

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
DIRETORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MILHO DOCE
PULVERIZADO COM SILÍCIO E SUBMETIDO AO
DÉFICIT HÍDRICO**

Autora: Débora Christian Assis Ferreira

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
DIRETORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MILHO DOCE
PULVERIZADO COM SILÍCIO E SUBMETIDO AO
DÉFICIT HÍDRICO**

Autora: Débora Christian Assis Ferreira

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração Agronomia.

Morrinhos - GO
Maio - 2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal Goiano**

F383q Ferreira, Débora Christian Assis.

Qualidade pós-colheita de milho doce pulverizado com silício e submetido ao déficit hídrico. Débora Christian Assis Ferreira; orientador Alexandre Igor de Azevedo Pereira. -- Morrinhos, 2016.

36 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura) -- Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2016.

1. Hortaliça. 2. Estresse. 3. Silicato de Potássio. I. Pereira, Alexandre Igor de Azevedo, orient. II. Título.

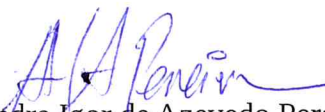
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MILHO DOCE
PULVERIZADO COM SILÍCIO E SUBMETIDO AO DÉFICIT
HÍDRICO

Autor: Débora Christian Assis Ferreira
Orientador: Alexandre Igor de Azevedo Pereira

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração Sistema de
Produção em Olerícolas.

APROVADA em 20 de maio de 2016.



Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira
Presidente da Banca



Prof^a. Dr^a. Clarice Aparecida Megguer
Avaliadora interna
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof^a. Dr^a. Abadia dos Reis Nascimento
Avaliadora externa
Universidade Federal de Goiás

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de viver.

Aos meus pais, Nelson Donizete Ferreira e Nilva d'Arc de Assis Ferreira, pelo incentivo ao estudo, ao meu irmão Nelson Donizete Ferreira Júnior pela convivência diária e por ter que me “suportar”. À minha família, um agradecimento especial por todo amor, carinho, compreensão e respeito, dedicados a mim.

Agradeço ao meu professor e orientador Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira pela constante ajuda, colaboração e apoio na elaboração e desenvolvimento deste trabalho, e ainda pela dedicação, orientação e paciência. Agradeço também às professoras, membros da Banca Examinadora, Clarice Aparecida Megguer e Abadia dos Reis Nascimento por terem atendido a este convite para desempenhar esse papel, dispondo de seu tempo e conhecimento para analisar meu trabalho.

Por fim, e não menos importante, aos meus colegas de sala, pela ajuda e apoio. Aproveito ainda para agradecer-los, pois me ajudaram na realização deste trabalho, participando ativamente do mesmo, seja pelas ideias, seja pelas palavras de apoio, e destes, em especial, agradeço ao meu noivo Lincoln Luís França pelo carinho e por não medir esforços em me ajudar.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Débora Christian Assis Ferreira nasceu em Ipameri/GO em 27/03/1991, radicou-se e sempre residiu em Urutaí/GO, filha de Nelson Donizete Ferreira e Nilva d’Arc de Assis Ferreira. Possui graduação em Tecnologia em Alimentos e Gestão da Tecnologia da Informação pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí (2010 e 2011, respectivamente) e especialização em Docência do Ensino Superior (2012). Atualmente é Técnica Administrativa do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Área experimental.....	15
3.2 Clima e Solo.....	15
3.3 Preparo do solo, calagem e adubação	16
3.4 Cultivar de milho doce utilizada.....	16
3.5 Sistema de irrigação e manejo da irrigação	16
3.6 Manejo da irrigação com base no teor de água no solo.....	17
3.7 Design experimental	17
3.8 Parâmetros quantificados.....	18
3.9 Análises Estatísticas	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Propriedades químicas do solo utilizado no experimento. Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2015.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Atributos pós-colheita de milho doce (<i>Zea mays</i> L.) submetido, ou não, ao estresse hídrico e doses de Silicato de Potássio como indutor de resistência qualitativa.....	20
Figura 2. Resíduo mineral fixo (g/100g) (Média ± erro padrão) de grãos de milho doce (<i>Zeamays</i> L.) provenientes de plantas submetidas, ou não, ao estresse hídrico e doses de Silicato de Potássio como indutor de resistência qualitativa.....	25
Figura 3. Amido quantitativo (g/100g) (Média ± erro padrão) de grãos de milho doce (<i>Zeamays</i> L.) proveniente de plantas submetidas a diferentes tensões de água no solo (A) ou doses de Silicato de Potássio (B).....	26

RESUMO

FERREIRA, DÉBORA CHRISTIAN ASSIS. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos - GO, maio de 2016. **Qualidade pós-colheita de milho doce pulverizado com silício e submetido ao déficit hídrico**. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira.

O milho doce é uma hortaliça direcionada para o processamento industrial, sendo, via de regra pouco difundida para o consumo *in natura* pelo restrito número de cultivares adaptadas ao clima tropical no Brasil. O uso do Silício na agricultura apresenta resultados promissores por servir como indutor de resistência para plantas de importância econômica contra o ataque de pragas, doenças e estresse hídrico. O estresse hídrico compromete a produção e qualidade do milho doce. Todavia, poucos são os trabalhos que investigam a qualidade pós-colheita de estruturas produtivas das plantas submetidas à pulverização foliar com Si. O objetivo deste trabalho foi avaliar a hipótese de que plantas de milho, submetidas à aplicação de Si, são capazes de manter a qualidade na pós-colheita quando submetidas ao estresse hídrico. Usou-se delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2, sendo duas doses de silicato de potássio (0 e 3 L/ha) e duas tensões de água no solo (-15 e -60 kPa), totalizando 4 tratamentos, com quatro repetições. A umidade, resíduo mineral fixo, lipídeos, proteínas, carboidratos totais, valor calórico total, acidez alcoólica, açúcares totais, açúcares redutores em glicose, amido quantitativo, pH e sólidos totais foram os parâmetros de pós-colheita avaliados. A manutenção da qualidade pós-colheita do milho doce sob estresse hídrico foi observada com pulverizações foliares de Si nas plantas. Sem Si e sob estresse hídrico, as plantas de milho doce produziram estruturas produtivas de pior qualidade pós-colheita.

PALAVRAS-CHAVE: Hortaliça, estresse, silicato de potássio.

ABSTRACT

Sweet corn is a vegetable directed to the industrial processing, and little known for fresh consumption by the small number of cultivars adapted to tropical climate in Brazil. The use of silicon in agriculture shows promising results for serving as resistance inducer for plants of economic importance against the attack of pests, diseases and drought stress. Water stress compromises the yield and quality of sweet corn. However, there are few studies investigating the postharvest quality of productive structures of plants subjected to foliar spray with Si. The objective of this study was to evaluate the hypothesis that corn plants, subject to the application of Si, are able to maintain the quality in post-harvest when subjected to water stress. It used a randomized block design, in 2x2 factorial design, with two doses of potassium silicate (0 and 3 L / ha) and two water tension in the soil (-15 and -60 kPa), totaling 4 treatments with four repetitions. The moisture, fixed mineral residue, lipid, protein, total carbohydrates, total energy intake, alcohol acidity, total sugars, reducing sugars into glucose, quantitative starch, pH and total solids were evaluated postharvest parameters. The maintenance of postharvest quality of sweet corn under water stress was observed with foliar sprays of Si in plants. Without Si and under water stress, the sweet corn plant produced productive structures of poor postharvest quality.

KEYWORDS: Vegetables, stress, potassium silicate.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de milho comum do mundo, e também apresenta grande potencial para produção de milho doce. No entanto, há pouco conhecimento por parte dos consumidores deste produto, além da baixa disponibilidade de sementes para os agricultores. Tais fatores restringem o cultivo desta planta (TEIXEIRA et al., 2001). O cultivo nacional do milho doce ocupa aproximadamente 36 mil hectares, e movimenta cerca de R\$ 550 milhões por ano (BARBIERI, 2008), e a produção de milho-doce está concentrada nos estados de Goiás, destacando-se como o maior produtor, com 28.000 ha, seguido de São Paulo, com 4.000 ha, Rio Grande do Sul, com 3.000 ha e Minas Gerais, com 1.000 ha (PEREIRA & TEIXEIRA, 2016). Explicado pelo crescente número de indústrias processadoras de vegetais instaladas nestas regiões, bem como a identificação desta cultura como uma excelente alternativa para áreas irrigadas com pivô-central, o milho-doce vem ganhando espaço nestes estados (MAGGIO, 2006).

Um dos fatores que não permitem difundir mais rapidamente o consumo do milho doce entre os brasileiros é a falta de cultivares adaptadas às nossas condições de ambiente, na sua quase totalidade, tropical. (PEREIRA & TEIXEIRA, 2016)

De acordo com Maggio (2006), Goiás tem atraído as maiores indústrias processadoras devido aos programas de incentivos fiscais, e principalmente pela possibilidade de cultivo durante todo o ano. O fato de obter processamento durante todo o ano resultou em indústrias extremamente competitivas no cenário nacional e internacional.

O milho doce pode ser destacado pela maior palatabilidade, tornando-se uma importante fonte de renda no Brasil, notadamente em regiões semiáridas, já que tem um

maior valor agregado e pode ser comercializado na forma *miniprocessada* (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007).

Os estudos de tolerância à seca envolvendo o milho podem trazer melhorias no seu desenvolvimento e rendimento em regiões com limitação hídrica (LI et al., 2009), pois essa planta possui certa resistência ao estresse hídrico (WELCKER et al., 2007). O veranico é a maior fonte de instabilidade do rendimento de grãos de milho, em áreas de Cerrado. As estimativas de perdas na produção de milho, causadas pelo déficit hídrico, estão entre 14% e 28% do total produzido (SANTOS et al., 2003). Considerando que o rendimento de grãos é o resultado da integração de vários processos, é necessário, portanto, estabelecer de que maneira estes componentes são afetados pelo déficit hídrico.

Segundo Korndörfer (2006) o silício (Si) é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, porém sua disponibilidade para as plantas está associada não só à quantidade do elemento no solo, mas também, à sua forma e solubilidade, capacidade assimilativa da planta e às condições ambientais. Após absorvido, o Si é transportado e depositado logo abaixo da cutícula vegetal, formando uma dupla camada de silício-cutícula que confere proteção contra fatores abióticos, toxidez por elementos, salinidade, geada e fatores bióticos, como o ataque de insetos e doenças (EPSTEIN 1999; MA; YAMAGI, 2006; RANGANATHAN et al., 2006).

Apesar de não ser ainda amplamente utilizada pelos agricultores brasileiros (PRADO, 2000), contrariamente ao que se nota em outros países, a adubação silicatada tem sido referida como uma tecnologia promissora para reduzir os efeitos negativos dos fatores que causam estresse nas plantas (MA & YAMAJI, 2006) tanto químicos, como físicos, além de vários outros (EPSTEIN, 1999; MA & TAKAHASHI, 2002; RICHMOND & SUSSMAN, 2003; MA, 2004). Segundo Korndörfer et al. (2003) a acumulação de silício nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de silício, na qual pela redução da transpiração, diminui a exigência de água pelas plantas, concordando assim com Faria (2000) ao afirmar que quanto maior o teor de Si na planta, maior a sua resistência à seca.

O silício é um elemento considerado não essencial para o crescimento das plantas (PRADO et al., 2003), que além de reduzir a transpiração amenizando o déficit hídrico das plantas, o mesmo pode ainda aumentar sua tolerância ao manganês através da redução da sua toxidez devido o fortalecimento proporcionado pela própria absorção (REIS et al., 2007).

As alterações metabólicas e estruturais causadas pelo silício podem influenciar as características sensoriais dos produtos, como na cultura do morango observado por Henrique & Cereda (1999), melhorando a vida útil pós-colheita, taxa respiratória e a suscetibilidade ao desenvolvimento de agentes patogênicos. A utilização do Si via foliar foi capaz de promover o aumento dos teores de açúcares totais e glicose em morango (FIGUEIREDO et al., 2010) e rendimento de óleo essencial em orégano (DORDAS, 2009).

Os efeitos benéficos do Si têm sido demonstrados em várias espécies vegetais, especialmente quando essas plantas são submetidas a algum tipo de estresse, seja ele de caráter biótico ou abiótico (FARIA, 2000; DATNOFF et al., 2001). Gramíneas, em geral, são classificadas como acumuladoras de Si (com teor elevado de Si na matéria seca, sendo a absorção ligada à respiração aeróbia) e os depósitos desse elemento encontrados nas paredes celulares, no lúmen celular e em localizações extracelulares (YOSHIDA, 1965).

2. OBJETIVOS

Objetivou-se com o presente trabalho identificar se o Silicato de Potássio seria capaz de manter a qualidade em atributos de pós-colheita de plantas de milho doce sob condições de estresse hídrico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi realizado no setor de Olericultura Experimental do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Urutaí, localizado na Fazenda Palmital – Rodovia Geraldo Silva Nascimento Km 2,5, zona rural, município de Urutaí, Estado de Goiás, cujas coordenadas geográficas são: 17°29'10" S de latitude e 48°12'38" O de longitude, a 697m de altitude.

As plantas de milho doce foram mantidas em casa de vegetação do tipo arco simples, com orientação Leste-Oeste e dimensões de 30 m de comprimento, 7 m de largura, pé-direito de 3,0 m e altura de arco de 1,2 m. Esta estrutura é coberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura, e suas laterais são constituídas de tela anti-afídeos.

3.2 Clima e Solo

O clima da região é classificado como tropical de altitude com inverno seco e verão chuvoso, do tipo Cwb pela classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1000 a 1500 mm, com umidade relativa média do ar de 71%. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Amostras de solo de 0 a 20 cm de profundidade coletadas no interior da casa de vegetação e analisadas no Laboratório de Solos do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, indicam, abaixo, as características químicas do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades químicas do solo utilizado no experimento. Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2015.

	pH	P	S- SO ₄ ⁼	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Cu	Fe	Mn	Zn
Agua		mg/ dm ⁻³	mg/ dm ⁻³	Cmolc/ dm ⁻³	Cmolc/ dm ⁻³	Cmolc/ dm ⁻³	Cmolc/ dm ⁻³	Cmolc/ dm ⁻³	mg/ dm ⁻³	mg/ dm ⁻³	mg/ dm ⁻³	mg/ dm ⁻³
0-20 cm	6,05	11,96	23,78	0,09	19,8	3,9	0,10	4,0	9,3	86,1	29,9	148,4
20-40 cm	6,32	7,04	24,23	0,09	21,0	3,1	0,10	2,8	8,5	79,5	30,6	111,1

3.3 Preparo do solo, calagem e adubação

O preparo do solo foi realizado através de aração mecanizada e posteriormente correção com base na análise do solo, que de acordo com Alvarenga (2013) não foi necessário se fazer a correção com calcário. A adubação foi realizada na linha de plantio, com as doses recomendadas de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio, bem como micronutrientes seguindo recomendações técnicas específicas para a cultura conforme proposto por Alvarenga (2013) e em seguida foi realizada a semeadura do milho doce *Tropical Plus*.

3.4 Cultivar de milho doce utilizada

A variedade utilizada foi a *Tropical Plus* (cultivar da Syngenta), que é um híbrido super precoce (MARIN, 2007). É a variedade mais cultivada de milho doce (verde) no Brasil, e foi desenvolvido e comercializado pela Syngenta. Além do *Tropical Plus*, a Syngenta também possui o híbrido *RB6324* e o híbrido *Explendor* (PEREIRA; CRUZ, 2003).

O híbrido *Tropical* tem como característica boa adaptação às condições de plantio nas diferentes regiões produtoras do Brasil, com alto potencial produtivo, resistência às principais doenças, além de coloração de grão amarelo-claro, pericarpo fino e sabor adocicado (SYNGENTA, 2016).

3.5 Sistema de irrigação e manejo da irrigação

Para o cultivar do experimento, adotou-se o sistema de irrigação localizada por gotejamento, linha lateral de irrigação de 16 mm de diâmetro com emissores espaçados

a 0,30 m. Foram instaladas duas linhas laterais por parcela, espaçadas entre si a 0,25 m. Os emissores forneceram uma vazão de $1,6 \text{ L h}^{-1}$ e trabalhavam com pressão de serviço de 10 m.c.a. O sistema de bombeamento foi composto por conjunto motobomba de $\frac{1}{4}$ cv. Logo após o sistema de bombeamento foram instalados registros e manômetros para aferição do sistema de irrigação, com um filtro de tela de 120 mesh.

3.6 Manejo da irrigação com base no teor de água no solo

O manejo de irrigação no experimento foi realizado com o auxílio das curvas de retenção de água no solo. Dois tensiômetros de punção foram instalados em cada parcela experimental, totalizando 32 tensiômetros utilizados no projeto, porém, para determinação da lâmina de irrigação com o auxílio da curva de retenção, nos primeiros 50 dias após a semeadura, foram escolhidos os tensiômetros instalados a 0,10 m e 0,20 m de profundidade e após este período, esses tensiômetros foram aprofundados para 0,40 metros.

3.7 Design experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×2 , sendo duas doses de silicato de potássio (0 e 3 L/ha) e duas tensões de água no solo (-15 e -60 kPa), totalizando 4 tratamentos, com quatro repetições. As doses de silicato de potássio utilizadas na presente pesquisa foram estabelecidas de acordo com a recomendação geral de utilização de silício solúvel proposta por Reis et al. (2007).

O experimento foi constituído por 4 canteiros de linhas duplas (8 fileiras de linhas laterais). As doses de silicato de potássio foram aplicadas via foliar, com pulverizador costal de ação manual de 20L e nas duas linhas laterais, correspondentes a uma parcela, as doses foram aplicadas em 8 plantas (4 consecutivas), sendo as 6 plantas centrais a parcela útil, para cada linha lateral, as aplicações iniciaram-se 38 dias após a germinação, e se estenderam até o final do ciclo da cultura, sendo repetidas semanalmente.

3.8 Atributos quantificados

Para determinação da qualidade pós-colheita dos grãos do milho doce em função dos tratamentos, foram quantificados os seguintes atributos: Umidade (g/100g) determinada por perda por dessecação à vácuo (IAL, 2004), Resíduo Mineral Fixo (g/100g) determinado por incineração (IAL, 2004), Lipídeos (g/100g) determinados por Bligh Dyer (BLIGH & DYER, 1959), Proteínas (g/100g) determinadas pelo Método Micro – Kjeldahl (IAL, 2004), Carboidratos Totais (g/100g) calculados por diferença – inclui fibras (UNICAMP, 2011), Valor Calórico Total (Kcal/100g) determinado pelo Sistema Atwater (FAO, 2003), Acidez Alcoólica (mL sol M% v/m) determinada por titulação (IAL, 2004), Açúcares Totais (g/100g) determinados pelo Método de Lane-Eynon (IAL, 2004), Açúcares Redutores em Glicose (g/100g) determinados pelo Método de Lane-Eynon (IAL, 2004), Amido quantitativo (g/100g) determinado pelo Método de Lane-Eynon (IAL, 2004), pH determinado por Phmetro (IAL, 2004) e Sólidos Totais (g/100g) determinados por perda por dessecação à vácuo (IAL, 2004). Todas as análises pós-colheita foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos (LCQA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), Faculdade de Farmácia.

3.9 Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e a média dos dados, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas (Ribeiro Júnior, 2001) da Universidade Federal de Viçosa. O Programa SigmaPlot foi utilizado para apresentar os resultados no formato de gráfico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de umidade dos grãos de milho doce ($F= 257,49$; $P= 0,00$; $CV= 0,18$), lipídeos ($F= 21,74$; $P= 0,00$; $CV= 4,66$), proteínas ($F= 22,13$; $P= 0,00$; $CV= 2,50$), carboidratos totais ($F= 50,90$; $P= 0,00$; $CV= 0,96$), valor calórico total ($F= 186,43$; $P= 0,00$; $CV= 0,72$), açúcares totais ($F= 6,42$; $P= 0,03$; $CV= 0,49$), açúcares redutores em glicose ($F= 6,00$; $P= 0,03$; $CV= 0,48$), pH ($F= 7,14$; $P= 0,02$; $CV= 0,23$) e sólidos totais ($F= 257,54$; $P= 0,00$; $CV= 0,51$) sofreram influência da interação entre as tensões de água no solo e as doses de silicato de potássio utilizadas no presente trabalho.

A quantidade de resíduos minerais fixos das amostras de milho doce sofreu interferência, apenas, do fator tensão de água no solo considerado de forma isolada ($F= 7,92$; $P= 0,02$; $CV= 4,37$). Para a acidez alcoólica, nenhum dos fatores considerados de forma isolada para tensão ($F= 0,17$; $P> 0,05$; $CV= 4,60$), silício ($F= 0,00$; $P> 0,05$; $CV= 4,60$) ou sob interação ($F= 0,77$; $P> 0,05$; $CV= 4,60$) foram significativos. Enquanto que para o teor de amido quantitativo apenas os fatores tensão ($F= 7,71$; $P= 0,02$; $CV= 0,09$) e silício ($F= 877,71$; $P= 0,00$; $CV= 0,09$), considerados de forma isolada, foram significativos em comparação com a interação entre os fatores investigados ($F= 0,85$; $P> 0,05$; $CV= 0,09$).

O milho é o cereal que apresenta maior número final de produtos industrializados, devido ao alto teor de carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas (ARAGÃO, 2002). Segundo Chitarra & Chitarra (2005), perdas de massa de ordem 3% a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, mas alguns produtos são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade. Em outros estudos, foi observada maior massa fresca em hastes de mini rosas tratadas com silício via foliar e fertirrigação (HWANG et al., 2005), maior massa seca em girassol (GUNES et al., 2008; CARVALHO et al., 2009), e maior massa fresca e seca em rosas (EHRET et al., 2005).

De acordo com Shia & Wang (1998), uma relação de processos, estruturas e características das plantas que podem ser influenciados pelo silício mostram o significado deste elemento na vida e no rendimento das plantas, dentre eles: neutralização do alumínio tóxico do solo, diminuição da toxidez causada pelo manganês e outros metais pesados; diminuição da transpiração excessiva, aumentando assim a resistência a veranicos; aumento da proteção contra temperaturas extremas, altas ou baixas, e ao estresse salino; aumenta a produção de carboidratos e açúcares (SHI et al, 2001).

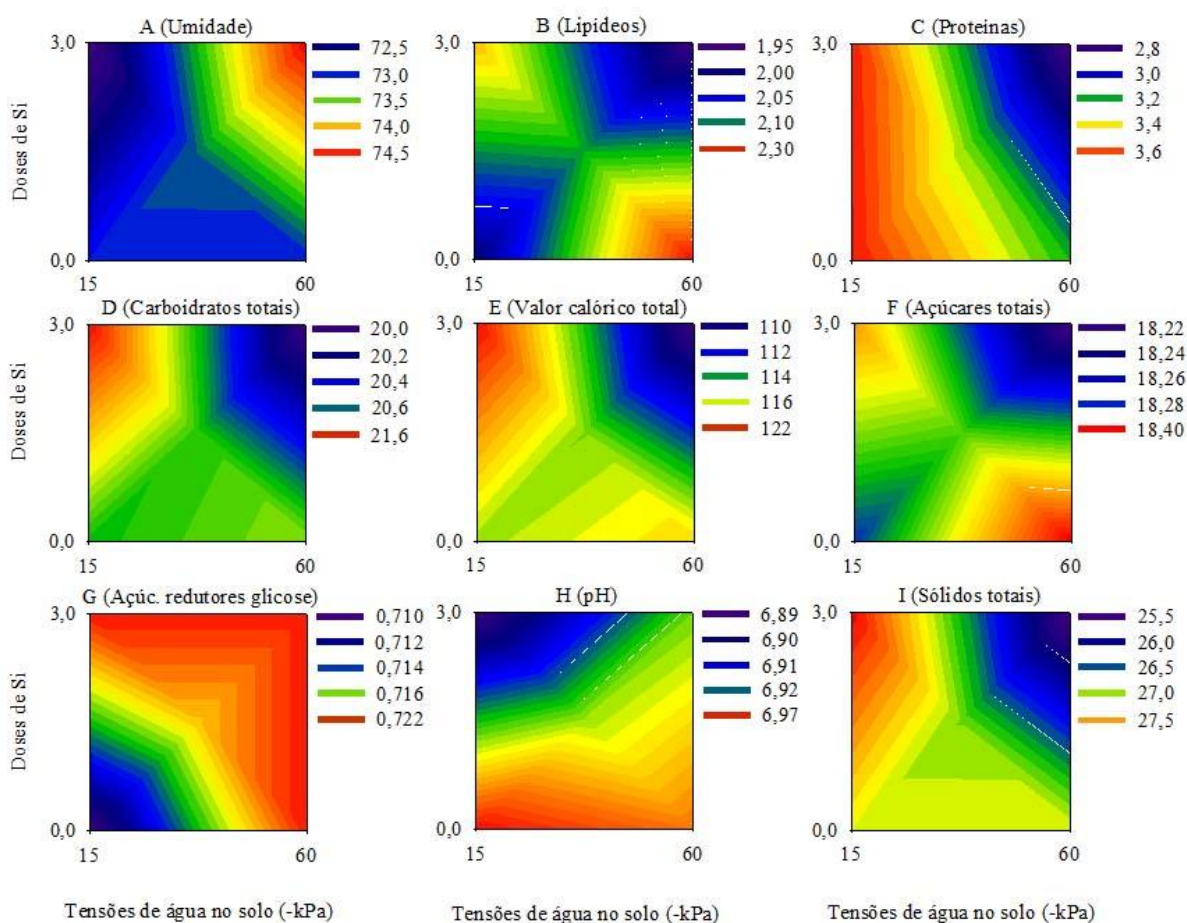


Figura 1. Atributos pós-colheita de milho doce (*Zea mays* L.) submetido, ou não, ao estresse hídrico e doses de Silicato de Potássio como indutor de resistência qualitativa.

As plantas de milho doce submetidas à tensão de -60 kPa e dose 3 de silício originaram grãos com maior teor de umidade ($74,58 \pm 0,10$ g) em comparação com aqueles submetidos a -15 kPa e mesma dose de silício ($72,03 \pm 0,02$ g) ($F= 569,56$; $P= 0,00$; $CV= 0,17$) (Figura 1A). Sem aplicação de Si, as plantas de milho doce originaram

grãos com valores semelhantes de umidade nas tensões de -15 ($72,90 \pm 0,01$ g) e -60 kPa ($72,91 \pm 0,11$ g) (Figura 7A) ($F= 0,007$; $P> 0,05$; $CV= 0,19$).

Portanto, esse maior teor de umidade na presença de silício pode ser explicado devido ao fato de o silício depois de absorvido ser translocado e depositado na parede celular da planta, formando uma dupla parede silício-cutícula, camada essa que tem a capacidade de reter a perda de água da planta para a atmosfera. Plantas suplementadas com silício tendem a apresentar maior resistência a estresse hídrico, o que reforça a afirmação do papel do silício na tolerância das plantas ao estresse hídrico (FARIA, 2000). Embora não considerado essencial às plantas, porém benéfico, o silício (Si) tem aumentado a resistência de várias espécies de plantas às pragas, doenças, bem como a diversos tipos de estresses abióticos tais como altas temperaturas, falta de água no solo e toxidez de ferro e manganês às raízes quando teores elevados desses elementos se acumulam nos tecidos dessas espécies, na sua maioria monocotiledôneas (MITANI & MA, 2005; DATNOFF et al., 2007).

O teor de lipídeos presente nos grãos de milho doce foi maior na ausência de Si ($2,28 \pm 0,04$ g) em comparação com sua presença ($1,95 \pm 0,01$ g) na tensão de -60 kPa ($F= 52,27$; $P= 0,00$; $CV= 2,63$) (Figura 1B), enquanto no teor de lipídeos dos grãos na tensão de -15 kPa com presença ou ausência de Si ($F= 3,62$; $P= 0,12$; $CV= 6,07$) (Figura 1B), não houve diferença significativa.

O teor de lipídeos do milho está em torno de 4% (PAES, 2006). Durante o processo infeccioso por patógenos necrotróficos ou hemibiotróficos, os danos físicos por eles ocasionados à membrana plasmática celular causam a degradação dos lipídeos pela ação das lipoxigenases, gerando hidroperóxidos dos ácidos graxos correspondentes e a expressão da resistência de algumas plantas a patógenos (SILVA et al., 2001). Sendo assim, como a dose de silício não influenciou no teor de lipídeos nos frutos pepinos no trabalho de LIANG et al. (2005), parte-se do pressuposto que a aplicação do mesmo não influenciou na resistência dos frutos a patógenos (DATNOFF et al., 2007), assim como neste trabalho.

Maiores teores de proteínas foram encontrados nos grãos cujas plantas de milho doce foram submetidas à tensão de -15 kPa, com presença ($3,63 \pm 0,08$ g) ou ausência ($3,65 \pm 0,03$ g) de Si em comparação à tensão de -60 kPa com ou sem Si (Figura 1C).

De acordo com a composição do milho doce, a proteína apresenta-se em menor proporção que os carboidratos e os lipídeos. As proteínas mais abundantes são as glutelinas e as prolaminas (80 – 90 %). O milho doce comparado com o milho comum

apresenta 38,8 % e 0,0 % de proteínas solúveis em água na matéria seca, respectivamente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000, PAES, 2006). Mudanças metabólicas foram observadas por Al-Aghabary et al. (2004), na qual a adição de Si resultou em aumento no teor de proteínas em 13,3% em frutos de tomate, comparado ao tratamento livre de Si. O mesmo não foi observado neste trabalho, no qual a aplicação de silício não foi capaz de alterar o teor de proteínas, apenas o estresse aumentou esse valor.

Para o teor de carboidratos totais os maiores valores foram encontrados na tensão de -15 kPa e presença de Si ($21,45 \pm 0,09$ g) em comparação com a ausência de Si ($20,70 \pm 0,14$ g) ($F= 18,29$; $P= 0,01$; $CV= 1,01$) (Figura 1D). Menores valores de carboidratos nos grãos de milho doce foram encontrados na tensão de -60 kPa e presença de Si ($19,95 \pm 0,11$ g) (Figura 1D).

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (Lecoeur & Sinclair, 1996); assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (Taiz & Zeiger, 1991). Os carboidratos são os componentes mais importantes nos cereais, formando 83% da matéria seca total das sementes de milho. Entre os carboidratos mais importantes estão os açúcares e o amido. Segundo Shi et al (2001) a utilização do silício aumenta a produção de carboidratos e açúcares em plantas. Especificamente para a cultura da cenoura, Figueiredo et al. (2007) relataram que a aplicação de silício melhora a arquitetura das folhas, deixando-as mais eretas, o que promove uma melhor interceptação de luz, refletindo na fotossíntese, no aumento da produção de carboidratos e na produtividade (INANAGA et al., 1995), assim como neste trabalho, em que o silício também aumentou o teor de carboidratos.

Menores valores calóricos totais dos grãos de milho doce foram observados na tensão de -60 kPa e presença de silicato de potássio ($108,33 \pm 0,51$ Kcal) em comparação com sua ausência ($116,76 \pm 0,64$ Kcal) na mesma tensão ($F= 105,20$; $P= 0,00$; $CV= 0,89$). Os maiores valores calóricos totais foram observados na tensão de -15 kPa e dose 3 de silicato de potássio ($120,14 \pm 0,25$ Kcal) (Figura 1E).

Segundo Franco (2005) a composição química e o valor energético a cada 100g do milho doce “*in natura*” são: 386,50 cal de calorías, 66,72g de glicídios, 11,62g de proteínas, 8,13g de lipídeos, 9mg de cálcio, 182mg de fósforo e 0,32mg de ferro. Nesse trabalho o resultado do valor calórico, proteínas, carboidratos, lipídios foram maiores na

menor tensão de água no solo e maior dose de silício. Quando submetidos a déficit hídrico todos os parâmetros anteriores apresentaram menores valores com ou sem a presença de silício, o que nos indica que para esses parâmetros o diferencial é a quantidade de água disponível.

As plantas de milho doce submetidas ao estresse hídrico (-60 kPa) e ausência de Si ($18,40 \pm 0,02$ g) geraram grãos com maiores teores de açúcares totais em comparação com aquelas com aplicação de Si na mesma tensão ($18,21 \pm 0,03$ g) (F= 15,26; P= 0,01; CV= 0,31) (Figura 1F). Resultado esse que contradiz Figueiredo et al. (2010) que relatou o aumento dos teores de açúcares totais e glicose em morango na utilização do Si via foliar.

O menor teor de açúcares redutores em glicose nos grãos de milho doce foi encontrado quando as plantas foram submetidas à capacidade de campo (-15 kPa) e sem aplicação de Si ($0,71 \pm 0,03$ g) em comparação com aquelas plantas onde pulverizou-se Si na mesma tensão ($0,72 \pm 0,02$ g) (F= 3,00; P= 0,01; CV= 0,48) (Figura 1G).

O milho doce pode perder até 14 % do seu teor de açúcares quando armazenado a 20°C por um período de apenas três horas. Essa perda pode ser reduzida a 4 % em 24 horas e de 7 a 8 % em 72 horas a 0°C (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Segundo Creech (1968), o teor de açúcares redutores é maior nos primeiros estágios de amadurecimento. Além disso, o avanço da maturação promove a conversão de maior parte dos açúcares livres em amido (KAYS, 1991). O termo “maior teor de açúcares” do milho doce inviabiliza o processamento de alguns pratos, como o cural e a pamonha, por causa do teor de amido (PEREIRA FILHO; CRUZ; GAMA, 2003). Sendo assim, a aplicação de silicato de potássio se mostra uma interessante ferramenta quando se busca a manutenção dos teores de açúcares em milho doce.

O valor de pH dos grãos de milho doce sem aplicação de Si foi maior na ausência de Si ($6,96 \pm 0,01$) do que na presença ($6,89 \pm 0,08$) para a tensão de -15 kPa (F= 17,29; P= 0,01; CV= 0,29) (Figura 1H).

O decréscimo de pH observado no tratamento com Si, contradiz o proposto por Kader (1986) que afirma que em função da resposta do tecido ao neutralizar a acidez gerada pelo CO₂ ou ao aumento da população de microrganismos (MARTH, 1998) o valor do pH tende a aumentar com a aplicação de silício. Quanto à última afirmação, não se pode confirmar a mesma, pois não foram realizadas análises microbiológicas no milho doce. Em morango, Miyake e Takahashi (1986), utilizando silicato de potássio, verificaram mudanças metabólicas na planta, tais como o aumento nos níveis de ácido

cítrico e ácido málico. O pH e a acidez são fatores de extrema importância quando se analisa o nível de aceitação de um produto pelo consumidor, pois frutos excessivamente ácidos são rejeitados pelo consumidor (BORGUINI, 2002).

A presença de Si aumentou o teor de sólidos totais dos grãos de milho na tensão de -15 kPa ($27,96 \pm 0,00$ g) em comparação com a ausência ($27,10 \pm 0,01$ g) ($F= 2426,67$; $P= 0,00$; $CV= 0,07$), sendo o contrário observado na tensão de -60 kPa com a presença de Si reduzindo o teor de sólidos totais ($25,41 \pm 0,10$ g) em comparação com a testemunha ($27,09 \pm 0,11$ g) ($F= 113,30$; $P= 0,00$; $CV= 0,73$) (Figura 1I). O mesmo pode ser observado por Stamatakis et al. (2003), que verificou o teor de sólidos solúveis em frutos de tomate aferindo significativamente aumento mediante aplicação de Si via adubação.

A tensão -60 kPa proporcionou maiores valores de resíduo mineral fixo ($0,755 \pm 0,08$ g) em comparação com a tensão de -15 kPa ($0,745 \pm 0,03$ g) ($F= 7,92$; $P= 0,02$; $CV= 4,37$) (Figura 2).

Os minerais estão presentes em um teor de 3 a 6% no milho. Estão concentrados no gérmen (78%) e na camada de aleurona, a última camada do endosperma. O mineral encontrado em maior abundância no milho é o fósforo (0,3 ppm), presente na forma de fitatos de potássio e magnésio. O enxofre ocorre no grão na forma orgânica, em quantidades significativas, como parte dos aminoácidos sulfurados. Outros minerais estão também presentes no milho em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, cromo, cobalto e cádmio (PAES, 2006). Tem sido demonstrado que a presença de silício pode aumentar o aproveitamento de fósforo (P) pelas plantas, principalmente em solos muito intemperizados (VOLKWEISS & RAIJ, 1976; SANCHEZ & UEHARA, 1980).

O efeito do silicato no aumento da disponibilidade de fósforo decorre mais pelo aumento do pH do que pela dessorção de fósforo, que não foi observada em vários trabalhos (MA & TAKAHASHI, 1990; MA & TAKAHASHI, 1991). Há vários trabalhos nos quais pesquisou-se a redução dos efeitos tóxicos de ferro, manganês e alumínio com a utilização de silício no solo e em solução nutritiva (GALVEZ et al., 1987; Horiguchi, 1988; MA & TAKAHASHI, 1990; MA & TAKAHASHI, 1991). Alguns autores têm sugerido que o fornecimento de Si às plantas pode aliviar a toxidez de Mn e Fe não somente pela redução na sua absorção, mas também porque aumenta o nível de tolerância interna ao excesso de Mn nos tecidos (MA & TAKAHASHI, 1990; MA & TAKAHASHI, 1991; SAVANT et al., 1999).

No entanto, neste trabalho não houve influência do silício nos valores dos resíduos minerais, apenas do estresse hídrico, no qual esses valores foram maiores na maior tensão. Sabe-se que o estresse hídrico pode alterar o metabolismo, por exemplo, do nitrogênio em plantas, diminuindo a atividade da redutase de nitrato e os teores de proteínas solúveis (TAIZ & ZEIGER, 2009).

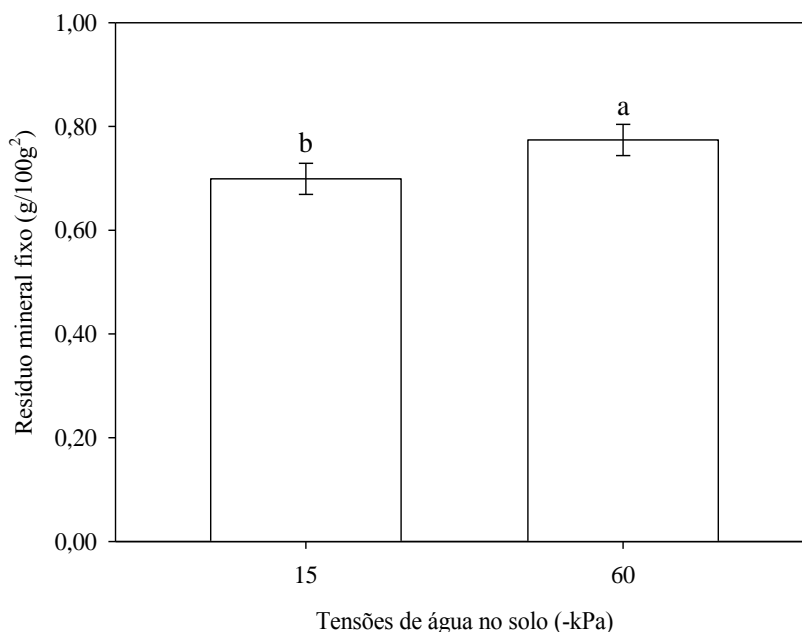
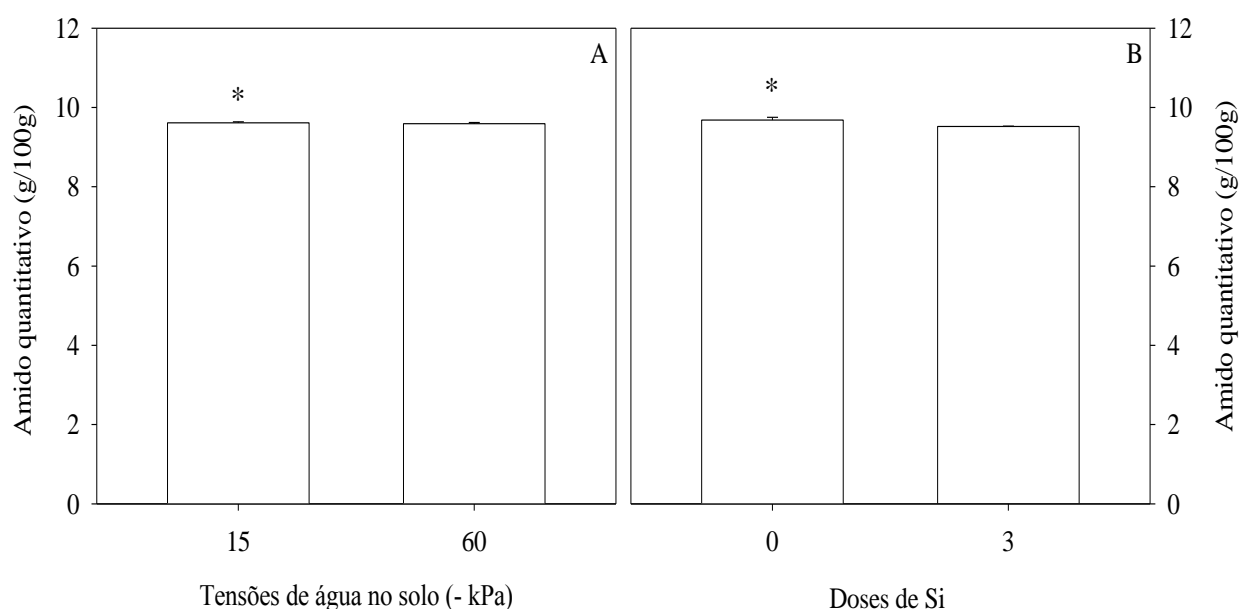


Figura 2. Resíduo mineral fixo (g/100g) (Média \pm erro padrão) de grãos de milho doce (*Zeamays L.*) provenientes de plantas submetidas, ou não, ao estresse hídrico e doses de Silicato de Potássio como indutor de resistência qualitativa.

Plantas de milho doce submetidas à tensão de -15 kPa originaram grãos de milho doce com maiores teores de amido quantitativo (9,61 + 0,03 g) em comparação com a tensão de -60 kPa (9,59 + 0,03 g) (Figura 3A). Enquanto que o teor de amido quantitativo foi maior para aquelas amostras onde não houve aplicação de Si (9,68 + 0,07) em comparação com aquelas aplicadas (9,52 + 0,01) (F= 347,11; P= 0,00; CV= 0,15) (Figura 3B).

Avaliando genótipos de milho doce, Evensen & Boyer (1986) observaram teores de amido, variando entre 43,7 e 81 mg.gMF-1, em espigas colhidas com umidade variando entre 75 e 80%. O milho doce comparado com o milho comum apresenta, respectivamente, 34,7% e 68,7% de amido, e em relação à composição desse amido tem-se 32,6% e 25% de amilose e 67,4% e 75% de amilopectina, respectivamente (ZÁRATE; VIEIRA, 2003). Dessa forma, é desejável que a colheita do milho doce seja

realizada quando grande parte do amido não tenha sido acumulada, pois o sabor adocicado característico do produto fresco se deve à presença de açúcares livres nos grãos. Assim, quanto menor a concentração de amido, maior a palatabilidade do produto, porém a proporção ideal entre açúcares e amido depende basicamente do tipo de preparação a que as espigas se destinam. Para consumo em saladas, assado ou cozido, os grãos devem ser mais novos, ou seja, com menores teores de amido (MATOS et al., 2000). Sendo que, neste trabalho os teores de amido foram menores na presença de silício do que na ausência, o que é mais desejável na pós-colheita, de acordo com a preferência do consumidor.



*Diferença Mínima Significativa

Figura 3. Amido quantitativo (g/100g) (Média ± erro padrão) de grãos de milho doce (*Zeamays L.*) proveniente de plantas submetidas a diferentes tensões de água no solo (A) ou doses de Silicato de Potássio (B).

5. CONCLUSÃO

A utilização do silicato de potássio é capaz de alterar diversos atributos pós-colheita no milho doce. A aplicação de silício foi capaz de manter a qualidade físico-química do milho doce, combinado ou não com diferentes tensões de água no solo. O fato de o milho doce ser uma espécie acumuladora de silício proporcionou ganhos significativos nos valores umidade, carboidratos, açúcares redutores e sólidos totais, em comparação com aquelas plantas que não foram submetidas ao estresse hídrico. E ainda, as plantas de milho doce submetidas a doses de silicato de potássio apresentaram menor teor de amido e quanto maior o teor de amido, menor a palatabilidade do milho doce. Isto é, a aplicação de silício foi capaz de manter por um maior período de tempo o sabor adocicado do milho doce, o que é um fato extremamente importante para a pós-colheita.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. **Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress.** Journal of Plant Nutrition, v. 12, n. 01, p. 2101-2115, 2004.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia.** 2.ed.rev. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. 455p.

ARAGÃO, C.A. **Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (Zea mays L.) portadores do gene shrunken-2 (sh2sh2) utilizando o esquema dialélico parcial.** Botucatu, 2002, 101p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

BARBIERI, V. H. **Melhoramento genético do milho doce.** 2008. Disponível em: <<http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/VHBBarbieri-200801-Resumo.pdf>>. Acesso em: 10 abr 2016.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. **A rapid method of total lipid. Extraction and purification.** Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959 (Bligh Dyer).

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

CARVALHO, S.P., J.C. MORAES; J.G. CARVALHO. **Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae).** Soc. Entomol. Brasil 28: 505-510. 1999.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

CARVALHO, M.P; ZANÃO JUNIOR, L. A.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. **Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2394- 2399, 2009.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós - colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: UFLA. ed. 2, 2005.

CREECH, R. G. **Carbohydrate synthesis in maize.** In: NORMAN, A. G. *Advances in Agronomy.* New York: Academic, 1968. p. 275-289.

DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H., KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in Agriculture.** Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.

DATNOFF, L.E.; RODRIGUES, F.A.; SEEBOLD, K.W. **Silicon and Plant Nutrition.** IN: DATNOFF LE, ELMER WH, HUBER DM (Eds.) **Mineral nutrition and plant disease.** Saint Paul MN. APS Press, pp. 233-246, 2007.

DORDAS, C. **Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield and essential oil yield of orégano (*Origanum vulgare* ssp *hirtum*).** Industrial Crops and Products, Thessaloniki, v. 29, p. 599-608, 2009.

EHRET, D.L.; MENZIES, J.G.; HELMER, T. **Production and quality of greenhouse roses in recirculating nutrient systems.** Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.106, n.1, p.103-113, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EPSTEIN, E. Silicon Annual. **Plant physiology**. Plant Molecular Biology. v.50, p.641-664, 1999.

EVENSEN, K. B.; BOYER, C. D. **Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn**. Journal American Society for Horticultural Science, Mount Vernon, v. 111, n. 5, p. 734-738, Sept./Nov. 1986.

FAO – Food Nutrition Paper 77, 2003. (Sistema Atwater)

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125F. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2000.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S. & CARNEIRO M.A.C. **Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado**. R. Bras. Ci.Solo, 34:907-916, 2010.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; FERREIRA, E.A.B. & RAMOS, M.L.G. **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no Cerrado**. R. Bras. Ci. Solo, 31:551-562, 2007.

FRANCO, G. **Composição química dos alimentos e valor energético**. In: Tabela de composição química dos alimentos. 9.ed. São Paulo: Atheneu, 2005. cap.2, p.107-152.

GALVEZ, L.; CLARK, R.B.L GOURLEY, LM.; MARANVILLE, J.W. **Silicon interactions with manganese and aluminium toxicity in sorghum**. Journal of Plant Nutrition, v.10, p.1139-1147, 1987.

GUNES, A.; PILBEAN, D.J.; INAL, A.; COBAN, S. **Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.39, n.13-14, p.1885-1903, 2008.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. **Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango** (Fragaria Ananassa Duch) cv IAC Campinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 2, maio/ago. 1999.

HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. C. **Produção de clones de taro em função dos tipos de mudas**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 4, p. 646- 648, 2003.

HORIGUCHI, T. **Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants**. VI. Effect of silicon on alleviation of manganese toxicity of rice plants. *Soil Science Plant Nutrition*, v.34, n.1, p.65-73, 1988.

HWANG, D. W.; G. KIM, Y.W.; LEE, ANDH. S. YANG. **Estimating submarine inputs of groundwater and nutrients to a eutrophic coastal bay using a radium tracer**. *Mar. Chem.*96:61–71. 2005.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 99. São Paulo, 2004 (Perda por dessecação à vácuo).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 105-106. São Paulo, 2004 (Incineração).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 123-125. São Paulo, 2004 (Micro – Kjeldahl).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 809-810. São Paulo, 2004 (Titulação).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 129-130. São Paulo, 2004 (Lane-Eynon).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 126-127. São Paulo, 2004 (Lane-Eynon).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 134-135. São Paulo, 2004 (Lane-Eynon).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 104-105. São Paulo, 2004 (Phmetro).

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**; 4 ed.; p. 578. São Paulo, 2004 (Perda por dessecação à vácuo).

INANAGA, S.; OKASAKA, A.; TANAKA, S. **Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant?** Soil Science and Plant Nutrition, v. 41, n. 1, p. 111-117, 1995.

KADER, A.A. **Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables.** Food technology, v. 40 p. 99-104, 1986.

KAYS, E. J. **Postharvest physiology of perishable plant products.** New York: V. N. Reinhold, 1991. 532 p.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura.** Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2003. 53p. (Boletim técnico, 1).

KORNDÖRFER, G.H. **Elementos benéficos.** In: FERNANDES, M.S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa MG, 2006. p. 355-374.

KWIATKOWSKI, A; CLEMENTE, E. **Características do milho doce (Zea mays L.) para industrialização.** Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 93-103, 2007.

LECOEUR, J. & SINCLAIR, R.T. **Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits.** Crop Sci., 36:331-335, 1996.

LI, Y.; SPERRY, J. S.; SHAO, M.; **Hydraulic conductance and vulnerability to cavitation in corn (*Zea mays* L.) hybrids of differing drought resistance.** Environmental and Experimental Botany, Oxford, v. 66, p. 341-346, 2009.

LIANG, Y.C.; SUN, W.C.; SI, J.; RÖMHELD, V. **Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*.** Plant Pathology 54:678-685, 2005.

MA, J.F. **Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses.** Soil Sci Plant Nutr 50 11–18. 2004.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E.; MIYAKE, Y. **The possibility of silicon as an essential element for higher plants.** Comments on Agricultural and Food Chemistry, n. 02, p. 99-122. 1990.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Effect of silicate on phosphate availability for rice in a P-deficient soil.** Plant Soil 133: 151-155. 1991.

MA, J.F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan.** Amsterdam, Elsevier Science. 2002.

MA, J.F.; YAMAJI, N. **Silicon uptake and accumulation in higher plants.** Trends in Plant Science, v.11, p.342-397, 2006.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido “tropical”.** 2006. 47 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agrônômico, Campinas.

MARIN, R. **Dois safras em sete meses.** Revista do lar: Medianeira, n. 3, p. 18-21, abril a maio de 2007.

MARTH, E.H. **Extended shelf life refrigerated foods: microbiological quality and safety.** Food Technology, v. 52, p. 57-62, 1998.

MATOS, M. J. L. F.; TAVARES, S. A.; SANTOS, F. F.; MELO, M. F.; LANA, M. M. **Milho verde**. Correio Brasiliense, Brasília, abr. 2000.

MITANI, N.; MA, J.F. **Uptake system of silicon in different plant species**. Journal of Experimental Botany 56:1255-1261, 2005.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. **Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture**. Soil Science Plant Nutrition, Tokyo, v.32, p.321-326, 1986.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular Técnica, n.75. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, p.1-6, Dez., 2006.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. **Colheita, transporte e comercialização**. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). O cultivo do milho verde. Brasília: Embrapa, 2003. cap.11, p.183-194.

PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. **O cultivo do milho-doce**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PRADO, RM. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. Universidade Estadual Paulista, 97p. 2000.

PRADO, R.M.; KORNDÖRFER, G.H. **Efeitos da escoria de siderurgia sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.) cultivado em um latossolo vermelho amarelo distrófico**. Revista Científica, Jaboticabal, 31(1):9-17. 2003.

RANGANATHAN, S. et al. **Effects of silicon sources on its depositon, chlorophyll content, and disease and resistance in rice**. Biology Plantarum, Copenhagen, v. 50, n. 4, p. 713-716, Apr. 2006.

REIS, T.H.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; FIGUEIREDO, F.C.; POZZA, A.A.A.; NOGUEIRA, F.D.; RODRIGUES, C.R. **O silício na nutrição e defesa de plantas.** p.120. (EPAMIG. Boletim Técnico, 82). 2007.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG.** Viçosa: UFV, 2001. 301 p. STATGRAPHICS. Statgraphics Plus for Windows v. 4.0: User manual. Illinois: Manugistics Inc., 1999.

RICHMOND, K.E.; SUSSMAN, M.R. **Got Silicon? The non-essential, beneficial plant nutrient.** Current Opinions in Plant Biology, v.6, 2003. p. 268-272.

SANCHEZ, P. A.; UEHARA, G. **Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity.** In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). The role of phosphorus in agriculture. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 471-514.

SANTOS JUNIOR, A.M. dos.; MALUF, W.R.; FARIA, M.V.; LIMA, L.C. de O.; CAMPOS, K.P.; LIMA, H.C. de.; ARAÚJO, F.M.M.C. de. **Comportamento pós-colheita das características químicas, bioquímicas e físicas de frutos de tomateiros heterozigotos nos locos alcobaça e ripening inhibitor.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras. v.27, n.4, p.749-757, jul./ago., 2003.

SAVANT, N.K.; KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. **Silicon nutrition and sugarcane production: a review.** Journal of Plant Nutrition, v.22, n.12, p.1853-1903, 1999.

SHI, Z.J.; PAN, G.Q.; ZHOU, Q.; XIE, Y.C.; MENG, Q.T. **A study on the application of silicon fertilizer to cotton.** China Cotton, Beijing, v.28, n.7, p.17-18, 2001.

SHIA, S.Y.; WANG, Q.S. **Studies on the effect of silicon fertilizer on cotton.** China Cotton, Beijing, v.25, n.8, p.6-7, 1998.

SILVA, M.D.; OLIVEIRA, M.G.A.; LANNA, A.C.; PIRES, C.V.; PIOVESAN, N.D.; JOSE, I.C.; BATISTA, R.B.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. **Caracterização da**

via das lipoxigenases em plantas de soja resistentes e susceptíveis a *Diaportephaseolorumf.sp. meridionalis*, agente causal do cancro-da-haste. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 13:316-328, 2001.

SYNGENTA SEEDS LTDA. <http://www.syngenta.com.br/>. Acesso: 10 abr 2016.

STAMATAKIS A; SAVVAS D; PAPADANTONAKIS N; KEFALAS PNLS. 2003. **Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically.** Acta Horticulturae 609: 141-149.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology.** California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TAIZ, L; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal.** 4. ed. São Paulo, Artmed, 2009. 820 p.

TEIXEIRA, F.F.; SOUZA, I.R.P.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; MEIRELLES, W. F. **Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483-488, 2001.

UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO.** 2011. 4 ed., p.13 (Calculado por diferença – inclui fibras).

VOLKWEISS, S. J.; RAIJ, B. van. **Retenção e disponibilidade de fósforo em solos.** In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO: BASE PARA A UTILIZAÇÃO AGROPECUARIA. 4, 1976, Brasília. Anais. São Paulo: EDUSP, 1977. p.317-332

WELCKER, C.; BOUSSUGE, B.; BENCIVENNI, C.; RIBAUT, M.; TARDIEU, F. **Are source and sink strengths genetically linked in maize plants subjected to water deficit?: a QTL study of the responses of leaf growth and of Anthesis-Silking Interval to water deficit.** Journal of Experimental Botany, London, v. 58, p. 339-349, 2007.

YOSHIDA, S. **Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant.** Bulletin of the National Institute of Agriculture Science, v. 15, p. 1-58, 1965.