 908.186 toneladas por ano. Desse modo, destaca-se como a hortaliça folhosa de maior importância econômica e social no país, sendo consumida *in natura*, preservando assim suas propriedades nutricionais (FREITAS et al., 2013).

O silício (Si) é um elemento benéfico que tem ganhado destaque em sua utilização como fertilizante para o enfrentamento do estresse abiótico. Entre os benefícios físicos que este elemento tem trazido às plantas, está à resistência ao estresse abiótico relacionado com a criação de uma barreira contra a perda de água, melhorando a

Recebido em 10/06/2024; Aceito para publicação em 03/08/2024

<sup>1</sup> Instituto Federal Catarinense - Campus Videira

\*email: sandrodantatagiba@yahoo.com.br

arquitetura das plantas (KORNDORFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002), em função da deposição do elemento na parede celular de folhas, caule e raízes.

Os benefícios fisiológicos do Si se relacionam com uma maior atividade fotossintética, supressão de pragas, resistência ao ataque de microrganismos fitopatogênicos, indução de reações metabólicas que formam compostos como fitoalexinas e lignina (POZZA et al., 2004). Além disso, potencializa a atividade de enzimas como quintinases, peroxidases e polifenoloxidasas (LIANG; SUN; SI, 2005). Ademais, é um elemento que atua beneficiando a ação de defesa antioxidativa das plantas, em relação ao aumento da temperatura, pois nestas condições as plantas acumulam peróxido de hidrogênio e prolina, e assim o Si atua aumentando a resistência estomática, reduzindo o dano oxidativo em moléculas funcionais (GUNES et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2009;). Também foi confirmada a eficiência do Si na germinação e no aumento do comprimento radicular de plantas (TOBARI; MAJD; ENTESHARI, 2012; RAMÍREZ-OLVERA et al., 2019).

Contudo a aplicação exógena de Si por meio da pulverização foliar nas plantas pode ser uma alternativa viável, proporcionando efeitos benéficos (SOUSA et al., 2010) a estresses abióticos, bióticos e por toxicidade (ZANETTI et al., 2016). Estudos comprovam ainda, a eficiência do Si, como em *Triticum aestivum* L., onde a disponibilidade de Si modificou a eficiência e o conteúdo do uso de nutrientes e aumentou a produtividade (NEU; SCHALLER; GERT DUDEL, 2017). Em melão, a adubação silicatada aumentou o número, peso e massa de frutos (NASCIMENTO et al., 2020).

A alface está entre as hortaliças folhosas que apresentam baixa absorção de Si, chamadas de não acumuladoras ( $< 0,5\%$  de  $\text{SiO}_2$ ), e a aplicação foliar do elemento pode favorecer maior acúmulo nos tecidos (MARSCHNER, 1995), constituindo uma alternativa para auxiliar na redução da perda de água nas folhas, no aumento da capacidade fotossintética, promovendo maior crescimento do vegetal (GALATI et al., 2015). Dessa forma, conhecer os benefícios do Si sobre o crescimento e produção da alface torna-se imprescindível para dar suporte ao agricultor sobre os efeitos da adubação silicatada na qualidade final do vegetal. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi investigar diferentes doses foliares de Si no rendimento produtivo da alface.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal

Catarinense - Campus Videira, localizado na rodovia SC 135, Km 125, bairro Campo Experimental, no município de Videira, estado de Santa Catarina.

O município encontra-se na zona agroecológica do Vale do Rio do Peixe, com clima subtropical, segundo classificação de Koppen, apresentando temperatura moderada, chuva bem distribuída e verão brando. Podem ocorrer geadas, tanto no inverno como no outono. As temperaturas médias são inferiores a  $20^\circ\text{C}$ , exceto no verão. No inverno a média é inferior a  $14^\circ\text{C}$ , com mínimas inferiores a  $8^\circ\text{C}$ .

### Material experimental

Mudas de alface, *Lactuca sativa* L., variedade crespa, cultivar “Vanda” cresceram em vasos plásticos contendo  $5,0 \text{ dm}^3$  de substrato, constituído de uma mistura de terra extraída da camada de 0,40 a 0,80 m de profundidade de um Argissolo Vermelho Distrófico e substrato comercial Tropstrato® (Vida Verde, Mogi Mirim, SP) na proporção 3:1, respectivamente. Foi realizada análise granulométrica do substrato, obtendo-se a classificação textural como muito argiloso.

Amostras do substrato foram analisadas quimicamente, resultando em boa disponibilidade de bases trocáveis ( $\text{SB} = 28,1 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ), de saturação de bases ( $\text{V} = 88,9\%$ ) e de disponibilidade de fósforo ( $94,8 \text{ mg.dm}^{-3}$ ). Antes do plantio não foi necessário realizar a correção da acidez do solo. As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2016). O nitrogênio foi fornecido na forma de uréia, parcelado em três vezes (Três aplicações em cobertura), o fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) aplicado no plantio (Única dose) e o potássio aplicado na forma de cloreto de potássio (Duas aplicações em cobertura).

No plantio foram fornecidos  $1,62 \text{ g/vaso}$  de fosfato. As adubações de cobertura foram realizadas a cada dez dias após o transplante (DAT) das mudas, para os vasos fornecendo-se na primeira adubação  $0,14$  e  $0,12 \text{ g/vaso}$  de uréia e cloreto de potássio, respectivamente, na segunda  $0,24$  e  $0,14 \text{ g/vaso}$  de uréia e cloreto de potássio, respectivamente, e na terceira  $0,31 \text{ g/vaso}$  de uréia.

### Manejo hídrico

Para o estabelecimento de água no substrato, foi utilizado o nível de água, definido a partir da porosidade total do solo, com valor acima de 80% do volume total de poros ocupados por água (Capacidade de Campo), sendo o controle da irrigação realizado pelo método gravimétrico (Pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até

que a massa do vaso atingisse o valor prévio

água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980).

#### *Doses de silicato de potássio*

A aplicação das doses de Si sobre as folhas foram realizadas através de um pulverizador manual com capacidade de 500 mL e um bico tipo leque para aplicação. Plantas controles onde não foram aplicadas o Si, foram pulverizadas com água destilada. Utilizou-se o silicato de potássio, Flex Silício®, nas doses: 0,0 ml/L (Controle), 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 ml/L em três aplicações realizadas a cada dez DAT das mudas para os vasos (10, 20 e 30 DAT). O produto utilizado apresenta formulação do tipo EC (Concentrado emulsionável), sendo recomendado para a cultura da alface, apresentando os seguintes nutrientes solúveis em água na escala peso/volume: 165,6 g/L de K<sub>2</sub>O (Potássio) e de Si (Silício).

#### *Determinação do rendimento produtivo*

As coletas para avaliação do rendimento produtivo foram realizadas aos 45 DAT, no final do período experimental. Em cada coleta foram avaliados por planta as seguintes variáveis: a matéria fresca da folha, do caule, da raiz e total (folha, caule e raiz).

A matéria fresca das plantas foi obtida através da pesagem da massa fresca das plantas no momento da colheita utilizando uma balança eletrônica semi analítica (Modelo AD 500S, Marte®).

#### *Determinação da massa de água*

A massa de água foi determinada através da diferença da massa fresca da planta obtido no momento da colheita e a massa seca obtida através da secagem das plantas em estufa de ventilação forçada a 65 °C ± 0,5, até o material vegetal atingir peso constante. As pesagens da massa fresca e seca foram realizadas em balança eletrônica semi analítica (Modelo AD 500S, Marte®).

#### *Determinação do índice de clorofila*

O teor de clorofilas *a*, *b* e *total* foi determinado através de equipamento portátil (ClorofiLOG - Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila, modelo CFL1030, Falker®). A avaliação foi realizada de forma ótica, mantendo a câmara do equipamento fechada sobre a folha por 2 segundos, até a emissão de dois alertas sonoros de curta duração, indicando que a avaliação tinha sido realizada. A escala de medida é dada pelo Índice de Clorofila (ICF) que pode variar de 0 a 100.

Os teores de clorofila foram determinados na segunda folha, no sentido de fora para dentro da roseta da planta.

determinado, considerando-se a massa do solo e de

#### *Delineamento experimental*

O experimento foi instalado num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, em cinco níveis de doses do silicato de potássio (0, 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 ml/L). Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo uma planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Figura 01 apresenta os valores médios da matéria fresca da folha, caule, raiz e total da alface aos 45 DAT, no momento da colheita, para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota-se que a matéria fresca da folha apresentou incrementos significativos na média à medida que houve aumento das doses de silicato de potássio. As doses de 4,5 e 6,0 ml/L de silicato de potássio apresentaram valores significativamente superiores para a matéria fresca da folha em relação ao tratamento controle (0,0 ml/L) de 27,3 e 17,5%, respectivamente, evidenciando que a adubação silicatada contribuiu para o ganho de massa foliar (Figura 01A) Estes resultados estão de acordo com os apresentados por Neves et al., (2020), que estudando o efeito da adubação silicatada em alface cresspa, verificaram aumento linear na matéria fresca da folha nas doses aplicadas. Resende et al. (2003), também observaram em alface americana, que a aplicação de doses de Si (0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 kg/ha) via foliar, contribuíram para aumentos na matéria fresca das folhas.

O aumento na matéria fresca da folha encontrado nas plantas à medida que aumentou as doses de silicato de potássio pode estar relacionado com a função do Si na redução do acamamento das plantas, auxiliando as folhas ficarem mais eretas, melhorando a arquitetura foliar e a interceptação da radiação luminosa, evitando assim, o auto sombreamento e potencializando a fotossíntese, por meio da rigidez estrutural provocado nos tecidos foliares pela deposição de celulose e hemicelulose (MARSCHNER, 1995; FERREIRA et al., 2010; VIDAL; PRADO, 2011), levando ao maior rendimento produtivo do órgão da planta comercializado e comestível, *in natura*, as folhas.

Além disso, o Si ainda pode promover aumento da tolerância das plantas a estresses ambientais, desbalanço nutricional e aumento da resistência a patógenos e insetos (KORNDÖRFER, DATNOFF,

1995; BRAGA et al., 2009). De acordo com MA e com o N e P, aumentando o aproveitamento desses nutrientes pelas plantas.

TAKAHASHI (1990), o Si também pode interagir

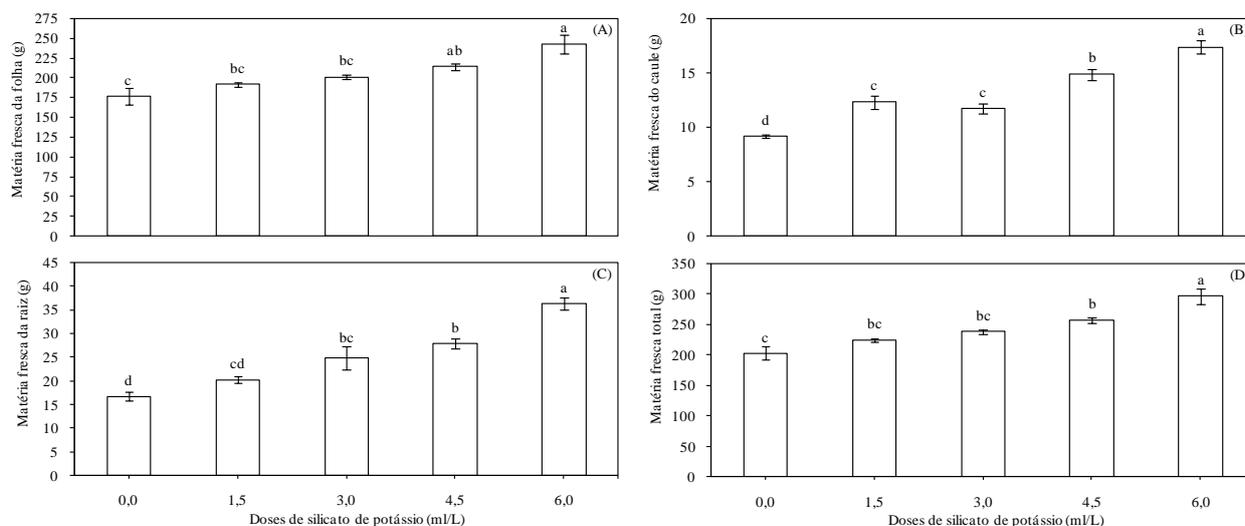


Figura 01 - Matéria fresca das folhas (A), do caule (B), da raiz (C) e total (D) da alface.

Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Os resultados da matéria fresca do caule apresentaram tendência similar aos encontrados para as médias da matéria fresca da folha, com incrementos significativos à medida que se aumentou as doses de silicato de potássio (Figura 01B). Aumento significativo de 47,1% foi encontrado na média da dose de 6,0 ml/L em relação ao tratamento controle (0,0 ml/L), evidenciando que o Si promoveu incremento dessa variável, embora grande parte da deposição do elemento após ser absorvido seja na folha. A avaliação da matéria fresca do caule é uma característica importante no estudo do rendimento produtivo em alface, uma vez que irá refletir na capacidade que as plantas terão em sustentar o peso das folhas (YOSHIDA, 1975).

Embora a aplicação de Si tenha sido via foliar e sua concentração seja nos tecidos de suporte e sustentação do caule, nas folhas e, em menores concentrações, nas raízes (ELAWAD; GREEN JUNIOR, 1979), verificou-se no presente estudo, incrementos significativos na média da matéria fresca das raízes à medida que aumentou as doses de silicato de potássio (Figura 01C). Aumento significativo de 53,8% na média da matéria fresca da raiz foi encontrado na dose de 6 ml/L em comparação ao tratamento controle (0 ml/L). Este fato confirma que o Si contribuiu para o ganho na massa radicular, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular. Esses resultados estão de acordo com Gonzaga et al. (2020) onde verificaram aumentos significativos na matéria fresca das raízes em mudas de alface da cultivar Mônica SF31 (Crespa) e Rafaela (Americana).

Assim, como aconteceu para a matéria fresca da folha, caule e raiz, a média da matéria fresca total, apresentou incrementos significativos à medida que aumentou as doses de silicato de potássio, evidenciando que o Si beneficiou o crescimento e o rendimento produtivo em plantas de alface (Figura 01D). Verifica-se que a média da matéria fresca total foi significativamente superior na dose de 6 ml/L de silicato de potássio em relação aos demais tratamentos, sendo a dose recomendada para o uso no cultivo da variedade de alface estudada.

Dessa forma, confirma-se que o Si promoveu o incremento das variáveis da matéria fresca em alface, principalmente utilizando a dose de 6,0 ml/L de silicato de potássio. Nesta dose, torna-se importante enfatizar, que a média da matéria fresca da folha correspondeu a 81,9% do total da planta, enquanto a média da matéria fresca do caule e da raiz correspondeu a 5,9% e 12,2%, respectivamente.

A Figura 02 apresenta os valores médios da massa de água total (Planta inteira), da folha, do caule e da raiz retida nos tecidos do vegetal. Observa-se para o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade, que houve diferenças significativas das médias nas quatro variáveis de massa de água retida nos tecidos da planta estudados.

A massa de água total (Planta inteira) apresentou incrementos significativos nas médias à medida que aumentou as doses de silicato de potássio (Figura 2A). Este fato evidencia que o Si pode promover maior retenção de água em plantas de alface. De modo geral, independente do tratamento utilizado, observa-se que as folhas foram os órgãos que mais reteram água quando comparado com o caule e a

raiz (Figura 02A). A quantidade de água retida nas folhas representou 87,7% do total da planta na dose de 0,0 ml/L (Controle), 86,2; 85,1; 84,5 e 83,6% nas doses de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 ml/L de silicato de potássio, respectivamente, comprovando ser o órgão vegetal com maior retenção de água em alface.

Observou-se também, que a massa de água da folha (Figura 02B), do caule (Figura 02C) e da raiz (Figura 02D) apresentaram incrementos significativos à medida que aumentou a dose de silicato de potássio para as plantas. De modo geral, as doses mais elevadas de silicato de potássio, 4,5 e 6,0 ml/L, foram as que obtiveram maior retenção de água nos órgãos vegetais das plantas (Figura 02 – B, C e D).

O Si acumulado nas células epidérmicas e nas paredes dos estômatos encontra-se na forma de  $H_4SiO_4$  (ácido monossilícico). Quando a planta

começa a perder água a forma monomérica se transforma em poliméricas, isto é, o Si começa a formar cadeias mais pesadas de ácido polisilícico. O Si ao se polimerizar, diminui a flexibilidade das paredes dos estômatos e a tendência é de permanecerem mais fechados. Com os estômatos mais fechados, a transpiração diminui e também a perda de água (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Assim, o papel do Si sobre as características avaliadas, deve-se ao fato deste elemento participar na estruturação celular das plantas de alface e sua presença na parede celular elevar o conteúdo de hemicelulose e lignina, aumentando a rigidez da célula, regulando a transpiração e fazendo com que a planta perca menos água (BARBOSA FILHO et al., 2001), como foi confirmado pelos resultados encontrados para a massa de água na folha, no caule e na raiz.

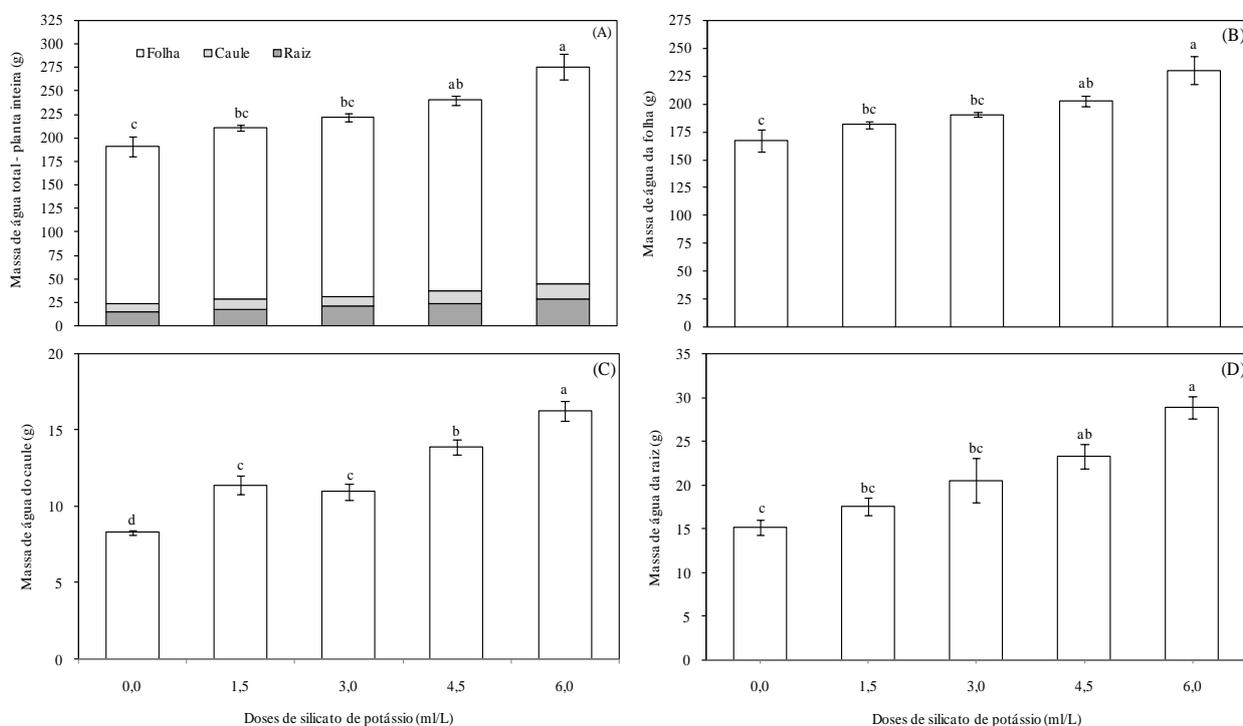


Figura 02 - Massa de água total - planta inteira (A), da folha (B), do caule (C) e da raiz (D) em alface.

Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

A Figura 03 apresenta as médias dos índices de teores de clorofila *a*, *b* e *total* para os tratamentos de doses de silicato de potássio. Observa-se que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para nenhum dos índices dos teores de clorofila estudados (Figura 03 – A, B e C), indicando que o Si não contribuiu para incrementos nos pigmentos fotossintéticos do sistema antena de captação luminosa presente nos cloroplastos das células vegetais. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Galati et al., (2015) que verificaram que a adubação silicatada não favoreceu

o incremento nos teores de clorofila em alface americana ‘Lucy Brown’.

Dessa forma, podemos deduzir que o rendimento produtivo em alface não está ligado ao incremento no aparato fotossintético promovido pelas clorofilas, e sim no benefício que o Si proporciona as folhas ficarem mais eretas, melhorando a arquitetura foliar e a interceptação da radiação luminosa, para potencializar a fotossíntese, por meio da rigidez estrutural provocado nos tecidos foliares (FERREIRA et al., 2010).

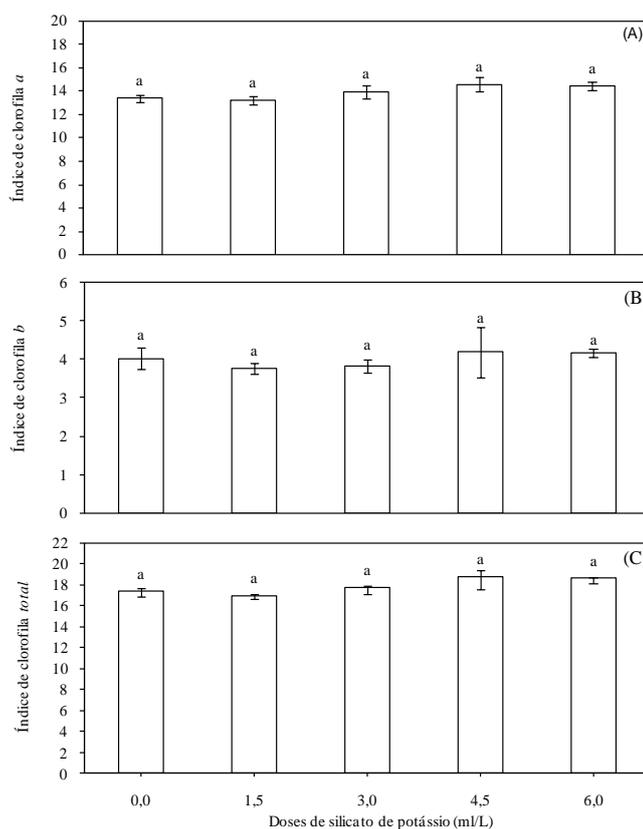


Figura 03 - Índice de clorofila a (A), Índice de clorofila b (B) e Índice de clorofila total (C) em folhas de alface.

Médias dos tratamentos seguidas de mesma letra na coluna representam que não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

## CONCLUSÃO

O fornecimento de Si via foliar beneficiou o rendimento produtivo da alface, contribuindo para aumentos significativos na matéria fresca total, da folha, caule e raiz, principalmente na dose de 6,0 ml/L de silicato de potássio.

O Si promoveu incremento significativo na matéria fresca da folha (Órgão comercializado e comestível, *in natura*), principalmente devido à maior retenção de água nos tecidos.

O Si não contribuiu para o incremento nos teores de pigmentos fotossintéticos do sistema antena de captação luminosa presente nos cloroplastos das folhas de alface.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal Catarinense - Campus Videira, concedendo bolsas de iniciação científica, através do Edital nº 8/ 2023 - Gabinete/Videira, aos alunos Emily Cristina Sarmiento e Henrique Rigo.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M. P., SNYNDER, G. H., FAGERIA, N. K., DATNOFF, L. E. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, p. 325-330, jun. 2001.

BRAGA, F. T., NUNES, C. F., FAVERO, A. C., PASQUAL, M., CARVALHO, J. G. de, CASTRO, E. M. de. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.128-132, fev. 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

CRUSCIOL, C. A. C., PULZ, A. L., LEMOS, L. B., SORATTO, R. P., LIMA, G. P. P. Effects of Silicon and Drought Stress on Tuber Yield and Leaf Biochemical Characteristics in Potato. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 949-954, 2009.

ELAWAD, S. H., GREEN JUNIOR, V. E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **II Riso**, v.28, p.235-253, 1979.

FAO - Food and Agricultural Organization - Statistical Yearbook. New York, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 25 set. 2023.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Científica Intellecto**, v. 2, p. 16-28. 2017.

- FERREIRA, R. L. F., SOUZA, R. J., CARVALHO, J. G., ARAÚJO NETO, S. E., MENDONÇA, V., WADT, P. G. S. Avaliação de cultivares de alface adubadas com silicato de cálcio em casa de vegetação. **Ciência e agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1093-1101, 2010.
- FREIRE, J. C., RIBEIRO, M. V. A., BAHIA, V. G., LOPES, A. S., AQUINO, L. H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1980.
- FREITAS, G. A., SILVA, R. R. S., BARROS, H. B., VAZ-DE-MELO, A., ABRAHÃO, A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 159-166, 2013.
- GALATI, V. C., GUMARÃES, J. E. R., MARQUES, K. M., FERNANDES, J. D. R., FILHO, A. B. C., MATTIUZ, B. H. Aplicação de silício, em hidroponia, na conservação pós-colheita de alface americana “Lucy Brown” minimamente processada. **Ciência Rural**, v. 45, n. 11, p. 1932-1938, 2015.
- GONZAGA, T. O. D., ARAÚJO, C., ANDRADE, A. L., RIBEIRO-SANTOS, J. M., SILVA, G. B., SILVA, V. L. Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*) submetidas a diferentes doses de silício. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 01, p. 1-7, 2020.
- GUNES, A., INAL, A., BAGCI, E. G., COBAN, S. Influence of silicon on antioxidant mechanisms and lipid peroxidation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 2, p. 105-113, 2007.
- IBGE, SENSO AGROPECUÁRIO 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-agropecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=resultados/Acesso em:03/10/2023>.
- KIM, M. J., MONN, Y., TOU, J. C., MOU, B., NICOLE L. Nutritional value bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Composition na Analysis**, v. 49, p. 19-34, 2016.
- KORNDORFER G. H., PEREIRA H. S., CAMARGO M. S. Silicato de cálcio e magnésio na agricultura. Uberlândia: UFU/ICIAAG, 3p (GPSi-ICIG-UFU). **Boletim Técnico**, nº 01, 2002.
- KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, v. 70, p. 1-3, 1995.
- LIANG, Y. C., SUN, W. C., SI, J. Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, v. 54, p. 678-685, 2005.
- MA, J. F., TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. **Pant Soil, The Hague**, v.126, p.115-119, 1990.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MONTEIRO, A. V. V. M., VEGRO, C. L. R., FERREIRA, C. R. R. P. T., BARBOSA, M. Z., NACHILUK, K., RAMOS, R. C., MIURA, M., FAGUNDES, P. R. S., SILVA, R. O. P. e. de.; FILHO, W. P. C. de., CARVALHO, Y. M. C. de. A Produção da Agropecuária Paulista: considerações frente à anomalia climática. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 10, n. 4, p. 1-16, 2015.
- NASCIMENTO, C.W. A, do. et al. Influência da adubação com silício na acumulação de nutrientes, produção e qualidade de frutos do melão cultivado no Nordeste do Brasil. **Silicon**, n.12, p.937-943, 2020.
- NEVES, M. G., PINHEIRO, S. M. G., CARDOSO, F. L., MACHADO, R. dos S., MAMBRI, A. P. de S., ANDRIOLO, J. L. Silicon on growth and development of lettuce plants. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 2330-2337, 2020.
- NEU, S., SCHALLER, J., GERT DUDEL, E. Silicon availability modifies nutrient use efficiency and content, C:N:P stoichiometry, and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **A Nature Research Journal**, v.7, n. 40829, 2017.
- POZZA, A. A. A., ALVES, E., POZZA, E. A., CARVALHO, J. G., MONTANARI, M., GUIMARÃES, P. T. G., SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de caféiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 185-188, 2004
- RAMÍREZ-OLVERA, S. M., TREJO-TÉLLEZ, L. I., PÉREZ-SATO, J. A., GÓMEZ-MERINO, F. C. Silicon stimulates initial growth and chlorophyll *a/b* ratio in rice seedlings, and alters the concentrations of Ca, B, and Zn in plant tissues. **Journal of Plant Nutrition**, v.42, p.1928-1940, 2019.
- RESENDE, M. G. de, YURI, J. E., MOTA, J. H., FREITAS, S. A. C. de, RODRIGUES JÚNIOR, J. C., SOUZA, R. J. de, CARVALHO, J. G. de. Adubação foliar com silício em alface americana (*Lactuca sativa* L.) em cultivo de verão. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, p.374, 2003.
- SOUZA, J. V., RODRIGUES, C. R., LUZ, J. M. Q., PAULO CÉSAR DE CARVALHO, P. C. C., RODRIGUES, T. M., BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.
- TOBARI, F., MAJD, A., ENTESHARI, S. Effect of exogenous silicon on germination and seedling

---

establishment in *Borago officinalis* L. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, p.1896–901, 2012.

VALERIANO, T. T. B., SANTANA, M. J., MACGADO, L. J. M., OLIVEIRA, A. F. Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 620-630, 2016.

VIDAL, A. A., PRADO, R. M. Aplicação de escória siderúrgica, calcário e ureia em latossolo cultivado com arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 264-272, 2011.

YOSHIDA, S. **The physiology of silicon in rice**. Taipei: Food and Fertilization Technology Center, (FFTC. Technical Bulletin, 25), 1975.

ZANETTI, L. V., MILANEZ, C. R. D., GAMA, V. N., AGUILAR, M. A. G., SOUZA, C. A. S. CAMPOSTRINI, E., FERRAZ, T. M., FIGUEIREDO, F. A. M. Leaf application of silicon in young cacao plants subjected to water deficit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 03, p. 215-223, 2016.