

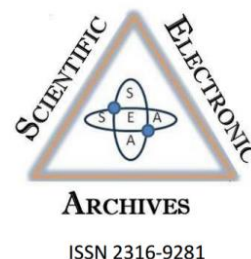
Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 17 (5)

Sept/Oct 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/17520241976>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1976>



Aspectos físico-químicos da adubação silicatada foliar em alface

Physicochemical aspects of foliar silicate fertilization on lettuce

Corresponding author

Sandro Dan Tatagiba

Instituto Federal Catarinense

sandrodantatagiba@yahoo.com.br

Henrique Rigo

Instituto Federal Catarinense

Emily Cristina Sarmiento

Instituto Federal Catarinense

Bruno José Dani Rinaldi

Instituto Federal Catarinense

Anderson Correa Gonçalves

Instituto Federal Catarinense

Resumo. O objetivo deste trabalho foi investigar o uso de diferentes doses de silicato de potássio sobre os aspectos físico-químicos e da qualidade da alface, crescendo em ambiente protegido. Para isso, mudas de alface, *Lactuca sativa* L., variedade crespa, cultivar “Vanda”, cresceram em vasos plásticos contendo 5 dm³ de substrato no interior da casa de vegetação do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. As plantas cresceram com o substrato mantido próxima a capacidade de campo até o final do experimento, com duração de 45 dias após o transplante (DAT) das mudas para os vasos. O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água. A aplicação das doses de Si foi realizada 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 fertilizante foliar mineral simples silicato de potássio (Flex Silício[®]) nas doses: 0 ml/L (Controle), 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 ml/L de silicato de potássio, aplicados a cada 10 DAT das mudas para os vasos. O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado, 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 (5% de probabilidade), utilizando o programa o software R[®], versão 4.3.2. As avaliações foram realizadas no final do período experimental, aos 45 DAT das mudas para os vasos. Durante a coleta foi analisado em cada tratamento as seguintes variáveis: as concentrações de clorofila a, b, total e carotenóides; a massa de água retida na planta, a acidez titulável (% de ácido cítrico) e o pH. De acordo com os resultados obtidos foi observado que o fornecimento de Si via foliar não afetou significativamente a concentração das clorofilas a, b, total e de carotenóides, assim como, os valores de pH nos tecidos foliares de alface. Entretanto, favoreceu a maior retenção de água na planta, verificado pelo incremento significativo na massa de água à medida que aumentou as doses de silicato de potássio. A aplicação de silicato de potássio também reduziu significativamente a acidez titulável, diminuindo o teor de ácidos orgânicos nos tecidos foliares.

Palavras-chaves: elemento benéfico, *Lactuca sativa*, silício.

Abstract. The objective of this work was to investigate the use of different doses of potassium silicate on the physicochemical aspects and quality of lettuce, growing in a protected environment. For this, lettuce seedlings, *Lactuca sativa* L.,

curly variety, cultivar “Vanda”, grew in plastic pots containing 5 dm³ of substrate inside the greenhouse of the Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. The plants grew with the substrate kept close to field capacity until the end of the experiment, lasting 45 days after transplantation (DAT) of the seedlings into the pots. Irrigation control was carried out using the gravimetric method (daily weighing of the pots), adding water until the mass of the pot reached the previously determined value, considering the mass of soil and water. The application of Si doses was carried out using a manual sprayer with a capacity of 500 mL and a fan-type nozzle for application. Control plants where Si was not applied were sprayed with distilled water. The simple mineral foliar fertilizer potassium silicate (Flex Silício®) was used in doses: 0 ml/L (Control), 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 ml/L of potassium silicate, applied every 10 DAT of the seedlings to the pots. The experiment was set up in a completely randomized design, with four replications, at five dose levels of potassium silicate (0, 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 ml/L). Each experimental unit was composed of a plastic pot containing a plant. The data were subjected to analysis of variance, and the treatments were compared using the Tukey test (5% probability), using the R® software program, version 4.3.2. The evaluations were carried out at the end of the experimental period, at 45 DAT of the seedlings into the pots. During collection, the following variables were analyzed in each treatment: concentrations of chlorophyll a, b, total and carotenoids; the mass of water retained in the plant, the titratable acidity (% citric acid) and the pH. According to the results obtained, it was observed that the supply of Si via leaves did not significantly affect the concentration of chlorophylls a, b, total and carotenoids, as well as the pH values in lettuce leaf tissues. However, it favored greater water retention in the plant, verified by the significant increase in water mass as the doses of potassium silicate increased. The application of potassium silicate also significantly reduced titratable acidity, reducing the content of organic acids in leaf tissues.

Keywords: beneficial element, *Lactuca sativa*, silicon.

Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) está entre as hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil e no mundo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Sua importância econômica, alimentar e de 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 (VALERIANO et al., 2016; KIM et al., 2016), apresentando baixo valor calórico. Ainda que tenha importância comercial e de consumo, a alface é um produto altamente perecível durante a vida pós-colheita, havendo perda na qualidade, verificada pela aparência, qualidade sensorial, valor nutricional e microbiológico (GALATI et al., 2015; REIS et al., 2014).

Dentre as alternativas testadas para minimizar a perda de biomassa e água nas hortaliças folhosas, está a adubação silicatada. O silício (Si) é considerado o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, atrás apenas do oxigênio, com seu teor médio no solo variando entre 25% a 35% (EPSTEIN, 1999). Embora haja abundância na crosta terrestre, sua disponibilidade no solo é muito baixa. Em solos tropicais e subtropicais, por exemplo, os teores desse elemento disponíveis são considerados baixos devido ao processo de lixiviação, intemperismo e ao cultivo intensivo, que extraem o elemento do solo, totalizando uma perda anual no mundo de 210 a 224 milhões de toneladas do Si (MEENA et al., 2014).

Diversas formulações de adubação silicatada vêm sendo estudadas na produção vegetal, demonstrando benefícios que o Si tem trazido às plantas, como na redução de doenças e anomalias fisiológicas, utilizado com o objetivo de aumentar a produção (GALATI et al., 2015). Estudos indicam que em hortaliças folhosas, como a alface, o Si pode atuar no mecanismo da

transpiração vegetal, acumulando-se nos órgãos graças à camada dupla de sílica cuticular depositada, minimizando a perda de água durante o período pós-colheita (FARIA, 2000). O Si também pode atuar na parte estrutural, como na síntese de hemicelulose e lignina presentes nas paredes celulares, deixando as células mais rígidas e, conseqüentemente, aumentar a firmeza das folhas (KORNDÖRFER; PEREIRA; NOLLA 2004; BARBOSA FILHO et al., 2001). Ainda na fisiologia da planta tem se observado que o Si possui relação direta com o aumento da fotossíntese líquida e proteção contra oxidação da clorofila, principalmente em condições de altas temperaturas e baixa umidade, aumentando assim, a área foliar, a exposição à luz solar, na modulação da taxa de transpiração, no balanço da absorção mineral e na regulação da absorção de água pela raiz (EPSTEIN, 1999; BARBOSA FILHO et al., 2001). Na bioquímica e biologia molecular o Si atua desencadeando a transcrição de genes relacionados à defesa antioxidante, ao ajustamento osmótico, à lignificação e ao metabolismo de suberina (CRUSCIOL et al., 2009; SAHEBI et al., 2015; ZHU; GONG, 2014). O fornecimento de Si pode também contribuir para a melhoria do funcionamento do metabolismo do nitrogênio através do aumento da atividade das enzimas: redutase do nitrato; glutamina sintetase; glutamato sintetase; e glutamato desidrogenase (VATEHOVÁ et al., 2012; BYBORDI, 2012; FENG et al., 2010).

Para atender às necessidades de Si pelas plantas, existem várias fontes do elemento, como o silicato de potássio, silicato de sódio, ácido monossilícico, silicato de cálcio, silicato de magnésio e o metassilicato de sódio (CURRIE; PERRY, 2007). A importância da adubação silicatada vem sendo confirmada em alguns trabalhos com hortaliças, tais como rabanete, rúcula, tomate, porém, ainda há carência de maiores informações sobre o efeito desse elemento e a dosagem ideal capaz de aumentar a produtividade e conservação pós-colheita em alface.

A adubação foliar com silicato de potássio poderia, portanto, ser uma alternativa para contornar a deficiência de absorção de Si em alface, uma vez, que as hortaliças folhosas apresentam baixa absorção de Si, chamadas de não acumuladoras (<0,5% de SiO₂), e assim, favorecer maior acúmulo do elemento nos tecidos (MARSCHNER, 1995). Pesquisas têm demonstrado que o fornecimento de Si via foliar, com o uso de pequenas quantidades do elemento, pode ser alternativa viável para seu fornecimento às plantas, suprimindo a necessidade e estimulando a absorção de Si e outros nutrientes, culminando em efeitos benéficos em processos fisiológicos e bioquímicos desejáveis (KORDORFER; DATNOFF, 1995). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi investigar o uso de diferentes doses de silicato de potássio sobre os aspectos físico-químicos e da qualidade da alface, crescendo em ambiente protegido.

Material 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°C, exceto no verão. No inverno a média é inferior a 14°C, com mínimas inferiores a 8°C.

Material experimental

Mudas de alface, *Lactuca sativa* L., variedade crespa, cultivar "Vanda", cresceram em vasos plásticos contendo 5 dm³ 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 (SB = 28,1 cmolc.dm⁻³), de saturação de bases (V = 88,9%) e de disponibilidade de fósforo (94,8 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 (P₂O₅) foi 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 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 de cobertura 0,14, e 0,12 g de uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Na segunda adubação de cobertura foi fornecido 0,24 e 0,14 g de uréia e cloreto de potássio, respectivamente, e na terceira 0,31 g de uréia.

As análises físico-químicas foram realizadas no final do experimento, aos 45 DAT, sendo as amostras coletadas na segunda folha, no sentido de fora para dentro da roseta da planta.

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 determinado, considerando-se a massa do solo e de 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 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 K₂O (Potássio) e de Si (Silício).

Determinação da concentração de clorofila e carotenóide

A concentração de clorofila *a*, *b*, totais e carotenóides foi extraída em acetona a 80% e suas concentrações estimadas conforme Lichtenthaler (1983). As concentrações de pigmentos fotossintéticos foram obtidas utilizando um espectrofotômetro digital (Coleman® - 35/D) nas absorvâncias 470 (A470), 647 (A647) e 663 (A663), e os resultados expressos em g Kg MF (Matéria fresca) (Equações 1, 2, 3 e 4). Todo o procedimento foi realizado em ambiente fechado, evitando-se a luz direta.

$$(1) \text{ Clorofila } a = Ca = 12,25 A663 - 2,79 A647$$

$$(2) \text{ Clorofila } b = Cb = 21,50 A647 - 5,10 A663$$

- (3) Clorofilas totais = $C(a+b) = 7,15 A663 + 18,71 A647$
- (4) Carotenóides (xantofilas + carotenos) = $(1000 A470 - 1,82 Ca - 85,02 Cb) / 198$

Determinação da massa de água da planta

A massa de água da planta inteira 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 55 °C, 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 da acidez titulável

A acidez titulável foi determinada em duplicata utilizando-se a amostra das folhas de alface trituradas com água destilada em liquidificador doméstico na proporção de 1:2 (30g da amostra e 60mL de água destilada). No erlenmeyer, adicionou-se 50 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína alcoólica a 1,0% a 10mL da amostra triturada de alface. Em seguida procedeu-se a titulação com solução de NaOH a 0,1 N, previamente padronizada (FREIRE et al., 2009). Os resultados foram expressos em percentagem (%) de ácido cítrico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado através de amostras das folhas de alface trituradas com água destilada em liquidificador doméstico na proporção de 1:2 (30g da amostra e 60mL de água destilada) (FREIRE et al., 2009). Em um becker de 100mL adicionou-se material homogeneizado e realizou-se a leitura em um potenciômetro digital modelo (HI 9321 da Hanna Instruments®) calibrado com soluções tampão de pH 4, 0 e 7,0.

Delineamento experimental

O experimento foi montado 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 (5% de probabilidade) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2.

Resultados e Discussão

A Figura 01 apresenta as médias da concentração das clorofilas *a*, *b*, total e carotenóides presentes nas folhas de alface para cada dose de silicato de potássio aplicado via foliar. Observa-se que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para nenhum dos pigmentos fotossintéticos estudados (Figura 01 - A, B, C e D), indicando que o Si não contribuiu para incrementos

na concentração de clorofilas e carotenóides do sistema antena de captação luminosa presente nos cloroplastos das células de alface. Resultados semelhantes foram encontrados por Galati et al., (2015), que verificaram que a adubação silicatada não favoreceu o incremento nos teores de clorofila em alface americana 'Lucy Brown'.

As mudanças de pigmentação são muito importantes para a qualidade da alface. As perdas da clorofila em folhosa constituem um fator de grande importância na qualidade dos produtos minimamente processados durante o período em que estão expostos na prateleira (SILVA et al., 2007). As clorofilas são estruturas hidrofóbicas, e sua principal função é converter a energia luminosa em energia química, processo que ocorre nos cloroplastos (ESKIN, 1990; STREIT et al., 2005). Mao et al. (2007) afirmaram a quantificação da clorofila reflete na taxa fotossintética. Bacha et al. (2017) propuseram ainda, que a variação no teor de pigmento pode fornecer informações sobre o desempenho fisiológico e capacidade fotossintética das folhas, bem como a presença de estresse ou doenças.

O teor de clorofila tem sido utilizado como indicativo da vida de prateleira de hortaliças verdes, bem como do grau de frescor do produto. Em espinafre, por exemplo, a degradação da clorofila é regulada pela ação da peroxidase (H_2O_2), que promove a abertura do anel porfirínico da molécula, produzindo um composto incolor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Portanto, podemos deduzir que a adubação silicatada em alface não contribuiu para o incremento significativo na concentração de pigmentos fotossintéticos promovido pelas clorofilas e carotenóides, a fim de potencializar a eficiência fotossintética nos tecidos foliares em alface.

A Figura 02 apresenta os valores médios da massa de água retida nos tecidos dos órgãos vegetais na planta inteira de alface, ou seja, na folha, no caule e na raiz. Observa-se para o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade, que houve diferença significativa das médias entre as doses de silicato de potássio aplicadas.

Observa-se que houve incremento significativo na massa de água retida na planta inteira à medida que aumentou as doses de silicato de potássio (Figura 02), evidenciando que o Si promoveu maior retenção de água nos tecidos, principalmente nas doses de 4,5 e 6,0 ml/l de silicato de potássio. Estes resultados estão de acordo com os verificados por Galati et al. (2015), onde as alfaves tratadas com Si apresentaram maior quantidade de água em suas células, quando comparado aos outros tratamentos.

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). Além disso, o Si participa da estruturação celular das plantas e sua presença na parede celular eleva o conteúdo de hemicelulose e lignina, aumentando à rigidez da célula, ajudando a regular a transpiração (KIM et al., 2016), fazendo com que a

planta perca menos água, como foi confirmado pelos resultados encontrados para a massa de água retida na planta. Verifica-se, de maneira geral, independente do tratamento utilizado, que as folhas foram os órgãos que mais reteram água quando comparado com o caule e a raiz (Figura 02), confirmando ser o órgão vegetal com maior retenção de água em alface.

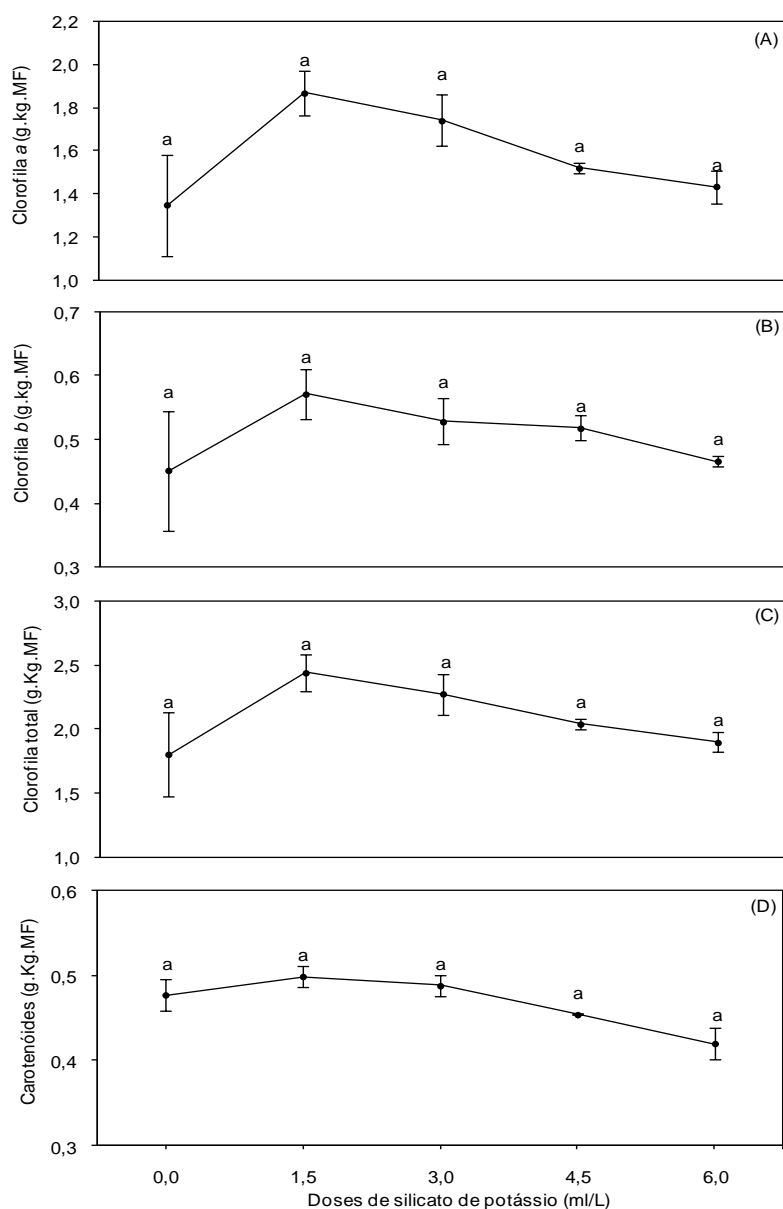


Figura 01. Clorofila a (A), b (B), total (C) e carotenóides (D) em folhas de plantas de alface no final do experimento. *Médias dos tratamentos seguidas letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

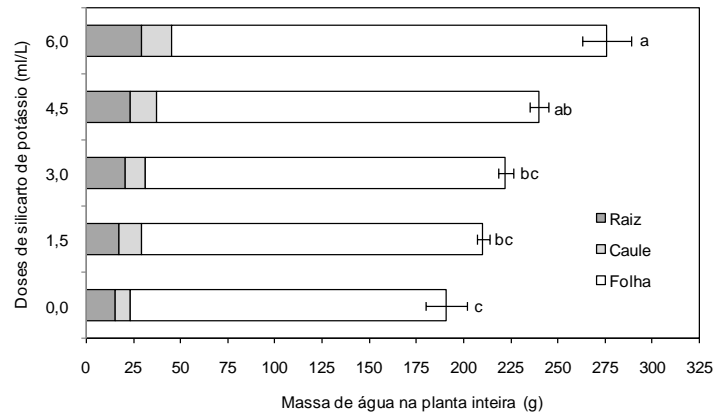


Figura 02. Massa de água retida em plantas de alface no final do experimento.

*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.

Procurando verificar a qualidade da alface oriunda das aplicações de silicato de potássio, foi analisada a acidez titulável (% de ácido cítrico) nas folhas das plantas de alface (Figura 03). Verifica-se que a adubação silicatada afetou significativamente os valores da acidez titulável. À medida que se aumentou as doses de silicato de potássio houve redução significativa no teor de ácidos orgânicos (Figura 03). Este fato pode ter ocorrido em consequência do metabolismo do CO_2 , sendo uma resposta do tecido foliar, na tentativa de neutralizar a acidez gerada pelo CO_2 durante o processo respiratório da planta (KADER, 1986). Assim, pode-se deduzir que as plantas no tratamento controle, (0,0 ml/L de silicato de potássio) mantinham seu metabolismo respiratório mais intenso em comparação as plantas onde foi aplicada a adubação silicatada. Ainda de acordo com Senter et al. (1991), o aumento na acidez das folhas no tratamento controle, pode ser explicado pela geração de radicais (ácidos galacturônicos) a partir da hidrólise de constituintes da parede celular, em especial, as pectinas. A acidez em produtos hortícolas é atribuída principalmente aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvida nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como

combinada com sais, ésteres, glicosídeos, etc (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dessa forma, a variação na acidez titulável encontrada no presente trabalho, evidencia que as doses de silicato de potássio aplicado, contribuíram para uma menor acidez no tecido foliar das plantas, beneficiando a integridade da parede celular (TESTER; DAVENPORT, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2017), principalmente na dose de 6,0 ml/L de silicato de potássio.

Figueiredo et al. (2010), estudando aplicações foliares de Si em morangueiro, também observaram alterações nos valores da acidez titulável. Em estudo conduzido por Wang e Galletta (1998) foi observado que, com o aumento das doses de Si fornecidas através da adubação, às plantas de morangueiro apresentaram aumento no teor de ácido cítrico e málico. Entretanto o autor concluiu que a adubação com Si favoreceu o metabolismo da planta, devido aos seus efeitos benéficos na fisiologia da cultura.

A acidez titulável e o pH são fatores de extrema importância quando se analisa o nível de aceitação de um produto pelo consumidor, pois o produto excessivamente ácido pode vir a ser rejeitado (BORGUINI, 2002).

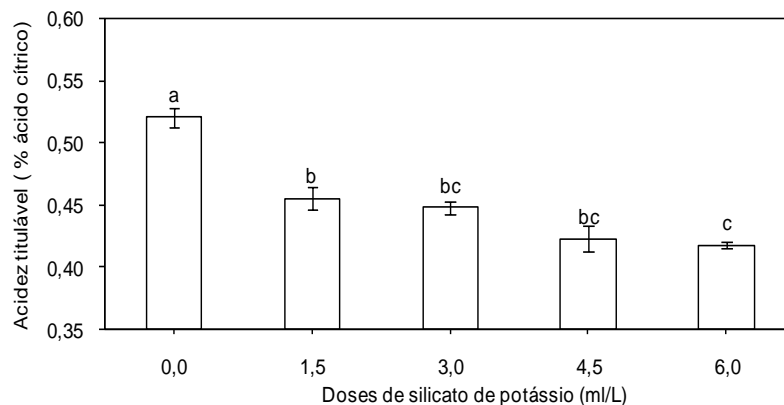


Figura 03. Acidez titulável (% de ácido cítrico) em folhas de plantas de alface no final do experimento.

*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.

Em relação ao pH foi observado que não houve diferenças significativas entre médias nas doses de silicato de potássio aplicadas, evidenciando que o Si não afetou o pH nos tecidos foliares em alface (Figura 04). Segundo a classificação de Chitarra e Chitarra (1990), este produto é considerado não ácido.

Bezerra Neto et al. (2006) trabalhando com plantas de alface da cultivar 'Tainá' em consórcio com cenoura nas condições de Mossoró, RN, encontrou uma variação no pH de 6,17 a 6,27. Freire Júnior (2000) trabalhando com

armazenamento com alface hidropônica 'Regina' minimamente processada, obteve valores de pH variando de 5,8 a 6,3. Para cultivar 'Iceberg', Bolin e Huxsoll (1991) encontraram valores médios de pH 6,0.

Fica evidente que o pH da alface é influenciado pelas condições ambientais e varia de cultivar pra cultivar. No presente estudo, o pH, de forma geral, variou muito pouco, apresentando os valores mínimo e máximo de 6,7 a 7,3; encontrados na dose de 3,0 e de 0,0 ml/L de silicato de potássio, respectivamente.

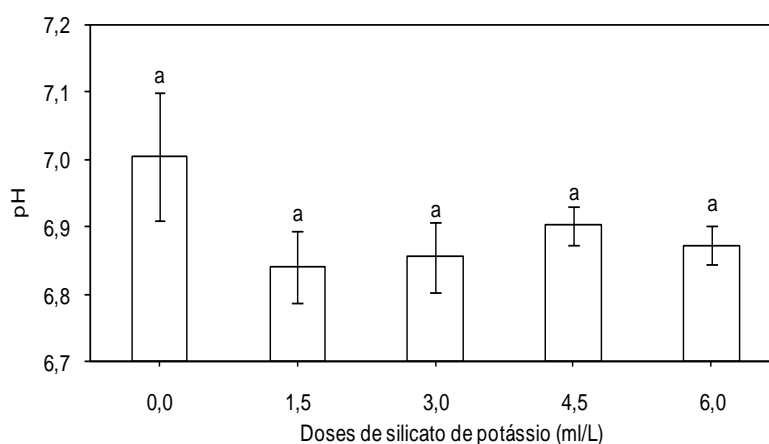


Figura 04. Potencial hidrogeniônico (pH) em folhas de plantas de alface no final do experimento.

*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.

Conclusões

O fornecimento de Si via foliar favoreceu a maior retenção de água na planta, verificado pelo incremento significativo da massa de água à medida que aumentou as doses de silicato de potássio. A aplicação de silicato de potássio reduziu significativamente a acidez titulável, diminuindo assim, o teor de ácidos orgânicos nos tecidos foliares em alface.

Em contrapartida, a aplicação de silicato de potássio não afetou significativamente a concentração das clorofilas *a*, *b*, total e de carotenóides, assim como, para os valores de pH encontrado nos tecidos foliares das plantas.

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

BACHA, H., TEKAYA, M., DRINE, S., GUASMI, F., TOUIL, L., ENNEB, H., TRIKI, T., CHEOUR, F., FERCHICHI, A. Impact of salt stress on morphophysiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves. South

African Journal of Botany, v. 108, p. 364-369, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.08.018>.

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. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200009>.

BEZERRA NETO, F., JÚNIOR, A. P. B., SILVA, E. O., NEGREIROS, M. Z., OLIVEIRA, E. Q., SILVEIRA, L. M., CÂMARA, M. J. T., NUNES, G. H. S. Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. Horticultura Brasileira, v.24, n.4, p.476-480, 2006. <https://www.scielo.br/j/hb/a/3dWkrkPYtFpDZdzYpJTFDQ/?format=pdf>.

BOLIN, H.R., HUXSOLL, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. J. Food Science, v.56, n.1, p.60-67, 1991. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb07975.x>

BORGUINI, R.G. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) orgânico: o conteúdo nutricional e opinião do

- consumidor. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, ESALQ - USP, Piracicaba, 2002.
- BYBORDI, A. Effect of ascorbic acid and silicium on photosynthesis, antioxidante enzyme activity, and fatty acid contents in canola exposure to salt stress. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 11, n. 10, p. 1610-1620, 2012. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60164-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60164-6).
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras, 2005, p. 783.
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A. B. 1990. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE. 293 p.
- 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. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI2008.04.0233>.
- CURRIE, H. A.; PERRY, C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm247>.
- EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 50, n. 03, p. 641-664, 1999. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>.
- ESKIN, N. A. M. *Biochemistry of Foods*. California, 1990, p.557.
- FARIA, R. Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo. 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras. Viçosa, 2000.
- FENG, J., QUIGHUA, S., XIUFENG, W., MIN, W. Silicon supplementation ameliorated the inhibition of photosynthesis and nitrate metabolism by cadmium (Cd) toxicity in *Cucumis sativus* L. *Scientia Horticulturae*, v. 123, n. 4, p. 521- 530, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.10.013>.
- FIGUEIREDO, F. C., BOTREL, P. P., TEIXERA, C. P., PETRAZZINI, L. L., LOCARNO M., CARVALHO, J. G. de. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.5, p.1306-1311, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000500032>.
- FREIRE, A. G., OLIVEIRA, F. A., CARRILHO, M. J. S. O., OLIVEIRA, M. K. T., FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p.81-88, 2009. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1320/pdf>.
- 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*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1980.
- FREIRE JÚNIOR, M. Efeito da temperatura de armazenamento e da atmosfera modificada na qualidade da alface hidropônica minimamente processada. Lavras, MG: UFLA, 2000. 106f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) – UFLA, Lavras.
- 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. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140334>.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos físicos para análise de alimentos. 3ed. São Paulo: IAL, 1985, v.1, p. 533.
- KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, v.40,n.5, p.99-104, 1986.
- KIM, M.J. et al. Nutritional value bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition na Analysis*, v. 49, p. 19-34, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>.
- KORNDÖRFER, G. H., DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz. *Informações Agrônomicas*, v. 70, p. 1-3, 1995.
- KORNDÖRFER, G. H., PEREIRA, H.S.P., NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta fertilizante. Uberlândia, BR: GPSi-ICIAG-UFU. 50 p. 2004.
- LICHTENTHALER, H. K., WELBURN, A. R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.

- Biochemical Society Transactions, v. 11, n. 3, p.591-592, 1983. <https://doi.org/10.1042/BST0110591>.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 920p. 1995.
- MEENA, V. D., DOTANIYA, M. L., COUMAR, V., RAJENDIRAN, S., AJAY, KUNDU, S., RAO, A. S. Case for Silicon Fertilization to Improve Crop Yields in Tropical Soils. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of India - Section B. Biological sciences, v. 84, p. 505-518, 2014. <https://doi.org/10.1007/s40011-013-0270-y>.
- 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. <https://www.iea.agricultura.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-23-2015.pdf>.
- REIS, H. F., MELO, C. M., MELO, E. P., SILVA, R. A., SCALON, S. P. Q. Conservação pós-colheita de alface crespa, de cultivo orgânico e convencional, sob atmosfera modificada. Horticultura Brasileira, v. 32, n. 3, p. 303-309, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000300011>.
- SAHEBI, M., HANAFI, M. M., AKMAR, A. S. N., RAFII, M. Y., AZIZI, P., TENGOUA, F. F., AZWA, J. N. M., SHABANIMOFRAD, M. Importance of Silicon and Mechanisms of Biosilica Formation in Plants. BioMed Research International, v. 21, p.1-16, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/396010>.
- SENER, S. D., CHAPMAN, G. W., FORBUS, W. R., PAYNE, J. A. Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. Journal of Food Science, Chicago, n. 56, p. 989-991, 1991. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb14623.x>.
- SILVA, J. M., ONGARELLI, M. G., AGUILA, J. S. D., SASAKI, F. F., Kluge, R. A. Métodos de determinação de clorofila em alface e cebolinha minimamente processadas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, v. 8, n. 2, p.53-59, 2007. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81311221001>.
- STREIT, N. M., CANTERLE, L. P., CANTO, M. W., HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300043>.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016, 953 p.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany, London, v.91, n.3, p.503-527, 2003. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg058>.
- 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. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n3p620-630>.
- VATEHOVÁ, Z., ZELKO, I., KUCEROVÁ, D. R., BUJDOS, M., LISKOVA, D. Interaction of silicon and cadmium in *Brassica juncea* and *Brassica napus*. Biologia, v. 67, n.3, p. 498-504, 2012. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0034-9>.
- WANG, S. Y., GALLETTA, G. J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. Journal Plant Nutrition, London, v.21, p.157-167, 1998. <https://doi.org/10.1080/01904169809365390>
- ZHU, Y., GONG, H. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. Agronomy for Sustainable Development, v. 34, n. 2, p. 455-472, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0194-1>.