



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**FELIPE SILVA NUNES**

**SILÍCIO NA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA ALFACE**  
**HIDROPÔNICA**

**FORTALEZA**

**2016**

FELIPE SILVA NUNES

SILÍCIO NA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA ALFACE  
HIDROPÔNICA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

Coorientador: MSc. Hozano de Souza Lemos Neto.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- N925s Nunes, Felipe Silva.  
Silício na produção e na qualidade pós-colheita da alface hidropônica / Felipe Silva Nunes. – 2016.  
28 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.  
Coorientação: Prof. Me. Hozano de Souza Lemos Neto.
1. Lactuca sativa L. 2. Hidroponia. 3. Silicato de sódio. 4. Vitamina C. I. Título.
- CDD 630
-

FELIPE SILVA NUNES

SILÍCIO NA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA ALFACE  
HIDROPÔNICA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

MSc. Hozano de Souza Lemos Neto (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agrº Ítalo Marlone Gomes Sampaio  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

MSc. Maria Lucilânia Bezerra Almeida  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me permitido chegar até esta etapa de minha vida.

À Universidade Federal do Ceará por ter fornecido a estrutura necessária para a minha formação acadêmica.

Ao Departamento de Fitotecnia por ter oferecido as condições adequadas para a realização do presente trabalho.

Ao prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães por ter confiado em mim e me orientado durante a etapa de conclusão de curso.

Aos amigos pós-graduandos Hozano Neto e Ítalo Sampaio pelas longas conversas e pelos valiosos conselhos para minha monografia.

Aos meus pais e irmã por terem acreditado em meu potencial e dado todo o suporte que precisei ao longo da vida.

Aos meus grandes amigos de graduação Hiago Rodrigues e Lorena Gomes, pelo enorme companherismo e pelas constantes ajudas prestadas durante todo o curso.

A Larissa Gomes e João Paulo Soares pela grande amizade e pelo incentivo demonstrados ao longo dos anos.

Às amigas Janaína Martins, Kelly Andressa e Laura Gomes, pela disposição em ajudar e pelo apoio oferecido na etapa final de elaboração deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Olericultura do Nordeste (NEON) e todos os seus integrantes pelas colaborações prestadas e por terem construído um ambiente de trabalho sempre descontraído.

Aos demais colegas do curso de Agronomia pelos grandes momentos vividos.

## RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça de grande importância econômica devido às suas características nutricionais e organolépticas, já que, entre as folhosas é a mais consumida. No entanto, sua alta perecibilidade acumula expressivas perdas ao longo de seu processo produtivo. Estima-se que as perdas ao longo da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil esteja entre 35 a 40%. A adubação silicatada vem sendo discutida, há alguns anos, como um importante fator de contribuição para o aumento da qualidade e pós-colheita de hortaliças. Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do silício na produção e na qualidade pós-colheita da alface cultivada em sistema hidropônico. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido localizado na Horta Didática da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza–CE, sendo instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e cinco tratamentos, sendo estes constituídos por diferentes doses de silício (Si) (0; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 mM). As plantas foram colhidas aos 40 dias após a semeadura (DAS), sendo então avaliadas quanto aos parâmetros de comprimento da raiz e parte aérea, massas frescas e secas de raiz e parte aérea, número de folhas e área foliar, teor vitamina C, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação SS/AT. Os níveis de silício afetaram o crescimento e a qualidade pós-colheita da alface. Verificou-se aumento no número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca de raiz, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, pH e relação SS/AT entre os tratamentos. Para o comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, área foliar, massa seca da parte aérea e raiz, bem como para vitamina C, observou-se efeito negativo quanto às doses de Si testadas em relação ao tratamento controle. De maneira geral, verificou-se que a adição de pequenas doses de silício, no sistema de cultivo hidropônico da alface, proporcionou benefícios quanto à qualidade pós-colheita e à produção de biomassa fresca da cultura.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., Silicato de sódio, Vitamina C, hidroponia.

## ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a vegetable of great economic importance due to its nutritional and organoleptic characteristics, since among the leafy vegetables is the most consumed. However, its high perishability accumulates expressive losses along its productive process. It is estimated that the losses along the productive chain of vegetables in Brazil are around 35 to 40%. Silicate fertilization has been discussed for some years as an important contributor to the increase in the quality and postharvest of vegetables. Based on the above, the present study had the objective of evaluating the effects of silicon on the production and the post-harvest quality of the lettuce grown in a hydroponic system. The experiment was carried out in a protected environment located in the Horta Didática of the Federal University of Ceará, in Fortaleza (CE), arranged in a completely randomized design (CRD), with four replicates and five treatments, consisting of different doses of silicon (Si) (0, 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 mM). The plants were harvested at 40 days after sowing (DAS) and evaluated for root and shoot length parameters, fresh and dry masses of root and shoot, number of leaves and leaf area, vitamin C content, pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS) and SS / TA ratio from the treatments. For shoot length, root length, leaf area, dry mass of shoot and root, as well as for vitamin C, a negative effect was observed regarding the Si doses tested in relation to the control treatment. In general, it was verified that the addition of small doses of silicon, in the hydroponic system of lettuce, provided benefits about post-harvest quality and crop's fresh biomass production.

Keywords: *Lactuca sativa* L., sodium silicate, vitamin C, hydroponics.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Comprimento da parte aérea e de raiz (CPA - 1a e CR - 1b), número de folhas (NF -c) e área foliar (AF - d) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016. .... 18
- Figura 2 - Massa fresca e seca da parte aérea e de raiz (MFPA - a, MSPA - b, MFR - c e MSR - d) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016. .... 20
- Figura 3 - Vitamina C (a), sólidos solúveis (b), acidez titulável (c) e pH (d) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016. .... 21
- Figura 4 - Relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016. .... 22



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos caracteres comprimento da parte aérea (CPA, cm), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR, cm), massa fresca da parte aérea (MFPA, g), massa fresca de raiz (MFR, g) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) de plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico com diferentes níveis de silício. Fortaleza, UFC, 2016..... 18
- Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos caracteres massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca de raiz (MSR, g), teor de vitamina C (Vit C, %), teor de sólidos solúveis (SS, °Brix), acidez titulável (AT, % ácido cítrico), pH, relação entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT). Fortaleza, UFC, 2016..... 18

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1	Alface.....	12
2.2	Cultivo hidropônico .....	12
2.3	Silício.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1	Análise de crescimento .....	16
3.2	Análise pós-colheita.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5	CONCLUSÃO .....	22
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa de maior aceitação mundial (SALA; COSTA, 2012). Hoje, no mercado brasileiro, esta hortaliça é a principal folhosa comercializada, o que a torna com expressiva importância econômica e social no país (FREITAS *et al.*, 2013). Atualmente, é explorada em todo o território nacional, sendo suas principais formas de cultivo em solo e em sistemas hidropônicos. Neste último é considerada a principal cultura produzida no país (SOUZA, 2006).

No Brasil, boa parte da produção de alface ocorre no entorno das grandes cidades, nos chamados “cinturões verdes”. Isso acontece porque a planta apresenta alta perecibilidade (AZEVEDO *et al.*, 2015). Segundo alguns pesquisadores, para as hortaliças, estima-se um quantitativo de perdas (“antes” e “após” porteira) de 35 a 40% (VILELA *et al.*, 2003; TOFANELLI *et al.*, 2009), podendo, para as hortaliças folhosas, essa perda ser ainda maior devido a delicadeza do produto comercializado que, além de ser altamente sensível ao manuseio, perde turgescência muito rapidamente se não armazenado e transportado da forma correta.

Nos diferentes sistemas de produção, existem algumas práticas que podem ser adotadas no intuito de diminuir as perdas pós-colheita dos produtos. Uma dessas, é a adubação que possui significativa influência, já que interfere diretamente na respiração, transpiração, composição química, características visuais e sabor dos produtos (GALATI *et al.*, 2015). Dentre os diversos elementos minerais existentes, estudos utilizando o silício, através da adubação silicatada, têm demonstrado respostas positivas quanto ao ganho em produção e qualidade pós-colheita de algumas hortaliças (RESENDE *et al.*, 2007; GALATI *et al.*, 2015).

Para a alface ‘Lucy Brown’, Galati *et al.* (2015), observaram efeito positivo do uso do silício quanto ao aumento da longevidade das folhas minimamente processadas. Também para o morango o silício promoveu a melhoria em algumas de suas características físico-químicas (FIGUEIREDO, 2010). Em frutos de tomate, foi observado que a adubação com silício melhorou a qualidade físico-química dos frutos, principalmente em parâmetros como sólidos solúveis, vitamina C, licopeno, firmeza e na longevidade dos frutos.

Segundo pesquisadores, as melhorias elencadas se relacionam positivamente com o efeito do silício na eficiência fotossintética e na sua deposição nas paredes celulares das células epidérmicas (MARODIN *et al.*, 2016). Outros cientistas têm afirmado que o uso do

silício pode conferir resistência contra pragas e doenças, redução dos efeitos do excesso de metais potencialmente tóxicos, atenuação do estresse salino e da deficiência hídrica, resistência ao acamamento e, por fim, contribui para a diminuição da transpiração (RODRIGUES *et al.*, 2011; BYBORDI, 2012; LIANG *et al.*, 2007).

Na fisiologia da planta se tem observado que este elemento mineral possui relação direta com o aumento da fotossíntese líquida, na modulação da taxa de transpiração, no balanço da absorção mineral e na regulação da absorção de água pela raiz (SAHEBI *et al.*, 2015, ZHU; GONG, 2013). Bioquímica e molecularmente o silício parece desencadear a transcrição de genes relacionados à defesa antioxidante, ao ajustamento osmótico, a fotossíntese, a lignificação e ao metabolismo de suberina (ZHU; GONG, 2013).

De forma geral, o silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), juntamente com a água (fluxo de massa). Se acumula nas áreas de máxima transpiração (tricomos e espinhos), na forma de ácido silícico polimerizado (sílica amorfa) (MA *et al.*, 2001). Segundo pesquisadores, a melhoria na qualidade pós-colheita, com a adição de silício, pode estar relacionada à formação da dupla camada cuticular de sílica, o que reduz a perda de água durante o período de armazenamento (KORNDÖRFER *et al.*, 2004).

Apesar da comprovação dos benefícios do silício em diversas culturas, ainda são poucas as pesquisas que tratam dos efeitos em hortaliças. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar os efeitos do silício na produção e na qualidade pós-colheita da alface.

## OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de doses de silício no desenvolvimento, produção e pós-colheita da alface produzida em sistema hidropônico.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar aspectos relacionados ao desenvolvimento de plantas de alface quando submetidas a diferentes doses de silício.

Avaliar o efeito das doses de silício na produção de plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico.

Avaliar o comportamento de alguns dos principais fatores pós-colheita de plantas de alface após serem cultivadas em diferentes doses de silício.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Alface

A alface é uma planta da família Asteraceae, do gênero *Lactuca*. É uma planta herbácea de caule reduzido. As folhas são a parte comestível da planta e crescem em torno do caule, na forma de roseta. A parte aérea da planta apresenta formato amplo, podendo ou não formar “cabeça”. Sua coloração pode variar entre diversos tons de verde ou até mesmo apresentar coloração roxa. Seu sistema radicular é bastante ramificado, ficando concentrado nos primeiros 25 cm do solo, quando transplantada, ou 60 cm quando cultivada a partir de sementeira direta (FILGUEIRA, 2008).

Esta hortaliça é amplamente difundida no Brasil, sendo considerada a folhosa mais consumida no país. Segundo dados da Associação brasileira para o comércio de sementes e mudas (2014) a alface é a terceira hortícola em importância, ficando logo atrás da melancia e do tomate quanto ao volume de produção, o que, confere a ela uma grande importância econômica, social e alimentar (FREITAS *et al.*, 2013).

Estima-se que sejam cultivados em torno de 30 mil hectares de alface anualmente no Brasil. A produção está concentrada em áreas próximas aos grandes centros urbanos, nos “cinturões verdes”. Nos últimos anos, essa produção cresceu significativamente, devido principalmente, ao advento do cultivo hidropônico (LOPES *et al.*, 2010).

Seu papel na alimentação humana é fundamental. É fonte de vitaminas e sais minerais (vitamina C, riboflavina, ferro, cálcio, dentre outros), além de ser rica em folato, betacaroteno, fibra e certos fitoquímicos (USDA, 2016).

Dentre as limitações que estão relacionadas à produção da alface, as temperaturas elevadas podem ser consideradas as principais, já que promovem limitações ao desenvolvimento e qualidade das plantas. Além disso, seu baixo tempo de prateleira pode ser citado como um fator limitante ao consumo, já que nas regiões onde as condições climáticas não favorecem a produção, o restrito período para o consumo restringe sua comercialização a algumas localidades (SALA; COSTA, 2012)

### 2.2 Cultivo hidropônico

A elevada demanda pela alface tem levado os produtores a adotar novas técnicas de cultivo, objetivando otimizar sua produção, bem como a obtenção de um produto de

melhor qualidade e preço. O emprego de novas técnicas de cultivo pode tornar os produtores mais competitivos, o que pode promover a geração de renda e lucro a eles (SILVA *et al.*, 2013).

Neste sentido, a hidroponia vem sendo uma técnica promissora na otimização da alfacicultura no Brasil. Trata-se de um conjunto de técnicas de cultivo de plantas sem uso do solo. Neste sistema o fornecimento dos nutrientes minerais essenciais às plantas é feito por meio de uma solução nutritiva. A hidroponia tem uma importância chave em estudos a respeito de nutrição mineral de plantas e vem sendo largamente difundida para fins comerciais por causa das vantagens que apresentam em detrimento ao cultivo em solo (BEZERRA NETO; BARRETO, 2013).

O cultivo hidropônico apresenta-se como uma alternativa ao convencional, em solo. Possui certas vantagens para o produtor, consumidor e ambiente, com a geração de maior produtividade, diminuição do ciclo produtivo, menor gasto hídrico e de insumos, menor necessidade de mão de obra e possibilita ofertar um produto de qualidade superior. Além disso, o uso de soluções nutritivas, preparadas com água de baixa qualidade, ou o reuso de soluções nutritivas, têm sido considerados possibilidades para essa cultura (PAULUS *et al.*, 2012), sendo importante destaque feito para regiões com escassez de águas superficiais, já que nestas o uso de poços perfurados que têm baixas vazões (com frequente ocorrência de águas salobras) são prática de cultivo que pode ser adotada como uma alternativa viável, desde que bem planejada quanto ao volume de produção e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis (SOARES, 2007).

Em relação às desvantagens no uso do cultivo hidropônico, destaque pode ser feito ao custo inicial de sua implantação que é relativamente elevado, exige maior conhecimento técnico, há risco de perda por falta de energia elétrica, requer acompanhamento permanente do funcionamento de todo o sistema, pode haver rápida disseminação de doenças, além do monitoramento periódico da solução nutritiva (GOMES *et al.*, 2012).

### **2.3 Silício**

O silício (Si) é considerado um elemento benéfico ou útil para as plantas, já que não preenche todos os critérios de essencialidade para os vegetais (NOJOSA *et al.*, 2006). Considerado o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, possui alta afinidade com o oxigênio, não sendo encontrado em sua forma elementar na natureza. É encontrado apenas em formas combinadas, como minerais silicatados e a sílica (LIMA FILHO, 2010).

O Si é absorvido pelas raízes das plantas na forma neutra, como ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) por fluxo de massa (EPSTEIN, 1994). O transporte desse ácido é feito por meio do xilema e pode ser regulado por transpiração ou por processo ativo. Dessa forma, após ser absorvido pela planta, o ácido monossilícico é depositado, em sua maior parte, nas paredes das células epidérmicas, resultando em fortalecimento significativo da estrutura da planta (RODRIGUES *et al.*, 2001).

De modo geral, o destino da maior parte do Si transportado das raízes pela corrente transpiratória é acumulado (precipitado) como  $\text{SiO}_2$  em órgãos da parte aérea, tornando-se imóvel e, portanto, não sendo redistribuído (BALASTRA *et al.*, 1989). De maneira efetiva, tem-se observado que culturas como arroz, cana-de-açúcar, pastagens e milho, as quais acumulam maiores quantidades de Si nos tecidos, tem obtido resultados significativos em termos de produção (MOREIRA *et al.*, 2010).

Consideram-se plantas acumuladoras de Si aquelas com teores superiores a  $1 \text{ g kg}^{-1}$  de Si na massa seca (MS), como arroz e trigo; plantas que são consideradas intermediárias, com  $0,5$  a  $1 \text{ g kg}^{-1}$  de Si na MS, como a soja e as cucurbitáceas; e, plantas não acumuladoras, possuindo concentração de Si na MS inferior a  $0,5 \text{ g kg}^{-1}$  (MA *et al.*, 2001). A adubação silicatada é uma importante tecnologia a ser incorporada nos sistemas de adubação, pois, além de ser uma estratégia de manejo capaz de aumentar a produtividade das culturas, é capaz de induzir a resistência das plantas contra fatores bióticos e abióticos, sendo assim capaz de reduzir a utilização indiscriminada de agrotóxicos (MENDONÇA, *et al.*, 2013). Efeitos adicionais como folhas mais eretas, redução do autossombreamento, tornando os tecidos estruturais mais rígidos e, assim, reduzindo o acamamento também tem sido observados (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 2012).

Levando-se em consideração que um dos principais problemas encontrados pelos produtores é a incidência de pragas e doenças nos plantios, devido principalmente a seus efeitos na produção final, o qual aumenta os custos de produção principalmente quanto ao uso de fungicidas e inseticidas (RODRIGUES *et al.*, 2011; LUDWIG *et al.*, 2015). O uso do Silício (Si) via solo ou foliar (MOREIRA, *et al.*, 2010) pode ser uma prática a ser adotada para minimizar tais problemas. Isso porque vários estudos tem demonstrado que o suprimento de Si, seja via solo, foliar ou solução nutritiva, a várias espécies de plantas mono e dicotiledôneas, tem contribuído de forma significativa na redução da intensidade de inúmeras doenças de importância econômica (BÉLANGER *et al.*, 1995; DATNOFF *et al.*, 1997).

Também na durabilidade e qualidade de produtos vegetais, o Si tem sido indicado como um elemento que proporciona ganhos significativos nesses parâmetros (MARODIN *et*

*al.*, 2016). Galati *et al.* (2015) testando concentrações de silício na produção de alface hidropônica, observaram que a utilização deste mineral proporcionou maior firmeza das folhas das alfaces minimamente processadas, tendo elas conservado sua turgidez e sido conservadas úteis por cerca de 16 dias. O mesmo foi observado por Resende *et al.* (2005) trabalhando com alface americana. Para os frutos de tomate, Marodin *et al.* (2016), observaram efeitos como aumento da firmeza, sólidos solúveis, Vitamina C, licopeno e longevidade dos frutos.

Contudo, apesar de se conhecer parte dos efeitos do silício sobre algumas culturas, principalmente no que se refere à durabilidade pós-colheita, ainda não há muitas informações quanto aos efeitos de seu uso nas características de qualidade pós-colheita das hortaliças.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na horta didática da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no Campus do Pici, Fortaleza-CE (3.740438 S, 38.576381 W e altitude de aproximadamente 17 m), entre os meses de agosto e outubro de 2016. A classificação do clima é As (tropical com verão seco) segundo ALVARES *et al.* (2014).

O experimento foi realizado em ambiente protegido com sombrite 30%. O pé direito da estrutura era de aproximadamente 1,8 m, sendo o comprimento e a largura de aproximadamente 8,0 m cada. As médias de temperaturas e umidade relativa do ar no interior do abrigo foram de 31,4° C e 55%, respectivamente.

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo “floating” (piscina profunda com sistema de aeração estática), sendo instalado sobre uma bancada de madeira (0,8 m de altura, 1,5 m de largura e 3,0 m de comprimento). Para a condução das plantas, foram utilizados vasos de 5 litros com isopores sobre as soluções nutritivas para sustentação às plantas. Para aeração da solução nutritiva, utilizou-se compressor de ar.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e cinco tratamentos, sendo estes compostos por diferentes níveis de silício (0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 mM), sendo a parcela constituída por um vaso com duas plantas. A fonte de silício utilizada foi o silicato de sódio (63% de SiO<sub>2</sub> e 18% de Na<sub>2</sub>O).

Para a produção das mudas, utilizaram-se sementes da cultivar ‘Lucy Brown’, com pureza de 99,9% e germinação de 95%. A semeadura foi realizada em espuma fenólica com dimensões aproximadas de 2 x 2 x 2 cm para cada célula de crescimento. A profundidade de semeadura foi de aproximadamente hum (1) cm. Após sete dias de semeadura, foi feita



uma adubação foliar com a solução nutritiva a 50% da força iônica (FURLANI *et al.*, 1999), com condutividade elétrica (CE) menor que  $2 \text{ dSm}^{-1}$ . Aos 10 dias após a sementeira, as mudas foram transplantadas para o berçário. Para a fase de berçário foram utilizadas bandejas de polietileno branco com capacidade de 7 L, nas quais ficaram dispostas 12 plântulas por bandeja, sendo que, cada bandeja correspondia a um tratamento, já com a concentração determinada de silício. As mudas permaneceram no berçário por uma semana até serem transplantadas para os vasos de cultivo. Utilizou-se a solução nutritiva proposta por Furlani *et al.* (1999) para hortaliças folhosas a 50% da força iônica para o berçário e 75% para o cultivo definitivo.

Diariamente era realizada a reposição hídrica em todos os vasos de acordo com o volume inicial determinado, devido a evapotranspiração, bem como o ajuste de pH da solução nutritiva, mantendo-a na faixa de 5,5 a 6,5. Para isso utilizava-se ácido cítrico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) ou hidróxido de sódio (NaOH). A renovação da solução nutritiva foi realizada a cada 5 dias. Durante a condução do experimento as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência hídrica e nem de falta de oxigenação.

Aos 40 dias após a sementeira, as plantas foram colhidas e levadas para o laboratório para análises de crescimento e pós-colheita.

### 3.1 Análises de crescimento

Para as análises de crescimento foram avaliadas as seguintes características:

Comprimento da parte aérea e da raiz (CPA e CR) - Foram determinados com o auxílio de uma régua graduada, sendo os resultados expressos em cm. O diâmetro da planta (DP) - Determinado a partir da distância entre as extremidades opostas das folhas totalmente expandidas, sendo os resultados expressos em cm. As medições foram realizadas por meio de régua milimetrada. Número de folhas (NF) - Determinado pelo procedimento de contagem simples das folhas totalmente expandidas.

Massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR) - Realizadas a partir da separação das amostras de ambas as partes e pesadas em balança de precisão de 0,001 g. Os resultados foram expressos em g. Massa seca de parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) - Realizadas a partir da separação das amostras de ambas as partes e levadas a estufa com circulação forçada de ar por 72 horas à temperatura de  $65^\circ \text{C}$ . Posteriormente, foi realizada a pesagem das amostras em balança analítica com precisão de 0,0001g. Os resultados foram expressos em g.

A área foliar (AF) - Determinada a partir da utilização de um aparelho integrador de área foliar modelo LI-COR® 3100-C, sendo os resultados expressos em cm<sup>2</sup>.

### **3.2 Análises de pós-colheita**

Sólidos solúveis (SS) - Determinado por leitura em refratômetro (mod.103, com escala de 0 a 32%), a partir de 1,0 g das amostras das folhas maceradas em almofariz, transferindo 2 a 3 gotas para o prisma do refratômetro, sendo desprezadas às partículas grandes que continham o material vegetal, segundo recomendado pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). Os resultados foram em °Brix.

Acidez titulável (AT) - Determinado a partir da utilização de 1,0 g da folha da alface macerada em almofariz, sendo utilizado o indicador fenolftaleína a 1% e a titulação com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, de acordo com proposto por Instituto Adolfo Lutz (2005). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico.

pH - Determinado por meio da maceração de 1,0 g da folha diluída em 30 ml de água destilada, utilizando um potenciômetro digital com membrana de vidro, conforme estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Vitamina C - Determinada por meio da titulação com solução de DFI (2,6 diclorofenolindofenol 0,02%) até a coloração róseo claro, utilizando 1,0 g de folha macerada em almofariz, de acordo com a metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967), sendo os resultados expressos em %.

SST/AT - Determinada pela relação direta dos valores obtidos para sólidos solúveis totais e acidez titulável.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, para os níveis de silício, utilizou-se regressão, usando o software estatístico 'Sisvar' (FERREIRA, 2011).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De forma geral, foram observadas influências das dosagens de silício nos diversos parâmetros avaliados na pesquisa (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos caracteres comprimento da parte aérea (CPA, cm), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR, cm), massa fresca da parte aérea (MFPA, g), massa fresca de raiz (MFR, g) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) de plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico com diferentes níveis de silício. Fortaleza, UFC, 2016.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios					
		CPA	CR	NF	AF	MFPA	MFR
Silício	4	2,09**	221,75**	87,67**	1080507,54**	2066,49**	484,58**
Erro	15	0,023	9,586	1,883	32800,37	18,651	11,710
Médias		1,51	11,83	11,55	547,12	25,05	14,28
C.V.		10,26	26,15	11,88	33,10	17,24	23,96

\*\* Significativo a 1% pelo teste F; CV - Coeficiente de variação.

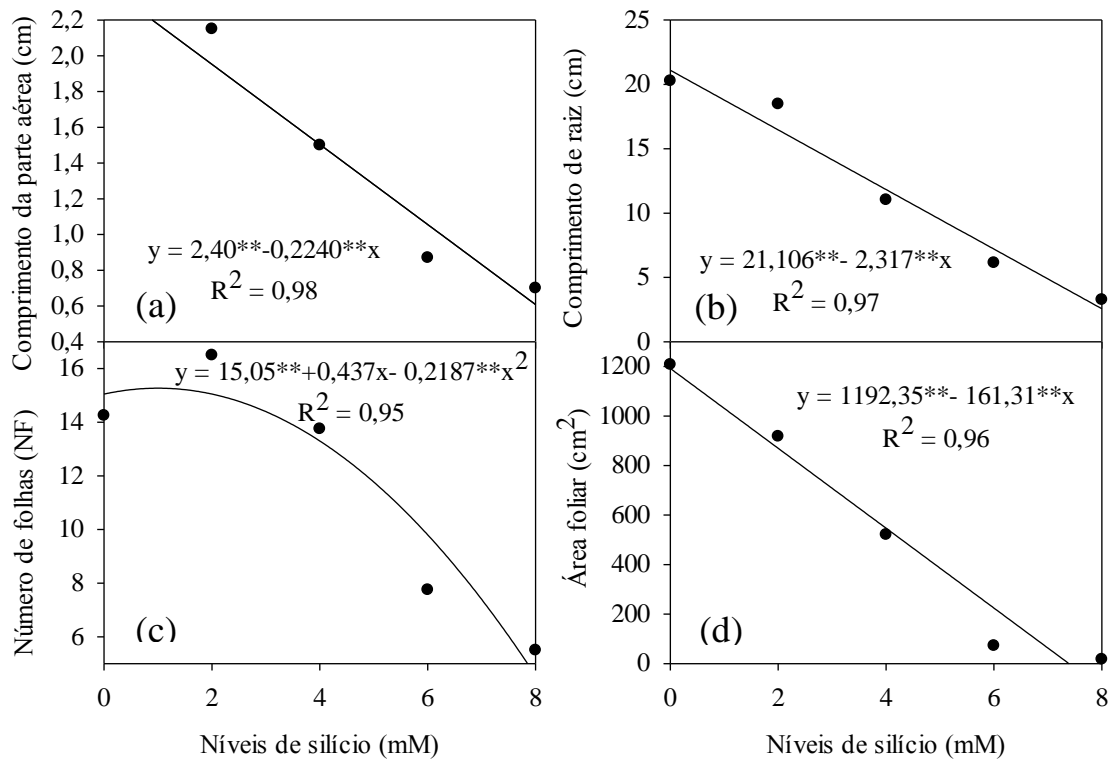
Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos caracteres massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca de raiz (MSR, g), teor de vitamina C (Vit C, %), teor de sólidos solúveis (SS, °Brix), acidez titulável (AT, % ácido cítrico), pH, relação entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT). Fortaleza, UFC, 2016.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios						
		MSPA	MSR	Vit C	SS	AT	pH	SS/AT
Silício	4	17,16**	0,93**	1007,17**	25,72**	0,03**	37,93**	1022,17**
Erro	15	0,33	0,02	0,02	0,14	0,00	0,01	16,22
Médias		2,28	0,79	16,96	2,70	0,09	3,37	17,30
C.V.		25,05	18,97	0,96	14,00	15,47	3,17	23,28

\*\* Significativo a 1% pelo teste F; CV - Coeficiente de variação.

Para os parâmetros comprimento da parte aérea (CPA; Figura 1a), de raiz (CR; Figura 1b) e área foliar (AF; Figura 1c), observa-se que os níveis de silício tiveram influência significativa ( $p < 0,05$ ), sendo as curvas ajustadas segundo um modelo linear decrescente, portanto quanto maior o nível de silício em solução, maiores foram às reduções nesses parâmetros. No entanto, para o fator número de folhas, o modelo que melhor se ajustou foi do tipo quadrático (Figura 1d).

Figura 1 - Comprimento da parte aérea e de raiz (CPA - 1a e CR - 1b), número de folhas (NF - c) e área foliar (AF - d) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016.



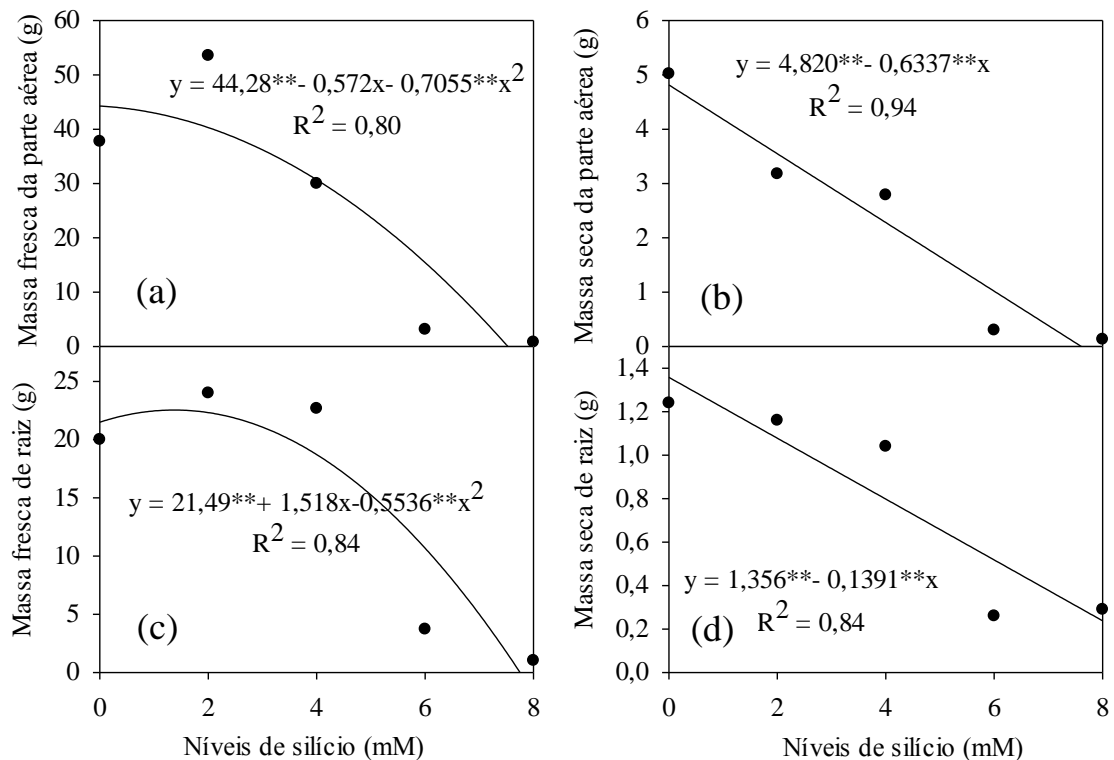
Os resultados observados para os fatores relacionados à produção vegetal indicam que o silício na solução nutritiva contribui negativamente para o crescimento de plantas de alface. Tal fato pode ser explicado por uma possível existência de inibição competitiva pelos canais de absorção de íons, nas plantas, devido à presença do ânion  $H_2SiO_4^-$  em solução, por exemplo, com outros ânions como o  $NO_3^-$ , macronutriente de grande importância para o crescimento celular (MALAVOLTA, 2006). De acordo com Marschner (2012) tal competição pode ser influenciada pelas propriedades do transporte de cada elemento e pela diferença na concentração dos íons em solução, o que explicaria os menores valores para as características de crescimento avaliadas conforme se aumentava a disponibilidade do silício na solução.

Diferentemente do que foi observado para os parâmetros relacionados diretamente ao crescimento e desenvolvimento das plantas, para a característica número de folhas, pôde-se observar o ajuste de um modelo quadrático. Esse ajuste ocorreu devido a determinação de um ponto de máximo na concentração de 1 mM de silício, com média de 15 folhas por planta, como aquele que proporcionou melhores condições para a formação de novas folhas, sendo que dosagens superiores a esta foram prejudiciais à emissão de novas folhas.

O silício tem sido indicado como um nutriente que estimula o desenvolvimento vegetal, atuando de forma direta ou indireta em fatores como: eficiência da fotossíntese, redução da transpiração e resistência mecânica das células, podendo também atuar na

atenuação de estresses abióticos e bióticos nas plantas (ZHU; GONG, 2013; EPSTEIN, 1994). Em níveis ótimos, esse elemento tem sido reportado como promotor de ganhos de rendimentos e de qualidade das culturas de tomate e alface (MARODIN *et al.*, 2016; GALATI *et al.*, 2015). Quanto às características massa fresca de parte aérea (MFPA; Figura 2a) e de raiz (MFR; Figura 2c) o modelo quadrático foi o que apresentou o melhor ajuste, tendo apresentado pontos de máximo nos níveis de 0,4 (43,93 g) e 1,4 mM (22,51 g), respectivamente. Isso indica que pequenas concentrações de silício na solução podem ser benéficas para o aumento da turgescência das plantas e, assim, pode possibilitar maior tempo de prateleira a esta espécie já que somente podem ser mantidas na banca de comercialização as plantas de alface que estão totalmente túrgidas. Já para os fatores massa seca de parte aérea (MSPA; Figura 2b) e da raiz (MSR; Figura 2d), observa-se que o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou, sendo assim o uso do silício foi prejudicial ao acúmulo de massa seca.

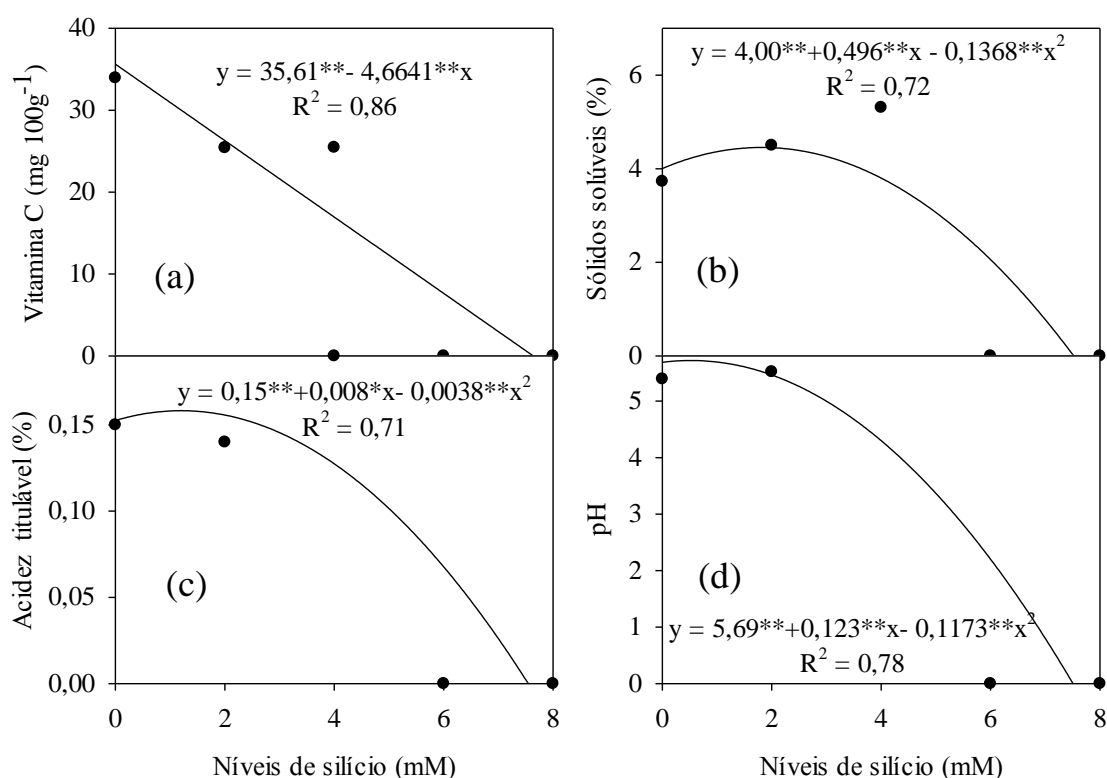
Figura 2 - Massa fresca e seca da parte aérea e de raiz (MFPA - a, MSPA - b, MFR - c e MSR - d) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016.



Semelhante ao observado na figura 2, Resende *et al.* (2007) também verificou comportamento quadrático para sua produção de massa fresca total, trabalhando com diferentes doses de silício e épocas de plantio para alface americana. Luz *et al.* (2006) trabalhando com diversas cultivares de alface em hidroponia observaram que a presença de silício foi capaz de ocasionar a redução da biomassa fresca e seca das plantas de alface. O que foi observado, em parte, no presente ensaio, já que o uso do silício não colaborou para o aumento da produção de massa seca das plantas de alface (Figuras 2b e 2d).

Para as características de pós-colheita avaliadas, o conteúdo de vitamina C seguiu um modelo linear decrescente, ou seja, o acréscimo de silício foi prejudicial ao acúmulo desta importante vitamina nas folhas da planta (Figura 3a). Marodin *et al.* (2016) trabalhando com qualidade pós-colheita de tomate sob diferentes fontes e doses de silício, observaram respostas positivas quanto ao conteúdo de vitamina C em frutos de tomate.

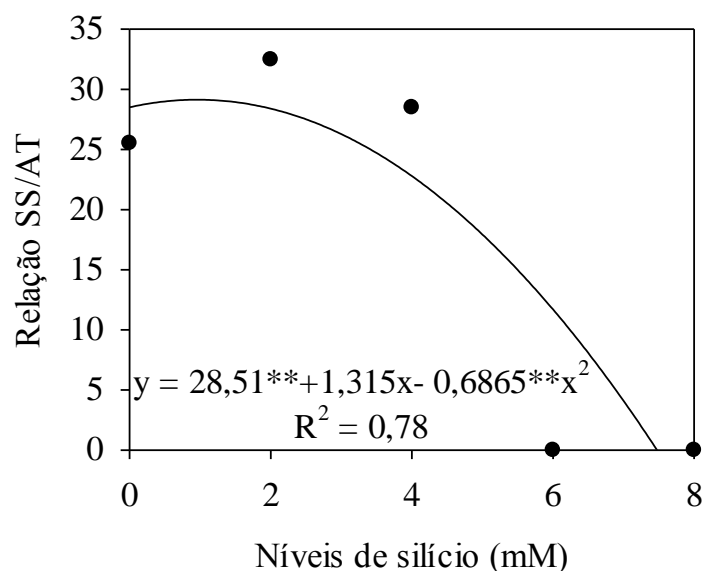
Figura 3 - Vitamina C (a), sólidos solúveis (b), acidez titulável (c) e pH (d) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016.



Para os caracteres sólidos solúveis, acidez titulável e pH, pode-se observar que o modelo de comportamento quadrático foi o que melhor se ajustou para os resultados apresentados com níveis ótimos de 1,6, 1,1 e 0,5 mM, respectivamente (Figura 3b, 3c e 3d). Tais resultados estão em acordo com os obtidos por Galati *et al.* (2015) que observaram para a

alface americana que doses de silício possibilitaram a manutenção, em níveis adequados a essa cultura, de parâmetros como acidez titulável e pH por um maior período de armazenamento, significando melhoria da qualidade pós-colheita dessa hortaliça. A relação SS/AT ajustou-se melhor a um modelo quadrático, tendo ponto de máximo na concentração de 0,9 mM (Figura 4). Tal resultado indica que, possivelmente, nessa concentração a presença de silício propicia aumento de açúcares com relação ao acúmulo de ácidos, indicando que pode existir melhoria quanto ao sabor. Contudo, vale ressaltar que a resposta do Si pode variar de acordo com a espécie cultivada, com as características climáticas e com as interações com outros elementos (CAMARGO, 2016; RESENDE *et al.*, 2007).

Figura 4 - Relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) de plantas de alface em função de diferentes níveis de silício em solução nutritiva. Fortaleza, UFC, 2016.



## 5 CONCLUSÃO

O uso de silício interfere positivamente no aumento da matéria fresca da alface.

O uso de doses de silício no intervalo de concentração 0,4 – 1,6 mM favorece no desenvolvimento e em características pós-colheita de plantas de alface.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil.**

Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br>> Acesso em: 24 novembro 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map of Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M.; DORNAS, M. F. S.; VALADARES, N. R. Agrupamento multivariado de curvas na seleção de cultivares de alface quanto à conservação pós-colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 362-367, 2015.

BALASTRA, M. L. F. C.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, P. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 67, n. 8, p. 2356-2363, 1989.

BÉLANGER, R. R.; BOWEN, P. A.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, v. 79, p. 329-336, 1995.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, p. 107-137, 2013.

BYBORDI, A. Effect of ascorbic acid and silicium on photosynthesis, antioxidant enzyme activity, and fatty acid contents in canola exposure to salt stress. **Journal of Integrative Agriculture**, v.11, n. 10, p. 1610-1620, 2012.

CAMARGO, M. S. Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. **Informações Agronômicas**, n. 155, p. 1-8, 2016.

DATNOFF, L.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, v. 16, n. 6, p. 525-531, 1997.



EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings National of Academy Science of the United States of America**, Washington, v.91, n.1, p.11-17, 1994.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov/dez, 2011.

FIGUEIREDO, A. S. T.; RESENDE, J. T. V de; MEERT, L.; KAPP NETO J.; DIAS D. M.; ZANIN, D. S.; SCHWARZ, K. Produtividade do morangueiro em função de diferentes doses de silício aplicadas via solo e via foliar. **Horticultura Brasileira** 28: S870-S876, 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008, 402 p.

FREITAS G. A.; SILVA R. R.; BARROS H. B.; MELO A. V.; ABRAHÃO W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 159-166, jan-mar, 2013.

FURLANI, P.R. *et al.* Nutrição mineral de hortaliças: preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n. 200/201, p.90-98, 1999.

GALATI, V. C.; GUIMARÃES, J. E. R.; MARQUES, K. M.; FERNANDES, J. D. R.; CECILIO FILHO, A. B.; MATTIUZ, B. 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 (a).

GALATI, V. C.; MARQUES, K. M.; MORGADO, C. M. A.; MUNIZ, A. C. C.; CECÍLIO FILHO, A. M.; MATTIUZ, B. Silicon in the turgidity maintenance of American lettuce. **African Journal of Agricultural Research**, 2015 (b).

GOMES, R. F.; SILVA, J. P.; FARIAS, V. D. S.; MONTEIRO, P. B.; LIMA, G. C.; SOUZA, G. T.; GUSMÃO, S. A. L. **Produção hidropônica de hortaliça na Amazônia**. Edufra. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012, 72 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo; 1985. 371 p.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: **GPSi-ICIAG-UFU**. Boletim técnico v. 2, p.34, 2004.

LIANG, Y.; SUN, W.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, v.147, p. 422-428, 2007.

LIMA FILHO, O. F. **O silício e a resistência das plantas**. Embrapa, 2010. Disponível em: <<http://www.diatom.com.br/pt-BR/noticias/item/artigo-o-silicio-e-a-resistencia-das-plantas>> Acesso em: 15 novembro 2016.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. **Doenças da Alface**, Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2010, 68 p.

LUDWIG, F.; BEHLING, A.; SCHMITZ, J. A. K. Silício na produção e qualidade fitossanitária do tomate (*Lycopersicum esculentum*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n.1, p. 60-66, 2015.

LUZ, J. M. Q.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖRFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.295-300, 2006.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. **Studies in plant Science**, v. 8, p. 17-39, 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; TREVISAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; DIAS, D. M. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 361-366.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3<sup>a</sup> ed. Austrália: Elsevier, 2012, 651 p.

MENDONÇA, A.O., TAVARES L. C., BRUNES, A. P., MOZÓN D. L. R., VILLELA, F. A. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após adubação silicatada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1154-1162, Sept./Oct. 2013.

MOREIRA A. R.; FAGAN E. B.; MARTINS, K. V.; SOUZA, C. H. E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, May/June 2010.

NOJOSA , G.B.A. *et al.* Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L.S. *et al.* (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2006. 263 p.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 110-117, 2012

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; JÚNIOR, J. C. R.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Adubação foliar com silício em alface americana (*Lactuca sativa* L.) em cultivo de verão. **Horticultura Brasileira**, v.25, p. 455-459, 2007.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produção de alface americana em função de doses e épocas de aplicação de Supa Potássio®. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p. 174-178, abr/jun, 2005.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, Brasília, 2007.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SEEBOLD, K. W.; RUSH, M. C. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Disease**, v. 85, p. 827-832, 2001.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas, **Informações Agronômicas**, nº134, 2011.

SAHEBI, M; HANAFAI, M. M.; AKMAR, A. S. N.; RAFFI, M. Y.; AZIZI, P.; TENGOOUA, F. F.; AZWA, J. N. M.; SHABANIMOFRAD, M. Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. **Biomed Research International**, v. 2015, p. 16, 2015.

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

SILVA, L. B.; NODARI, I. D. E.; JÚNIOR, S. S.; DIAS, L. D. E.; NEVES, J. F. Produção de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p.1744, 2013.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. 2007. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

SOUZA, L. de S.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 743 p.

STROHECKER R. L., HENNING H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo; 1967. 428p.

TOFANELLI, M. B. D.; FERNANDES, M.S.; CARRIJO, N.S.; MARTINS FILHO, O. B. Levantamento de perdas em hortaliças frescas na rede varejista de Mineiros. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p.116-120, 2009.

VILELA, N. J.; LANA, M. M.; MAKISHIMA, N. O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 141-143, 2003.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Lettuce nutritional facts**. Disponível em: < <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>> Acesso em: 17 de novembro de 2016.

ZHU, Y.; GONG, H. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 455-472, 2014.