

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS URUTAÍ

ADRYELLE LIMA BASTOS

**EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DAS
CULTIVARES DE ALFACE FERTILIZADAS COM
DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO**

URUTAÍ GOIÁS
2018

ADRYELLE LIMA BASTOS

**EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DAS
CULTIVARES DE ALFACE FERTILIZADAS COM
DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO**

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano
Câmpus Urutaí como parte das exigências
do Curso de Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Carmen Rosa da
Silva Curvêlo.

URUTAÍ GOIÁS
2018

ADRYELLE LIMA BASTOS

**EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DAS CULTIVARES DE
ALFACE FERTILIZADAS COM DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO**

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano Campus Urutaí como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

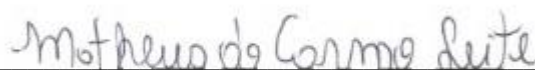
Aprovada em 05 de outubro de 2018.



Prof^ª. Dra. Carmen Rosa da Silva Curvêlo.
(Orientadora e Presidente da Banca Examinadora)
Instituto Federal Goiano-Campus Urutaí



Eng. Agro. Vanessa Meireles Caixeta
(Membro da Banca Examinadora)



Eng. Agro. Mestrando Matheus do Carmo Leite
(Membro da Banca Examinadora)

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

B327e Bastos, Adryelle Lima
Eficiência da Produção Hidropônica das Cultivares
de Alface Fertilizadas com Diferentes Doses de
Silício / Adryelle Lima Bastos; orientadora Carmen
Rosa da Silva Curvêlo. -- Urutai, 2018.
20 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Urutai, 2018.

1. Sistema NFT. 2. Hortaliças folhosas. 3. Tip
burn. I. Curvêlo, Carmen Rosa da Silva, orient. II.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:
Adryelle Lima Bastos

Matrícula:
2013101200240001

Título do trabalho:
Eficiência da Produção Hidropônica das Cultivares de Alface Fertilizadas com Diferentes Doses de Silício

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

· Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

· Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

· Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutai

Local

05 / 09 /
2022



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Aos 05 dias do mês de outubro de dois mil e dezoito reuniram-se: CARMEN ROSA DA SILVA CURVELO, MATHEUS DO CARMO LEITE e VANESSA MEIRELES CAIXETA nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (GO), para avaliar o Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a): ADRYELLE LIMA BASTOS, como requisito necessário para conclusão do Curso Superior de Bacharelado em Agronomia. O presente TC tem como título: EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DAS CULTIVARES DE ALFACE FERTILIZADAS COM DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO, orientado pelo(a) professor(a): CARMEN ROSA DA SILVA CURVELO.

Após análise, foram dadas as seguintes notas:

Avaliadores	Notas
1. CARMEN ROSA DA SILVA CURVELO	9,5
2. MATHEUS DO CARMO LEITE	8,3
3. VANESSA MEIRELES CAIXETA	9,0
Média final:	9,0

OBSERVAÇÕES:

Por ser verdade firmamos a presente:

Nome e Assinatura:

1. Carmen Rosa da Silva Curvelo
2. Matheus do Carmo Leite
3. Vanessa Meireles Caixeta

Primeiramente, dedico este trabalho a Deus que sempre foi minha força. Seguidamente, aos meus pais Wilmes Donizetti Bastos e Elcimeire César de Lima Bastos e ao meu irmão Matheus Cesar de Lima Bastos que sempre me motivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram minha graduação.

Aos meus pais Wilmes Donizetti Bastos e Elcimeire César de Lima Bastos, pelo amor incondicional, por terem me ensinado da melhor maneira o valor da vida e por não medirem esforços para que eu chegasse nessa etapa sendo minha base e motivação para lutar, juntamente ao meu irmão Matheus Cesar de Lima Bastos. Sem vocês nada seria possível, vocês são a luz da minha vida, são o verdadeiro sentido da palavra amor!

Ao meu padrinho Elcimar, minha gratidão e total admiração, me espelho em você. Às minhas avós, Isabel e Ana Rita, por todo amor e incentivo nesse período de graduação, vocês são meus anjos.

À minha orientadora Profa. Carmen Rosa da Silva Curvêlo, toda gratidão pela dedicação nessa jornada e pela contribuição na minha vida acadêmica e por tanta influência na minha futura vida profissional.

À banca examinadora, pelas contribuições sugeridas nesse trabalho.

Aos meus amigos que me entenderam e sempre estiveram ao meu lado durante esse período difícil e de esforço. Dentre eles, gostaria de citar alguns: Lorena Moisés por todo carinho e pela recepção no início dessa jornada, nunca medindo esforços para me ajudar. Você tem um coração lindo! Ao Gabriel, que teve papel fundamental desde o início da graduação, me apoiando, incentivando e ajudando de todas as maneiras possíveis para realização desse sonho. À Patrícia, pelo apoio e cumplicidade de sempre! Você é a pessoa do coração mais lindo e generoso que já conheci. Gratidão pelos inúmeros momentos de convívio, você fez parte da minha formação e vai continuar presente em minha vida, com certeza! À Verônica, Lídia, Mariane, Isa, Carla, Flávia, Thais, Karol, Luana, Guilherme, Marcus Vinícius, Matheus, Euller, Luccas, Roberth, Cássio, minha eterna gratidão, porque em vocês encontrei verdadeiros irmãos, com muita paciência, sorrisos, abraços e a mão sempre estendida quando eu precisei. Obrigada por todos os momentos que fomos estudiosos e cúmplices, e também pelos momentos de descontração, essa caminhada não seria a mesma sem vocês.

A todos os professores e técnicos administrativos do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, pelo suporte que me foi oferecido e pelas oportunidades na Agronomia, que foram experiências únicas.

“Este é o dia em que o Senhor agiu;
alegremo-nos e exultemos neste
dia.”

Salmos 118:24

SUMÁRIO

Resumo.....	E
erro! Indicador não definido.	
Abstract.....	Erro! Indicador não definido.
Introdução.....	3
Material e métodos	10
Resultados e discussão.....	13
Conclusões.....	18
Referências Bibliográficas	18

EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DAS CULTIVARES DE ALFACE FERTILIZADAS COM DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO.

Adryelle Lima Bastos ⁽¹⁾; Carmen Rosa da Silva Curvêlo⁽¹⁾

¹ Instituto Federal Goiano – IF Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, Goiás, Brasil. E-mail: adryelle_limabasto@hotmail.com; carmencurvelo@yahoo.com.br;

Resumo: A hidroponia é uma técnica de produção de hortaliças que vem ganhando espaço nos últimos anos no Brasil, mas a sua tecnologia ainda é pouco conhecida por parte dos agricultores tradicionais, gerando medo e insegurança em adotar este sistema de produção. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de diferentes doses de silício nos parâmetros fitotécnicos e de produtividade de dois cultivares de alface em sistema hidropônico NFT. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por cinco doses de silício (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mmol/L) e as subparcelas por dois cultivares: “Brasil” (tipo repolhuda) e “Grandes Lagos” (tipo americana) com 30 plantas por parcelas (15 de cada cultivar) com 4 plantas úteis para cada cultivar. As características avaliadas foram: Diâmetro da Cabeça, Número de Folhas, Comprimento do Caule, Massa Fresca e Massa Seca da parte aérea e de raízes, Severidade de “tip burn” (baseado na escala de notas adaptado de Pedrosa (2004)), além dos teores de Ca, Mg e K no centro e nas bordas das folhas internas e externas. As diferentes concentrações de silício utilizadas na solução nutritiva não provocaram diferenças significativas em nenhuma das características estudadas, com exceção do teor de magnésio no centro das folhas externas, independentemente do cultivar utilizado. O cv. Grandes Lagos, do tipo americana, apresentou maior tolerância ao distúrbio fisiológico “tip burn”, apesar dos seus menores teores de cálcio nas bordas das folhas internas e externas em comparação ao cv. Brasil, do tipo repolhuda.

Palavras chaves: Sistema NFT, hortaliças folhosas, “tip burn”.

Efficiency of hydroponic production of fertilized lettuce cultivars with different silicon doses.

Abstract: Hydroponics is a technique of vegetable production that has been gaining ground in recent years in Brazil, but its technology is still little known by traditional farmers, generating fear and insecurity in adopting this production system. In this way, the objective of this work was to verify the effects of different doses of silicon on the phytotechnical and productivity parameters of two lettuce cultivars in NFT hydroponic system. The experimental design was completely randomized in subdivided plots, with four replications, and the plots consisted of five doses of silicon (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mmol / L) and the subplots for two cultivars: Brazil (cabbage type) and Great Lakes (American type) with 30 plants per plot (15 of each cultivar) with 4 plants useful for each cultivar. The characteristics evaluated were: head diameter, leaf number, stem length, fresh mass and dry mass of shoot and root, tip burn severity (based on Pedrosa's adapted score scale (2004)); of the Ca, Mg and K contents in the center and in the edges of the inner and outer sheets. The different concentrations of silicon used in the nutrient solution did not cause significant differences in any of the studied characteristics, except for the magnesium content in the center of the external leaves, independently of the cultivar used. The cv. Great Lakes, of the American type, presented greater tolerance to the "tip burn" physiological disorder, in spite of their lower calcium contents in the borders of the internal and external leaves in comparison to the cv. Brazil, of the cabbage type.

Key words: NFT system, leafy vegetables, "tip burn".

Introdução

A produção hidropônica de hortaliças tem aumentado consideravelmente nos últimos anos no Brasil, mas a sua tecnologia ainda é pouco conhecida por parte dos agricultores tradicionais, gerando medo e insegurança em adotar este sistema de produção. Entretanto com intuito de atender um mercado cada vez mais exigente em qualidade, a hidroponia se destaca como uma técnica muito promissora, devido as suas principais vantagens que são o controle no uso de nutrientes, a antecipação da colheita, a homogeneidade de oferta e qualidade dos produtos durante todo o ano, ausência de necessidades de rotação de culturas permitindo ao produtor um altíssimo nível de especialização, menor incidência de pragas e doenças, menor utilização de mão-de-obra e racionalização do uso da energia.

A alface é uma hortaliça folhosa da família das Asteraceae, que tem uma grande importância na alimentação e na saúde humana, como fonte de minerais e de vitaminas, constituindo-se na hortaliça mais popular dentre aquelas em que as folhas são consumidas. É a espécie mais cultivada em sistema hidropônico no Brasil, principalmente, pelo uso do NFT (“Nutrient Film Technique”) devido ao fácil manejo que a cultura permite, aliado ao seu ciclo curto.

Os cultivos hidropônico e protegido são técnicas que favorecem o rápido crescimento das plantas, mesmo em regiões onde as condições edafo-climáticas não são favoráveis, provavelmente, por isso tem se observado, nestes cultivos, maior incidência de “tip burn”.

O distúrbio fisiológico queima das bordas ou “tip burn” relaciona a deficiência de cálcio que ocorre em alface e algumas outras hortaliças folhosas. Caracteriza-se pela queima das bordas das folhas mais jovens em crescimento acelerado. A manifestação dos sintomas, embora relacionadas com a deficiência localizada de cálcio, tem também relações com diferenças genéticas entre plantas e com os fatores do ambiente do cultivo. Diante à queima das bordas os danos causados às plantas têm provocado prejuízos econômicos aos produtores de alface.

O sucesso do cultivo hidropônico está diretamente relacionado à solução nutritiva, pois é esta que determina o crescimento das plantas e qualidade do produto final. Alternativas de novas formulações vêm sendo estudadas e um dos elementos a ser estudado seu efeito na produção é o silício.

O aumento da disponibilidade de Si para as plantas com conseqüente aumento de produtividade de algumas gramíneas, bem como de espécies não gramíneas como tomate, repolho, pepino e alface.

O objetivo do trabalho em questão foi avaliar os efeitos de cinco concentrações de silício em duas cultivares de alface em sistema hidropônico NFT na produtividade e em alguns aspectos de qualidade, incluindo a incidência do distúrbio fisiológico “tip burn”.

Referencial Teórico

Cultivo hidropônico

A hidroponia, termo derivado de dois radicais gregos ("hydro", que significa água e "ponos" que significa trabalho), ou cultivo hidropônico pode ser definido como a ciência do crescimento das plantas sem utilizar o solo, usando um meio inerte como: cascalho, areia, serragem, turfa, vermiculita, argila expandida, espumas sintéticas e lãs minerais, aos quais se colocam uma solução que contem os nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das mesmas (Guimarães, 2004). A hidroponia é uma técnica de cultivo em que os elementos minerais que nutrem as plantas são dissolvidos na água e fornecidos diretamente às raízes (Furlani,1998).

Os sistemas hidropônicos podem ser classificados quanto ao substrato em sistemas de duas e três fase. Os sistemas de duas fases apresentam uma fase líquida, composta por água e nutrientes, e uma fase gasosa, que corresponde ao ar misturado à solução. No sistema de três fases, há uma fase sólida adicional que age como enchimento e é banhada pela fase líquida, onde se aloja a fase gasosa. Quanto ao fornecimento da solução, os sistemas hidropônicos podem ser classificados em não-circulantes, circulantes e solução estática aerada. No primeiro caso, o substrato utilizado geralmente é areia ou lã mineral, e o fornecimento da solução é feito por gotejamento. Nos sistemas circulantes, a solução circula contínua ou intermitentemente entre as plantas, sempre retornando a um tanque coletor, de onde é novamente bombeada aos tubos de cultivo. No sistema de solução estática aerada, a solução é oxigenada pela injeção contínua de ar comprimido em cada recipiente (Martinez, 2002).

O NFT (“Nutrient Film Technique”), Técnica do Filme de Nutriente ou Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes, lançado por Allen Cooper em 1965, é uma técnica de cultivo na qual a solução nutritiva flui em forma de filme sobre uma superfície (canal) com declive entre 2 a 4%. O filme de solução banha as raízes das plantas aí colocadas para crescer. O princípio

básico do sistema é o cultivo da planta com o sistema radicular parcialmente submerso em um fluxo de solução onde estão dissolvidos todos os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (Martinez, 1997). De acordo com a classificação proposta para os sistemas de cultivo hidropônico, o NFT pode ser considerado como um sistema circulante de duas fases.

As principais vantagens da hidroponia é o controle no uso de nutrientes, a homogeneidade de oferta e qualidade dos produtos durante todo o ano, ausência de necessidades de rotação de culturas, menor incidência de pragas e doenças, menor utilização de mão-de-obra, racionalização do uso da energia e a antecipação da colheita. Segundo Bliska Jr. e Honório (1995), a hidroponia reduz em cerca de dez dias o período de colheita da alface, devido ao perfeito controle das condições de umidade e temperatura dentro da estufa. Martinez (2002) acrescenta como vantagens desse sistema de cultivo o maior rendimento por área, maior facilidade de execução dos tratamentos culturais, melhor programação da produção e o uso mais racional dos fertilizantes. Outras vantagens são apresentadas por Faquim e Furlani (1999), como o uso de pequenas áreas, obtenção de elevadas produtividades, os melhores preços dos produtos no mercado, o pequeno uso de defensivos agrícolas, a ausência da salinização e contaminação por patógenos comuns em cultivo protegido em solo, dispensa a rotação de culturas e controle de plantas daninhas. As desvantagens deste sistema são: custo inicial de implantação elevado exige alto grau de tecnologia e acompanhamento permanente do sistema, dependência de energia elétrica ou de sistema alternativo, e a fácil disseminação de patógenos pelo sistema pela própria solução nutritiva.

A escolha da solução nutritiva é fundamental, uma vez que deve ser formulada de acordo com o requerimento nutricional da espécie que se deseja produzir. Porém, ainda não existe uma solução que seja sempre superior a outras no que diz respeito a sua composição, pois as plantas têm grande capacidade de adaptação para diferentes condições de meio nutritivo. Em cultivos hidropônicos, a absorção é geralmente proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes, sendo muito influenciada pelos fatores ambientais, tais como: salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (Guimarães, 2004). Deste modo, uma solução nutritiva indicada para uma determinada espécie em uma região pode não ser adequada à mesma espécie quando vamos cultivá-la em regiões com climas distintos. Martinez (2002), também afirma que as plantas são capazes de sobreviver numa gama variada de soluções nutritivas, sendo bastante difícil a formulação de uma solução que garanta o desenvolvimento máximo, sem excedentes nem falta, porque, além da influência das condições ambientais,

existe uma grande variação das exigências nutricionais entre espécies, variedades, cultivares, estágio de desenvolvimento, dentre outros. Entretanto, para que a solução atenda às exigências nutricionais das plantas e os nutrientes sejam exauridos de maneira proporcional, minimizando as faltas e excessos, sua proporção na solução nutritiva deve ser a mesma exigida pelas plantas, ou seja, a apresentada na matéria seca de plantas bem nutridas da espécie ou variedade em questão.

Cultura da Alface

A alface, pertencente à família *Asteraceae*, é uma planta herbácea, de caule carnoso esverdeado e diminuto onde as folhas se prendem em forma de roseta. É boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A. (EMBRAPA Hortaliças, 2006). É considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro e, juntamente com o tomate, é a hortaliça preferida para as saladas, o que assegura à cultura expressiva importância econômica (Guimarães, 2004).

As cultivares de alface podem ser classificadas, segundo Filgueira (2003), em 6 grupos:

- a) Tipo Repolhuda-Manteiga - folhas lisas, delicadas, de coloração verde amarelada e aspecto amanteigado, formando uma típica cabeça compacta.
- b) Tipo Repolhuda-crespa (Americana) - folhas crespas, bem consistentes, com nervuras destacadas, formando uma cabeça compacta.
- c) Tipo Solta-lisa - folhas macias, lisas e soltas, não havendo formação de cabeça.
- d) Tipo Solta-crespa - folhas bem consistentes, soltas e crespas, não formando cabeça.
- e) Tipo Mimosa – folhas delicadas com aspecto "arrepinado".
- f) Tipo Romana - folhas alongadas e consistentes, com nervuras bem protuberantes formando cabeças fofas.

Para se obter sucesso em qualquer tipo de cultivo deve-se adotar um bom manejo de produção, ficando atento às exigências da cultura e dos cultivares utilizados.

A alface do tipo “americana” apresenta folhas externas de coloração verde-escura, folhas internas de coloração amarela ou branca, imbricadas (semelhantes ao repolho) e crocantes. Apresenta também maior vida pós-colheita, possibilitando o transporte a longas distâncias e vem adquirindo importância crescente no país. O plantio deste tipo de alface visa

atender as redes “fast food” e, atualmente, tem-se constatado aumento no consumo desta hortaliça também na forma de salada.

O cultivo da alface em ambiente protegido, principalmente em sistema hidropônico, vem ganhando grande importância no Brasil nos últimos anos. Além da praticidade no manejo, a limpeza e a versatilidade, esta modalidade de cultivo confere ótimas condições para reduções na utilização de produtos químicos, menor consumo de água, produção fora de época e, conseqüentemente, melhor preço, devido à alta qualidade do produto (Castellane & Araújo, 1994; Faquin et al., 1996; Resh, 1997; Paiva, 1998).

A cultura da alface é adaptada a clima ameno, sendo própria para cultivo no inverno quando atinge as maiores produções. A baixa qualidade do produto eleva o preço nesse período de verão (Delistoianov, 1997). Entretanto, existem cultivares melhoradas geneticamente com maior tolerância às temperaturas elevadas, o que possibilita seu cultivo todo o ano. De modo geral, existem dois períodos climáticos pouco favoráveis ao seu cultivo, sendo o primeiro nos meses de inverno, em que temperaturas inferiores a 10 °C retardam o crescimento (Segovia et al., 1997), e o segundo no período de verão, caracterizado por altas temperaturas, que atingem 30 °C durante o dia, e que provocam o encurtamento do ciclo vegetativo, induzindo as plantas ao florescimento prematuro e depreciando, conseqüentemente, a qualidade da alface. Jackson et al. (1999), acrescentam que temperaturas muito elevadas podem favorecer ainda a formação de cabeças pouco compactas e, também, contribuir para a ocorrência de deficiência de cálcio, conhecido como “tip burn” ou “queima dos bordos”.

A queima dos bordos em alface, é uma desordem fisiológica associada à deficiência de cálcio nas folhas da alface. Varias situações são sugeridas na literatura para a ocorrência de queima de bordos, a grande maioria delas associada às condições edafoclimáticas adversas do meio, tais como condutividade elétrica excessiva, temperatura ambiente alta, umidade relativa alta, e outros.

O Silício na agricultura

O silício é o segundo elemento mais abundante em peso na crosta terrestre, sendo o maior componente de minerais do grupo dos silicatos (RAIJ, 1991). É um elemento químico pertencente ao grupo do carbono, que normalmente não é encontrado em estado puro na natureza. Vários compostos de silício estão presentes na água, na atmosfera, em muitas plantas e nos ossos, tecidos e fluidos internos de alguns animais. O dióxido de silício (SiO₂),

vulgarmente chamado sílica, é um dos mais importantes compostos de silício que ocorrem na Natureza. Ocorre em altos teores em solos minerais, principalmente na forma de silicatos, e no quartzo (SiO_2 , mineral inerte das areias). É um elemento com propriedades condutoras e físicas de um semi-metal, desempenhando, no reino mineral, um papel cuja importância pode ser comparável ao carbono nos reinos vegetal e animal. Ocupa cerca de 23 a 35% em peso na maioria dos solos, valores de 40% podem ser encontrados em solos arenosos, e valores de apenas 9% podem ocorrer em solos tropicais mais intemperizados (TISDALE et al., 1985).

As diferentes espécies de plantas variam grandemente em sua capacidade de acumular Si nos tecidos, podendo, em função dos percentuais de SiO_2 na matéria seca, ser divididas em plantas acumuladoras, que incluem muitas gramíneas como o arroz, as quais contêm de 10% a 15% de SiO_2 ; intermediárias, com teores de SiO_2 variando de 1% a 5% (cereais, cana-de-açúcar, algumas dicotiledôneas) e não acumuladoras ($<0,5\%$ SiO_2), incluindo a maioria das dicotiledôneas, como as leguminosas e muitas espécies arbóreas (TAKAHASHI; MIYAKE, 1997; FAQUIN, 1997; MARSCHNER, 1995).

O silício é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico - H_4SiO_4 (JONES & HANDREK, 1967). Seu transporte é feito através do xilema, sendo sua distribuição dependente da transpiração dos órgãos envolvidos. Nas folhas de arroz, forma-se uma camada dupla de sílica abaixo da cutícula nas células epidérmicas. Segundo alguns autores (MALAVOLTA, 1980; MARSCHE-NER, 1986; TAKAHASHI, 1995) essa camada de sílica limita a perda d'água pelas folhas e dificulta a penetração e o desenvolvimento de hifas de fungos. Depois de solidificado abaixo da cutícula nas células epidérmicas, o silício torna-se imóvel dentro da planta.

O silício não é considerado participante do grupo de elementos minerais essenciais para o desenvolvimento das plantas cultivadas, porém as principais gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, milho, trigo, sorgo, aveia, milheto e forrageiras) e muitas não-gramíneas como feijão, tomate, brássicas e alface respondem com maior produtividade ao aumento da disponibilidade de silício no solo. Inúmeros trabalhos têm demonstrado o efeito benéfico da sua utilização em diversas culturas. A sua função estrutural na parede celular pode elevar os conteúdos de hemicelulose e lignina, aumentando a rigidez da célula. Há relatos de que atua no aumento da produção de grãos em arroz (BARBOSA FILHO et al., 2001) na tolerância ao Mn e na redução da toxicidade por Fe em feijoeiro (HORST; MARSCHNER, 1978), no aproveitamento e deslocamento do P pelo Si, que ao saturar os sítios de adsorção dos óxidos de Fe e Al da fração argila, impede ou dificulta a adsorção do P, tornando-o mais disponível em solução (LEITE, 1997; CARVALHO et al., 2000).

A ação benéfica do silício tem sido associada a diversos efeitos indiretos, como o aumento na eficiência da capacidade fotossintética, redução da transpiração, aumento da resistência mecânica das células, na resistência a insetos e doenças, na redução da acumulação tóxica de Mn, Fe e Al e outros metais pesados, e aumento na absorção do P (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995). Pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, deixando as folhas mais eretas, com diminuição do auto-sombreamento, redução no acamamento, maior rigidez estrutural dos tecidos, proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Fe, Mn, Al e Na, diminuição na incidência de patógenos e aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (Epstein, 1994; Marschner, 1995). Como função estrutural, proporciona mudanças anatômicas nos tecidos, como células epidérmicas com a parede celular mais espessa devido à deposição de sílica nas mesmas (Blaich & Grundh Fer, 1998), favorecendo a melhor arquitetura das plantas, além de aumentar a capacidade fotossintética e resistência às doenças (Bélanger & Menzies, 2003).

A adubação silicatada está envolvida na resistência de plantas a diversas doenças e anomalias fisiológicas (Jones; Handreck, 1967). A aplicação de silicato de cálcio (0,5,10 e 15 t ha⁻¹) em solo orgânico deficiente de silício na Florida proporcionou redução linear da brusone e mancha parda em plantas de arroz, com aumento das doses de silicato. (Datnoff et al, 1991). Na África, aplicações de 18,7 g de Si m² na forma de metassilicato de sódio em solo intemperizado duplicaram a concentração de silício na planta de arroz e reduziram significativamente a severidade da escaldadura das folhas, da brusone e da mancha-dos-grãos (Winslow, 1992). Além disso, a adubação silicatada pode favorecer o transporte de cálcio dentro da planta, contribuindo para a redução do aparecimento dos sintomas do tip burn. Guimarães (2004), estudando o comportamento de nove cultivares de alface submetidas a soluções nutritivas com e sem silício, verificou que as plantas que receberam o elemento apresentaram menor incidência de queima dos bordos.

Objetivos

Objetivos gerais

Verificar os efeitos da adição de silício na solução nutritiva para o cultivo de duas cultivares de alface em sistema hidropônico.

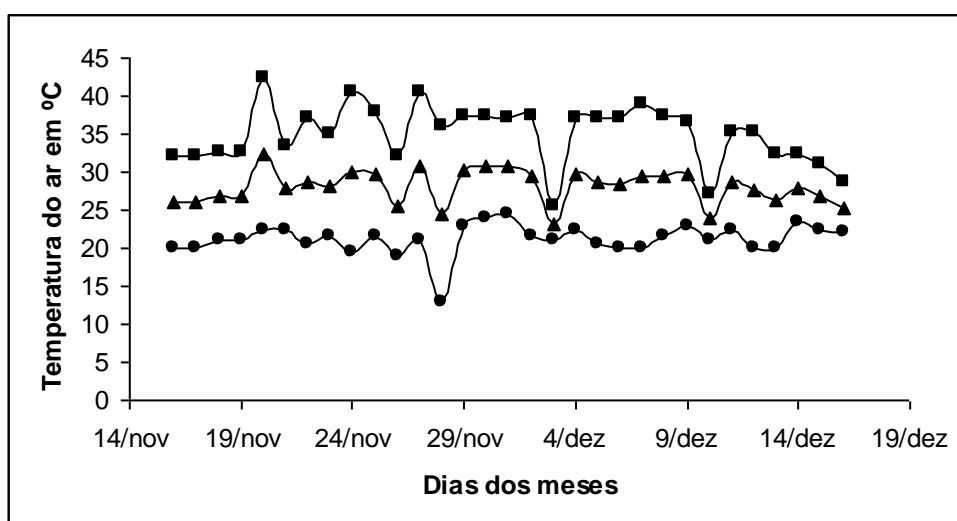
Objetivos específicos

- Estudar o comportamento de duas cultivares de alface (uma lisa e outra americana) submetidas a diferentes doses de silício adicionado na solução nutritiva.
- Determinar a dose de silício que proporciona maior produtividade de alface em hidroponia.
- Avaliar a capacidade do silício em favorecer a mobilidade do cálcio dentro da planta e em reduzir a ocorrência da queima de bordos (tip burn).

Material e métodos

Utilizou-se casa de vegetação, tipo arco, com dimensões de 7,0 x 37,0 m, pé-direito de 3,0 m e altura do vão central de 4,8 m, coberta com filme de polietileno aditivado de 150 µm, com frontais e laterais fechadas com tela de clarite. O sistema hidropônico consiste em 20 bancadas de cultivo com 2,0 m de comprimento, 4 canaletas, espaçadas de 0,25 m entre canais e 0,25 entre orifícios de plantio. A solução nutritiva foi fornecida para cada 4 bancadas por um reservatório de 1000 litros, ao qual foi conectado uma bomba de ¾ CV. Em função dos 5 conjuntos de 4 bancadas, foram utilizados 5 reservatórios de amianto, impermeabilizado com neutrol (vedacit). Os reservatórios estavam enterrados com o objetivo de evitar o aquecimento da solução. O sistema hidropônico adotado foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) com circulação intermitente.

Durante o período do experimento foram registradas a temperatura e umidade relativa do ar, utilizando respectivamente, termômetro de máxima e mínima e psicrômetro, colocados à altura do dossel das plantas, cujos valores estão apresentados na (Figura 1).



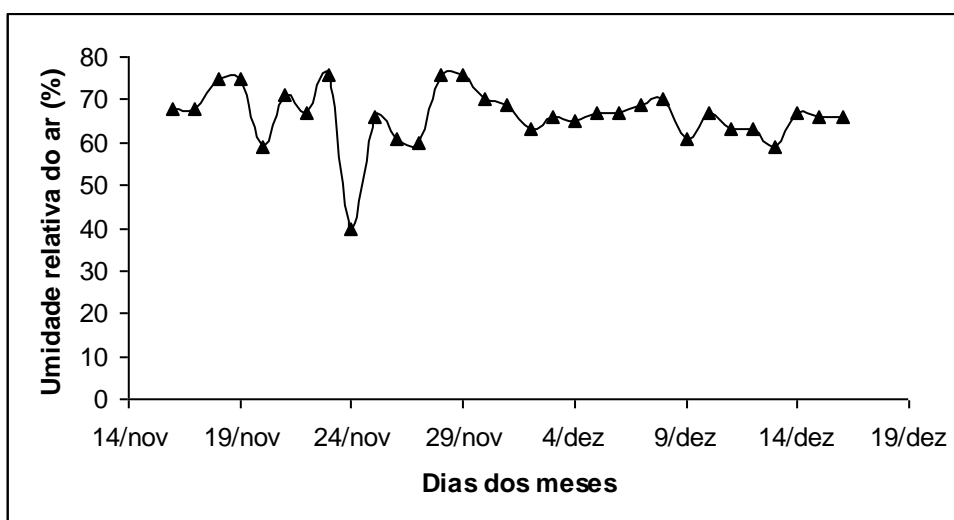


Figura 1 – Variação diária de temperatura (mínima, média e máxima) e umidade relativa do ar durante o período do experimento. Urutaí – GO, 2016

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, sendo as parcelas constituídas por 5 concentrações de silício (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mmol/L) e as subparcelas por dois cultivares: “Brasil” (tipo repolhuda) e “Grandes Lagos” (tipo americana) com 30 plantas por parcelas com 15 de cada cultivar, sendo utilizado 4 plantas úteis.

A semeadura foi realizada no dia 20/10/16, em espuma fenólica pré-lavada, utilizando-se três sementes por célula, deixando-se apenas uma após desbaste. As espumas foram acondicionadas em bandejas plásticas e foram regadas diariamente, conforme a necessidade, utilizando-se água destilada até a germinação das sementes, que ocorreu cerca de uma semana após a semeadura, a solução de “Clark” na segunda semana e a solução de “Hoagland”, da terceira semana até o transplantio. As mudas foram mantidas em estrutura coberta com tela de sombreamento de 50% nos 15 primeiros dias.

Hoagland preparada com água destilada, como segue respectivamente: 1,0; 5,0; 5,0; 2,0; 1,0; 1,0 ml.L⁻¹ de KH₂PO₄, KNO₃, Ca (NO₃)₂, MgSO₄, Micro-Fe e Fe-EDTA.

O transplantio foi realizado vinte e seis dias após a semeadura, quando as mudas atingiram o estágio de quatro folhas, sendo colocados nas bancadas em sistema NFT (Nutrient film technique), utilizando uma solução recomendada por Martinez, modificada, preparada com água de poço artesiano conforme (Tabela 1) e com diferentes doses de silício (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mmol.L).

Tabela 1 - Quantidade de sais para preparo da solução nutritiva, proposta por Martinez.

Nº	Nutrientes	
	Macronutrientes	g/1000L
01	Fosfato de monoamônio	142
02	Sulfato de amônio	26
03	Sulfato de magnésio	572
04	Nitrato de magnésio	66
05	Nitrato de cálcio	896
06	Nitrato de potássio	273
07	Cloreto de potássio	173
Micronutrientes		
Solução estoque (A)		g/L
08	Ácido bórico	0,185
09	Sulfato de cobre	0,225
10	Cloreto de ferro	12,163
11	Sódio – EDTA	16,75
Solução estoque (B)		g/L
12	Sulfato de manganês	4,461
13	Molibdato d amônio	0,247
14	Sulfato de zinco	0,431

Fertilizantes utilizados para a formulação da solução nutritiva macro e micronutrientes.

O manejo da solução foi realizado diariamente através da reposição da água consumida e do acompanhamento da condutividade elétrica (C.E) que foi mantida em uma faixa de 1,8 a 2,0 mS cm⁻¹ e correção do pH que foi realizada diariamente com uma solução de NaOH (2N) e HCl (N), mantendo-o entre 5,5 a 6,5. O ajuste do (C.E) foi efetuado todas as vezes que esta baixasse em 30% em relação a (C.E) inicial, utilizando solução estoque A e B.

O funcionamento do conjunto moto-bombas do sistema hidropônico (NFT) de circulação intermitente tinha início às 06h00min h, com programação para ligar e desligar no intervalo de 15 minutos até as 19h00min h, posteriormente voltava a ligar às 21h00min e 01h00min.

Quando todas as plantas das bancadas atingiram o ponto de colheita (tamanho comercial), que ocorreu no dia 16/12/2016, após 31 dias do transplante e 57 dias do plantio.

As características avaliadas foram:

- Diâmetro de cabeça (DC), obtido pela medição direta das plantas úteis de cada parcela, com auxílio de trena.
- Número de folhas (NF): obtido por meio da contagem de todas as folhas maiores que 5 cm de comprimento.
- Comprimento de caule (CC): tomado do colo até o ápice da planta.
- Massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR): obtida por meio da pesagem da massa fresca da parte aérea da planta (folhas + caule) e do sistema radicular (MSR).
- Massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR): após secagem da MFPA e MSPA em estufa com ventilação forçada a 65°C, até peso constante.
- Severidade de Tip burn: avaliação das plantas úteis por meio de escala de notas (0 a 4), adaptado de Pedrosa (2004), por três avaliadores.
- Composição mineral dos nutrientes Ca, Mg e K, no centro e nas bordas das folhas internas e externas.

Foram consideradas como folhas externas, as dez primeiras folhas de fora para dentro da cabeça, sendo, o restante, internas. Foi considerada como borda, a faixa de 2 cm da margem ao redor de cada folha, sendo, o restante, o centro.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. No caso de significância da fonte de variação solução (diferentes concentrações de silício), os efeitos foram estudados através de regressão, selecionando-se o modelo adequado para expressá-los por meio da significância do modelo e do valor de R^2 . Já no caso da fonte de variação cultivares, as médias foram testadas pelo teste F da análise de variância, a 95% de probabilidade.

Resultados e discussão

A análise de regressão dos dados referentes ao teor de Mg no centro das folhas externas, em função das diferentes soluções utilizadas no experimento, demonstrou que na medida em que se aumentou a concentração de silício da solução nutritiva os teores de Mg naquele tecido diminuíram, seguindo um modelo linear (Figura 2). Esse comportamento pode ser explicado por uma possível competição da absorção de Mg e silício pela planta. Entretanto, como o teor de Mg nas bordas das folhas não foi afetado pela concentração de silício na solução, a redução dos teores de Mg no centro destas folhas pode ser um reflexo da maior transpiração das bordas da folha em relação ao centro, o que seria responsável pelo maior transporte do nutriente até esta região em detrimento do centro.

$$\text{Mg FEC} \text{ — } Y = 0,484 - 0,07 x * (R^2 = 33,32 \%)$$

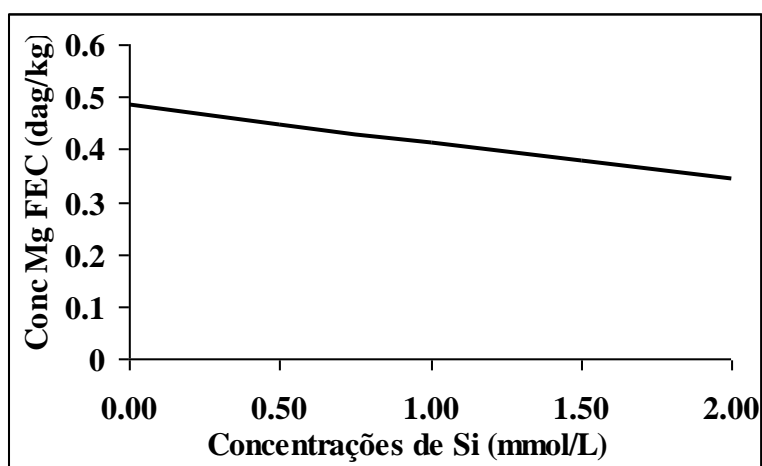


FIGURA 2. Concentração de Mg no centro de folhas externas de dois cultivares de alface, em função de diferentes concentrações de Silício na solução nutritiva. 2017.

As diferentes concentrações de silício utilizadas não influenciaram nenhuma das características relacionadas à produtividade (número de folhas, massa fresca e massa seca da parte aérea e de raízes) e à severidade dos sintomas de “tip burn”, independentemente do cultivar. Todavia, é sabido que uma das principais características do “tip burn” é a sua maior severidade na época do verão, devido ao crescimento acelerado das plantas, o que provoca uma maior demanda nutricional, principalmente nas regiões de crescimento da planta. Dessa forma, o aparecimento generalizado dos sintomas do distúrbio fisiológico, independente dos cultivares, pode ter “mascarado” os possíveis efeitos do silício na redução do aparecimento desses sintomas. Além disso, a quantidade usada do elemento (máximo de 2,0 mmol.L⁻¹) pode ter sido pequena para a época do ano em que o experimento foi conduzido.

Uma das funções do silício é a de regular a abertura dos estômatos. Assim, o silício atuaria na redução da transpiração, fotossíntese e acúmulo de massa, conforme hipótese levantada por Guimarães (2004). No presente trabalho, a temperatura do ar, que variou entre 19 e 42°C e a umidade relativa do ar, que variou entre 40 e 76%, aliados ao maior fotoperíodo durante o período do experimento, com certeza favoreceram uma maior abertura estomática, fazendo com que houvesse uma compensação da regulação da abertura dos estômatos pelo silício.

A Tabela 2 apresenta os valores médios de cada variável estudada obtidos por cada um dos cultivares. Primeiramente observa-se que o número de folhas por planta e o comprimento do caule foi maior no cultivar “Brasil” (Cv 2), enquanto o cultivar “Grandes Lagos” (Cv 1) apresentou maiores valores de massa fresca e massa seca da parte aérea e massa seca de raízes. Esses resultados já eram, de certa forma, esperados, pois se devem às características agronômicas desses cultivares.

TABELA 2. Valores médios das características avaliadas em função das cultivares de alface. 2017 ¹.

Variáveis	Americana	Lisa
Diâmetro de cabeça	34.50 a	34.52 a
Número de folhas	21.63 b	40.04 a
Comprimento de caule	13.66 b	22.70 a
Massa fresca parte aérea	432.31 a	304.56 b
Massa fresca raiz	35.25 a	32.56 a
Massa seca parte aérea	15.29 a	10.86 b
Massa seca raiz	1.22 a	1.02 b
Notas severidade Tipburn	1.44 b	2.84 a
Ca FIC	0.58 a	0.83 a
Mg FIC	0.31 a	0.37 a
K FIC	6.85 b	8.34 a
Ca FIB	0.34 b	0.84 a
Mg FIB	0.32 b	0.48 a
K FIB	4.56 b	5.63 a
Ca FEC	0.55 b	1.33 a
Mg FEC	0.28 b	0.54 a

K FEC	10.85 a	10.96 a
Ca FEB	0.60 b	1.16 a
Mg FEB	0.42 b	0.60 a
K FEB	7.63 a	7.77 a

¹ Médias seguidas por diferentes letras nas linhas diferem significativamente pelo teste F a 95% de probabilidade.

As notas atribuídas à severidade de “tip burn” mostraram, como também já se esperava, que o Cv 2, do tipo repolhuda lisa, apresentou maior severidade dos sintomas do referido distúrbio fisiológico, embora ambos os cultivares fossem afetados pelos sintomas.

A cultivar Brasil apresentou diferenças significativamente maiores para os teores de Ca, Mg e K no centro e bordos das folhas internas e externas, com exceção dos teores de Ca e Mg no centro das folhas internas e de K no centro e nos bordos das folhas externas, que apesar de também apresentarem maiores valores não foram significativas.

Esse resultado mostra que a cv. Brasil tem uma maior demanda dos nutrientes estudados em comparação ao cv. Grandes Lagos. Esse pode ser um dos motivos pelo qual o cv. Brasil, mesmo apresentando maiores teores de cálcio nos bordos das folhas internas e externas, apresentou maior severidade dos sintomas de “tip burn”, isto é, o nível crítico de cálcio para os cultivares pode ser diferente. Além disso, conforme Fontes (2003), não é aconselhável considerar a deficiência de cálcio na folha de alface como o único fator responsável pela queima dos bordos das folhas, mas sim como um fator em conjunto com as condições de manejo e de ambiente, bem com os genótipos utilizados.

Solução dentro Cultivar 1 — $Y = 32,52 + \sqrt{2,27x}$ * ($R^2 = 33,34\%$)

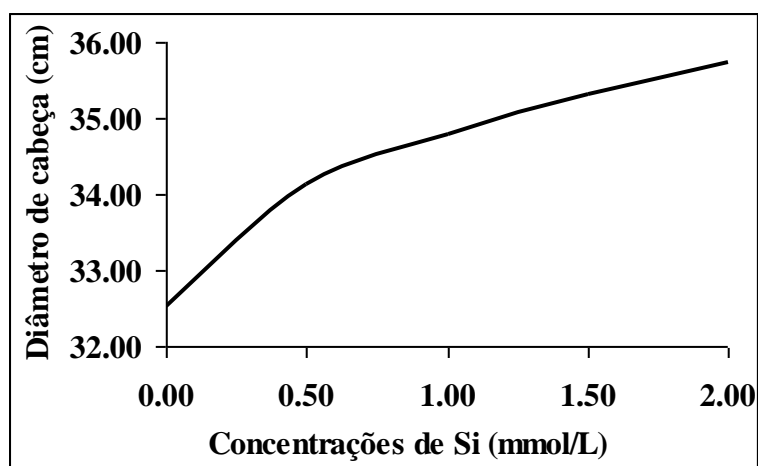


FIGURA 3. Diâmetro de cabeça de dois cultivares de alface, em função de diferentes concentrações de Silício na solução nutritiva. 2017.

Tabela 3- Concentração de macro e micro nutrientes utilizados para formulação da solução nutritiva para o cultivo da alface.

Macronutrientes	Concentração em (mmol.L ⁻¹)		
	Clark	Hoagland	Martínez
N-NO ₃ ⁻			12,47
N-NH ₄ ⁺			1,37
P-H ₂ PO ₄ ⁻			1,00
K ⁺			6,00
Ca ²⁺			4,48
Mg ²⁺			2,50
S-SO ₄ ⁻²			2,50
Micronutrientes	Concentração em (µmol.L ⁻¹)		
B	30		30
Cu	0,9		0,9
Fe	45		45
Mn	20		20
Mo	0,2		0,2
Zn	1,5		1,5

TABELA 4. Valores médios de diâmetro de cabeça de dois cultivares de alface dentro de cada dosagem de Si. 2017.

Cultivar dentro de solução

	Americana	Lisa
0	32.31 a	35.12 a
0,5	35.18 a	33.06 a
1,0	32.62 a	33.62 a
1,5	37.69 a	34.00 b
2,0	34.68 a	36.81 a

¹ Médias seguidas por diferentes letras nas linhas diferem significativamente pelo teste F a 95% de probabilidade.

Conclusões

As diferentes concentrações de silício utilizadas na solução nutritiva não provocam diferenças significativas em nenhuma das características estudadas, com exceção do teor de magnésio no centro das folhas externas, independentemente do cultivar utilizado.

O cv. Grandes Lagos, do tipo americana, apresenta maior tolerância ao distúrbio fisiológico “tip burn”, apesar de menores teores de cálcio nos bordos das folhas internas e externas em comparação ao cv. Brasil, do tipo repolhuda.

Referências Bibliográficas

BÉLANGER, R.R. & MENZIES, J.G. Use of silicon to control diseases in vegetable crops. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 36, Uberlândia, **Fitopatologia Brasileira** 28:S42-S45. 2003. (Resumo)

BLAICH, R. & GRUNDHÖFER, H. Silicate incrusts induced by powdery mildew in cell walls of different plant species. **Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz** 105:114-120. 1998.

BLISKA JUNIOR A; HONÓRIO SL. 1995. *Cartilha tecnológica de hidroponia*. Campinas: UNICAMP.

Castellane, P.D.; Araújo, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 43p.

DELISTOIANOV, F. **Produção, teores de nitrato e capacidade de rebrota de cultivares de alface, sob estufa, em hidroponia e solo, no verão e outono**. Viçosa: UFV, 1997. 76 p. (Tese mestrado).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária hortaliças. Disponível na Internet: <http://www.cnph.embrapa.br/util/tabelas> em janeiro de 2006.

Faquin, V.; Furtini Neto, A.E.; Vilela, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 50p.

FAQUIM V; FURTINI PR.1999. Cultivo de hortaliças em hidroponia em ambiente protegido. Informe Agropecuário 20:99-104.

Filgueira, F.A.R. Asteráceas - alface e outras hortaliças herbáceas. In: **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. v.1, p.289-295.

FURLANI, PCR.1998. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: Instituto Agrônomo. 30 p. (Boletim técnico, 180)

GUIMARÃES S.2004. *Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com silício*.Uberlândia:UFU.30p (Tese de mestrado)

Jackson, L.; Mayberry, K.; Laemmlen, F.; Koike, S.; Schluback, K. **Iceberg lettuce production in California**: Disponível em: <http://www.vegetablecrops.ucdavis>. Acesso em: 24 de outubro 1999.

MARTINEZ, HEP.1997. *Formulações de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais*.Jaboticabal:FUNEP.31P.

MARTINEZ, HEP.2002. *O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa*.Viçosa:UFV.

Paiva, M.C. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**. Cuiabá: Sebrae-MT, 1998.78p.

Resh, H.M. **Cultivos hidropônicos; nuevas técnicas de producción** 4.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997. 553p.

Segovia, O.F.J.; Andriolo, L.J.; Buriol, A.G.; Schneider, M.F. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.37-41, 1997.