

**JOSUÉ CLOCK MARODIN**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE FÍSICO-  
QUÍMICA E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA  
DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE  
FONTES E DOSES DE SILÍCIO**

**GUARAPUAVA**

**2011**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE  
TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE  
SILÍCIO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**JOSUÉ CLOCK MARODIN**

**GUARAPUAVA-PR**

**2011**

Marodin, Josué Clock  
M354p Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de  
tomateiro em função de fontes e doses de silício / Josué Clock Marodin. –  
Guarapuava, 2011  
x, 64 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2011

Orientador: Juliano Tadeu Vilela de Resende

Banca examinadora: Elizabeth Orika Ono, Anderson Ricardo Trevizam, Marcos  
Ventura Faria

#### Bibliografia

1. Tomateiro. 2. Tomateiro - Produção. 3. Nutrientes - Tomateiro. 4. Qualidade  
pós-colheita. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 635.642

**JOSUÉ CLOCK MARODIN**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE SILÍCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2011

**JOSUÉ CLOCK MARODIN**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE SIÍCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2011

Prof(a). Dr(a). Elizabeth Orika Ono – UNESP

Prof. Dr. Anderson Ricardo Trevizam – UNICENTRO

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria - UNICENTRO

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2011

Ao meu querido avô Ovídio Florivaldo Clock (*in  
memorian*), aos meus pais e a todas as pessoas  
que se orgulham de mim, **DEDICO**.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Maria José e Ricardo, a minha madrinha Stella, amigos e familiares pelo incentivo na realização desse feito.

Ao meu orientador, Juliano Tadeu Vilela de Resende, pelo apoio e orientações de relevante importância para concretização desse trabalho. Meu respeito, admiração e muito obrigado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO-PR, por abrir as portas para o conhecimento.

A coordenação do PPGA, pela oportunidade de realização desse trabalho.

Aos professores do PPGA, pelos ensinamentos.

Aos colegas do PPGA pela amizade e companheirismo.

Aos professores Marcos Ventura Faria e Maria Ligia Souza Silva pelo empenho neste contexto acadêmico.

Aos membros da banca de defesa, Anderson Ricardo Trevizam e Elizabeth Orika Ono, minha gratidão por todas as colaborações.

Aos colegas do grupo de pesquisa em olericultura: Alex Sandro, Alexandre, Aline, Ana Paula, Anderson Quartiero, Cristiano, Daniel, Diego, Eigi, João Baier, Jorge, José, Juliana, Kélin, Leandro, Letícia, Rafael, Rafael Morales e Willian, meus agradecimentos por todos os esforços na realização do experimento.

Aos colaboradores do Setor de Olericultura, com dedicação, colaboraram nos experimentos.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	ii
<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	2
2.1. Objetivo geral .....	2
2.2. Objetivo específico .....	3
<b>3. Referencial Teórico</b> .....	3
3.1. Silício (Si) .....	3
3.1.1. Dinâmica do silício: Solo – Planta .....	4
3.1.2. Benefícios do silício às plantas .....	6
3.2. Cultura do tomateiro: aspectos gerais .....	9
3.3. Nutrição do tomateiro .....	11
3.4. Aspectos relacionados à pós-colheita dos frutos de tomate .....	12
<b>4. Materiais e Métodos</b> .....	13
4.1. Local do experimento .....	13
4.2. Cultivar de tomateiro .....	14
4.3. Delineamento experimental e tratamentos .....	14
4.4. Condução do experimento .....	15
4.5. Avaliações – Nutrição da planta .....	17
4.5.1. Teor de silício na folha .....	17
4.5.2. Teor de silício no fruto .....	17
4.6. Avaliações – Características de produção .....	18
4.6.1. Massa seca foliar .....	18
4.6.2. Produção total de frutos .....	18
4.6.3. Massa média de frutos .....	18
4.6.4. Produção de frutos com rachaduras .....	18
4.6.5. Massa seca de fruto .....	18
4.7. Avaliações – Característica de pós-colheita .....	19
4.7.1. Sólidos solúveis .....	19
4.7.2. Acidez titulável .....	19
4.7.3. Teor de vitamina C .....	20
4.7.4. Pigmentos carotenóides – Licopeno .....	20
4.7.5. Firmeza de fruto .....	20
4.7.6. Durabilidade pós-colheita .....	21
4.8. Análises estatísticas .....	22
<b>5. Resultados e Discussão</b> .....	22
5.1. Teores de silício .....	22
5.1.1. Teor de silício na folha .....	22
5.1.2. Teor de silício no fruto .....	24
5.2. Características de produção .....	26

5.2.1. Massa seca foliar .....	26
5.2.2. Produção total de frutos .....	29
5.2.3. Massa média de frutos .....	31
5.2.4. Produção de frutos com rachaduras .....	32
5.2.5. Massa seca de fruto .....	33
5.3. Características de pós-colheita .....	34
5.3.1. Sólidos solúveis totais .....	34
5.3.2. Acidez titulável .....	37
5.3.3. Teor de vitamina C .....	37
5.3.4. Pigmentos carotenóides – Licopeno .....	39
5.3.5. Firmeza de fruto .....	41
5.3.6. Durabilidade pós-colheita – firmeza por aplanção .....	43
<b>6. Considerações Finais .....</b>	<b>47</b>
<b>7. Conclusões .....</b>	<b>48</b>
<b>8. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>48</b>

## RESUMO

MARODIN, Josué Clock. **Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício**. Guarapuava: UNICENTRO, 2011. 64p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal)

O Silício é um nutriente benéfico para o crescimento e produção de muitas espécies vegetais, incluindo o tomateiro. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de silício nas características agrônômicas e de pós-colheita de frutos, como também, quantificar os teores do elemento silício acumulados nas folhas e frutos de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Kada Gigante. As características avaliadas foram: teores de silício nas folhas e frutos, massa seca foliar, produção total, massa média de frutos, produção de frutos com rachaduras, massa seca de frutos, sólidos solúveis, acidez titulável, teor de licopeno, vitamina C, firmeza dos frutos e conservação pós-colheita de frutos. O experimento foi realizado em Guarapuava – PR, entre os anos de 2009/2010. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 3 x 5, sendo três fontes: silicato de cálcio, silicato de potássio e silicato de sódio e cinco doses: 0, 100, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de silício, com quatro repetições em delineamento de blocos casualizados. A maior disponibilidade de silício no solo na forma de silicato de sódio, cálcio ou potássio, gerou maior absorção e redistribuição de silício na planta, tendo seus teores de silício foliar e frutos aumentados em resposta aos tratamentos. A massa seca foliar e massa seca de frutos do tomateiro foram influenciados pelas doses de silício. O silício contribuiu para um aumento de 12% na produtividade do tomateiro e reduziu a produção de frutos rachados, promoveu melhoraria da qualidade química dos frutos de tomate, com o aumento de sólidos solúveis, vitamina C e licopeno. Silicato de sódio proporcionou maior resistência do fruto na conservação pós-colheita.

**Palavras-Chave:** *Solanum lycopersicum* L., nutriente, produção de frutos, qualidade pós-colheita, sólidos solúveis.

## ABSTRACT

MARODIN, Josué Clock. **Yield, fisic-chemical quality and post harvest conservation of tomato fruits according to sources and rates of silicon.** Guarapuava: UNICENTRO, 2011. 64p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal)

The Silicon is a beneficial nutrient for growth and yield of many plant species, including tomato. This study aimed to evaluate the effect of different sources and rates of silicon on agronomic and post-harvest characteristics of tomato fruits, and to quantify the contents of silicon accumulated in leaves and fruits of tomato Kada Gigante (*Solanum lycopersicum* L.). The evaluated traits were: silicon concentrations in leaves, silicon concentration in fruits, total yield, yield of fruit with cracks, average fruit weight, dry weight of fruits, dry mass of fruits, soluble solids, titratable acidity, lycopene concentration, vitamin C, fruit firmness, post harvest fruit conservation. The experiment was performed in Guarapuava - PR, between the years 2009/2010. Treatments were arranged in a factorial 3 x 5, three sources: calcium silicate, potassium silicate and sodium silicate and five rates: 0, 100, 200, 400 and 800 kg ha<sup>-1</sup> of silicon, with four replications in randomized block design. The greater availability of silicon in the soil in the form of sodium silicate, potassium or calcium, has generated greater absorption and redistribution of silicon in the plant, with its silicon content in leaf and fruit increased in response to treatments. The dry weight of leaves and dry weight of fruits were influenced by contents of silicon. Silicon provided an increase of 12% on tomato yield and decrease of cracked fruits, improved the chemical quality of tomato fruits, with the increase of total soluble solids, vitamin C and lycopene contents. Sodium silicate increased resistance in fruit post harvest.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L., plant nutrient, fruit yield, postharvest quality, soluble solids.

## 1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é cultivado extensivamente em todo o mundo (CARVALHO et al., 2007). No Brasil o tomate é considerado uma das hortaliças mais importantes, distribuída em quase todos os Estados, com destaque para a região Centro-Sul. Na safra de 2009 foram colhidos 3,93 milhões de toneladas de tomate em uma área de 61 mil hectares (FNP, 2010). A cultura é caracterizada por ser grande geradora de mão de obra, exigente em alta tecnologia, elevada taxas de adubação, uso de irrigação e fertirrigação, utilização de defensivos químicos modernos, entre outros, o que garante a eficiência produtiva da cultura do tomateiro, com elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, característica essencial num cenário mundial de constante crescimento populacional.

O tomate constitui importante fonte de vitaminas e sais minerais para o ser humano. As principais razões que levam a população a consumir tomate é o hábito alimentar, disponibilidade do produto em variados locais e épocas do ano, versatilidade no uso, aroma do fruto e por ser considerado alimento nutracêutico, devido as características funcionais, principalmente, pelo licopeno, pigmento presente no fruto (FIORI, 2006). Em vista das propriedades antioxidantes, o consumo do tomate está associado ao decréscimo do risco de câncer no esôfago, estômago, pulmão e vias respiratórias (RAO, 2002).

A produção quantitativa do tomateiro sempre foi o principal critério na avaliação do efeito das práticas culturais sobre esta cultura, sendo as propriedades físico-químicas do fruto pouco consideradas. Entretanto, com os avanços das pesquisas, os fatores relacionados à qualidade têm ganhado maior ênfase. A qualidade dos produtos vegetais é controlada geneticamente e, também, são influenciadas pela nutrição da planta, por condições ambientais e manejo pós-colheita.

Os elementos minerais podem influenciar no complexo nutricional e estrutural das plantas, devido à influência que exercem sobre os processos bioquímicos, e ou fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados (FERREIRA et al., 2006). O silício (Si), nutriente que até então era relegado ao segundo plano por não ser considerado essencial, vem se destacando como fundamental em processos fisiológicos, bioquímicos e mesmo fitotécnicos de diversas culturas, tornando-se desta forma, o nutriente benéfico de salutar importância.

O fornecimento de Si é benéfico para muitas espécies vegetais e, em determinadas circunstâncias, para a maioria das plantas superiores, incluindo o tomateiro (MARSCHNER, 1995). A essencialidade do Si em plantas superiores está prestes a ser reconhecida, devida a sua função mais marcante, de conferir tolerância às plantas sob vários estresses bióticos e abióticos. O Si onde está envolvido ativamente no metabolismo e atividades fisiológicas das plantas, associado a sua principal característica, a estrutural, por ser depositado nas paredes celulares, o que confere uma barreira física a ação de doenças e pragas e redução na transpiração nos tecidos foliares (MA e YAMAJI, 2008).

As funções do Si na fisiologia da planta são altamente favoráveis ao desenvolvimento produtivo e qualitativo, pela função de aumentar a eficiência fotossintética vegetal, numa agricultura rentável e ambientalmente correta. A maior agilidade no processo para o reconhecimento da essencialidade do Si tem sido dada após a caracterização dos genes que codificam os transportadores de Si na cultura do arroz (LIANG et al., 2007).

O aspecto mais importante em aprofundar estudos sobre Si na biologia da planta deve ser voltado não só na acumulação, mas também a sua função em conferir efeitos metabólicos positivos sobre a fisiologia da planta. Em específico, acredita-se na sua capacidade de aumentar o tempo de conservação pós-colheita de frutos de tomate. Desta forma, procura-se diversificar técnicas para a cultura do tomateiro, combinando altas produtividades com qualidade pós-colheita, disponibilizando aos consumidores frutos ricos em nutrientes, licopeno, com sabor e aroma satisfatórios.

Acredita-se que as atividades funcionais e estruturais que o Si promove nas plantas superiores devam ser melhor elucidadas, para que manejos de adubação com esse nutriente sejam mais efetivas no contexto de propiciar ganhos produtivos, nutricionais, fitossanitários e mesmo de conservação pós-colheita.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de Si nas características agronômicas e de pós-colheita de frutos de tomateiro cultivar Kada Gigante.

## **2.2 Objetivos específicos**

Quantificar os teores de Si nas folhas e frutos do tomateiro em função das doses e fontes deste elemento.

Determinar a massa seca foliar, produção total e massa média de frutos, produção de frutos com rachaduras e massa seca de frutos em função de doses e fontes de Si aplicados no solo.

Avaliar as características físico-químicas (sólidos solúveis, acidez titulável, teor de licopeno, vitamina C e firmeza) em frutos de tomateiro, em função das doses e fontes de Si.

Avaliar o efeito do Si na conservação pós-colheita de frutos de tomateiro cultivar Kada Gigante.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. Silício (Si)**

O Si é um elemento benéfico para o crescimento da planta. Diversos benefícios do Si têm sido relatados, tais como melhora da resistência a pragas e patógenos, seca e tolerância a metais pesados e melhoria da qualidade das culturas agrícolas e produtividade, em uma grande variedade de espécies de plantas (RICHMOND e SUSSMAN, 2003; FAUTEUX et al., 2005; MA e YAMAJI, 2006, 2008; LIANG et al., 2007). Tem sido demonstrado que o Si está relacionado ao aumento de clorofila e metabolismo da planta, aumento na tolerância das plantas a estresses ambientais, como frio, calor e à seca, reduzindo o desequilíbrio de nutrientes e toxicidade dos metais na planta, reforçando as paredes celulares de plantas e aumentando a resistência a patógenos e pragas (EPSTEIN, 2001).

As plantas das famílias Poaceae, Ciperaceae e Equisetaceae demonstram alto acúmulo de Si (> 4% Si), as Brassicaceae, Urticaceae e Commelinaceae demonstram acúmulo de Si intermediária (2-4% Si), enquanto a maioria das espécies demonstram acúmulo abaixo de 2% (MA e TAKAHASHI, 2002; HODSON et al., 2005). Segundo Mitani e Ma (2005), plantas consideradas não acumuladoras, como tomate, por exemplo, possuem menor densidade de transportadores de Si do apoplasto para o simplasto e um defeito nos transportadores de Si das células do córtex para o xilema, comparadas as plantas acumuladoras.

### 3.1.1. Dinâmica do silício: solo – planta

O Si é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, porém sua disponibilidade para as plantas está associada não só a quantidade do elemento no solo, mas também, a sua forma e solubilidade, capacidade assimilativa da planta e as condições ambientais. Cultivos intensivos e monocultivo podem reduzir rapidamente o teor deste elemento no solo (KORNDÖRFER, 2006). Devido ao processo de dessilificação, o Si no solo é continuamente perdido como resultado do processo de lixiviação. Solos tropicais e subtropicais possuem, geralmente, baixos teores de Si disponível para as plantas e se beneficiariam da adubação com este elemento (KORNDÖRFER e LEPSCH, 2001; PEREIRA et al., 2003). A compactação do solo também pode reduzir a quantidade de Si disponível para as plantas, pois aumenta o nível de ácidos polissilícicos, diminuindo o teor de ácido monossilícico [ $\text{H}_4\text{SiO}_4$  ou  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ], que é a forma pela qual a planta absorve o Si (MATYCHENKOV et al., 1995).

A adição de Si solúvel em solos torna-se muito importante em função da intemperização, lixiviação e dessilificação (FRIESEN et al., 1994). O baixo conteúdo de Si em muitas regiões pode limitar a busca de uma maior produtividade, qualidade, sustentabilidade e o máximo retorno econômico e limitar a produção agrícola sustentável (BRADY, 1992). Segundo Lima Filho et al. (1999), as principais formas de incremento do Si na solução do solo seriam: decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, liberação do Si dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos, adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação.

Presente na solução do solo como ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), o Si está prontamente disponível para absorção pelas plantas (JONES e HANDRECK, 1967). A sílica dissolvida em solução, na forma de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , ocorre em função de um equilíbrio entre a fase sólida e a solução, podendo variar de 1- 200 mg  $\text{dm}^{-3}$  no solo (HOPPS et al., 1977). Desta forma, a concentração de sílica em solução será tanto maior quanto for à quantidade de sílica que pode ser solubilizada da fase sólida (PEREIRA e VITTI, 2004), porém, existe tendência em se associar a disponibilidade do Si para as plantas com o teor total do elemento ( $\text{SiO}_2$ ) presente no solo. Essa relação, não pode ser considerada, isto é, a disponibilidade do Si para as plantas é independente do teor total desse elemento (KORNDÖRFER et al., 1999).

A diferença entre as espécies vegetais quanto ao acúmulo de Si, tem sido atribuída à

capacidade das raízes em absorver esse nutriente. Três modos de captação de Si pelas plantas têm sido sugerido a captação ativa, passiva, e rejectiva, respectivamente as plantas são classificadas como acumuladora, intermediária, e plantas de exclusão de Si (TAKAHASHI et al., 1990). Segundo Ma et al. (2001), após a absorção e transporte de Si, ocorre o processo de silicificação, polimerização de ácido silícico em sílica gel ( $\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$ ), segundo o qual, o Si juntamente com a lignina contribui para o enrijecimento das paredes das células das folhas e vasos do xilema.

Recentemente, três transportadores de Si (Lsi1 Lsi2, e Lsi6), que estão envolvidos na captação e distribuição do elemento, foram identificados na espécie *Oryza sativa* (arroz). Esse alto acúmulo na parte aérea tem sido atribuído à presença de um transportador de fluxo de Si (Lsi1 e Lsi6), proteínas intrínsecas, subgrupo de aquaporinas e transportadores de influxo de ácido silícico (MA et al., 2006; MITANI et al., 2008; YAMAJI et al., 2008) e transportador de efluxo (Lsi2) de ácido silícico (MA et al., 2007). Nas raízes, Lsi1 e Lsi2, estão localizadas na exoderme e endoderme, no lado distal e proximal, respectivamente (MA et al., 2006, 2007), Lsi6 é encontrado nas células do xilema do parênquima do limbo foliar e lâminas foliares (YAMAJI et al., 2008).

De acordo com Dayanadam et al. (1983), a absorção do Si é por meio de fluxo de massa e o transporte do ácido monossilícico no interior da planta acontece no mesmo sentido do fluxo de água (transpiração). A acumulação de Si é mais intensa nas regiões onde a água é perdida por evaporação ou transpiração, portanto a concentração de Si depende da taxa transpiratória, ou seja, na epiderme foliar, junto às células-guarda dos estômatos e outra célula epidérmica (DAYANANDAM et al., 1983; MA e YAMAJI, 2006).

Não existe ainda definição para a quantidade máxima de Si a ser utilizada, tudo indica que, quanto mais Si a planta absorver maiores serão seus efeitos. Existe relação direta entre aumento nas doses de silicato de cálcio e teor de Si no solo (LANA et al., 2003). Ainda não constatou efeito tóxico do Si para as plantas, porém em certos casos e dependendo da fonte de Si que se utiliza doses muito elevadas podem causar desequilíbrio nutricional de outros elementos para as plantas (KORNDÖRFER et al., 2002).

Na planta, o Si concentra-se nos tecidos de suporte, do caule e nas folhas, podendo ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos. Em geral, o conteúdo médio de Si das raízes é menor se comparado com o caule e folhas, em alguns casos, como por exemplo, a soja, o teor de Si na raiz é maior do que nas folhas (OLIVEIRA e CASTRO, 2002).

### 3.1.2. Benefícios do silício às plantas

A essencialidade do Si está finalmente prestes de ser reconhecida em plantas superiores. O papel mais importante deste elemento não está na sua aceitação geral da essencialidade, mas sim na sua função mais marcante e original que confere tolerância em plantas a vários fatores abióticos e / ou estresses bióticos (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Segundo Epstein (1994) o Si apresenta “essencialidade agrônômica” devido aos inúmeros benefícios trazidos as diversas culturas. O Si é considerado importante para o crescimento e produção de muitas gramíneas, como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, trigo e milho (KORNDÖRFER et al., 1999; PRADO et al., 2001). E algumas espécies não gramíneas (alfafa, feijão, tomate, alface e repolho) têm mostrado aumento de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si para as plantas (SILVA, 1973; ELAWAD e GREEN JÚNIOR, 1979). Estes benefícios são devido ao Si estar envolvido em inúmeras características físicas das plantas, em uma série de eventos fisiológicos e metabólicos, que indiretamente favorecem a fotossíntese das plantas. Efeitos benéficos têm sido relacionados à redução de efeitos prejudiciais decorrentes de agentes químicos como salinidade, toxidez causada por metal pesado, desbalanço de nutrientes e físicos como, acamamento, seca, radiação, alta e baixa temperaturas (ZHU et al., 2004; MA e YAMAJI, 2006). A falta de Si pode resultar em diminuição da capacidade biológica da planta em resistir às condições adversas do meio ambiente (RAFI et al., 1997)

O Si possui papel importante na reprodução dos frutos. Plantas de tomate cultivadas em solução nutritiva com baixo teor de Si demonstraram deficiência durante a fase reprodutiva, além do mais, em solução nutritiva livre de Si o tomateiro raramente segura os frutos, ou seja, floresce, mas não produz frutos. Outros sintomas de deficiência é a redução do crescimento do tecido meristemático na região do topo e deformações na região próxima ao ápice de plantas jovens. Com o avanço da deficiência, a clorose desenvolvida nas folhas superiores e pontos de necrose aparecem nas folhas inferiores que se estendem para as folhas superiores. As plantas sem oferta de Si florescem, mas não são polinizadas e quando polinizadas produzem frutos deformados. A degeneração de estames e formação anormal de grãos de pólen também foram observados em tratamentos com ausência de Si. A fertilidade do pólen foi significativamente reduzida pela deficiência de Si (MIYAKE e TAKAHASHI, 1978).

A nutrição adequada com Si pode resultar em aumento de produtividade, devido aos seus benefícios, interferindo na arquitetura das plantas, favorecerem a fotossíntese, ao proporcionar folhas mais eretas, permitindo maior penetração de luz solar, maior absorção de CO<sub>2</sub> e diminuição da transpiração excessiva, ocorrendo assim maior eficiência e incremento da taxa fotossintética (TAKAHASHI, 1995; PEREIRA et al., 2003; AL- AGHABARY et al., 2004).

O aumento na produtividade da cana-de-açúcar sugere uma possível ação do Si no alongamento de células e/ou na divisão celular (ELAWAD et al., 1982). O Si aumenta a espessura e a verticalidade das plantas de arroz (YOSHIDA et al., 1969). Em morangueiro a pulverização das folhas com silicato de potássio mostrou aumento no conteúdo de clorofila e crescimento da planta (WANG e GALLETA, 1998). Em pepino foram observados vários efeitos devido à adição de Si ao meio nutritivo: aumento no teor de clorofila, maior massa foliar (fresca e seca) específica, atraso na senescência e aumento da rigidez das folhas maduras, as quais se mantinham mais horizontais (ADATIA e BESFORD, 1986).

Pela análise anatômica de uma folha é possível demonstrar a presença de depósitos de Si, comumente chamados de corpos silicosos ou fitólitos, que ocorrem na parede celular como incrustação e/ou impregnação, ou ainda, sob a forma de opala biogênica (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O) no interior das células de diferentes tecidos (METCALFE, 1983; INANAGA e OKASAKA, 1995; EPSTEIN, 1999). Na epiderme foliar, o Si combina com a celulose e pode estar presente nas células guarda dos estômatos e nos tricomas, também pode ser encontrado nos elementos vasculares (SILVA et al., 2005). Plantas de morangueiro tratadas com silicatos, as epidermes abaxial e adaxial, o parênquima esponjoso e o mesófilo apresentaram maior espessura, o parênquima paliçádico apresentou três camadas de células paliçádicas e menor preenchimento do mesófilo com parênquima esponjoso, em relação aos demais tratamentos (BRAGA et al., 2009). Segundo Sangster et al. (2001), no arroz a deposição de Si ocorre na parede de células epidérmicas ou localizações extracelulares, tais como tecidos vasculares e armazenagem, espaços intercelulares e camadas cuticulares.

A deposição de Si na parede celular das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos, evita a perda excessiva de água e diminui a taxa de transpiração (SILVA, 2007). Essa camada de sílica dificulta a penetração e o desenvolvimento de hifas de fungos e torna a parede celular mais resistente à degradação enzimática (MARSCHNER, 1995; TAKAHASHI, 1995). O acúmulo de Si abaixo da cutícula e nas paredes celulares confere

resistência mecânica aos tecidos contra pragas e doenças (COSTA e MORAES, 2006). O Si está associado ao aumento da síntese de compostos fenólicos e lignina (GHANMI et al., 2004) e ativa as defesas vegetais químicas endógenas (GOMES et al., 2005). O Si tem sido relatado por estimular mecanismos de defesa do hospedeiro em culturas como pepino e cevada, com aumento do nível de compostos fenólicos e inibidores da atividade de quitinases,  $\beta$ -1,3-glucanases, peróxidos, fenilalanina-amonioliase (PAL) e polifenoloxidase (FAWE et al., 1998). Fawe et al. (2001) sugerem que o Si nas raízes desempenha papel na rede de sinalização e pode induzir resistência sistêmica em outros órgãos. O Si é sugerido por estar envolvido na indução de resistência e uma maior tolerância, interagindo com fatores de resistência das plantas. Dannon e Wydra (2004) associaram estas funções quando foi observado aumento de elementos de resistência, presentes em genótipo de tomateiro.

Fitoalexinas são substâncias que possuem atividade inibidora, repelente e forma barreiras mecânicas (MARSCHNER, 1995), contra bactérias, fungos e nematóides. Segundo Datnoff e Ávila (2005) plantas tratadas com Si têm maior produção de fenóis (mamilolactonas) atrasando o desenvolvimento de fungos e, conseqüentemente, os sintomas da doença.

O silicato de cálcio reduziu o número de lesões em folhas de tomateiro causadas por *Frankliniella schultzei* (tripes) em aproximadamente 50% (ALMEIDA et al., 2009). A incidência de *Ralstonia solanacearum* (murcha bacteriana) em plantas de tomateiro tratadas com Si foram reduzidas ao índice de até 56,2% em comparação com plantas não-tratadas, além de apresentar maior taxa de mortalidade das plantas (DANNON e WYDRA, 2004). Ocorreu redução nos danos causados pela *Tuta absoluta* (traça-do-tomateiro) com o aumento das doses de Si (SANTOS, 2008). Redução no número de galhas, causadas por nematóides, também foi constatada em feijoeiro, tomateiro e cafeeiro quando da aplicação de silicato de cálcio (DUTRA et al., 2004). A aplicação de silicato de cálcio reduziu os danos causados por *Eldalana saccharina* (broca-da-cana) em plantas de cana (KVEDARAS et al., 2007). O Si diminuiu a ocorrência do distúrbio fisiológico “pescoço dobrado” em gérbera (SAVVAS et al., 2002). Em arroz pesquisas demonstraram que a fertilização com Si reduz a incidência de *Pyricularia oryzae* (brusone) de 17% a 31% e a *Drechslera oryzae* (mancha parda) de 15% a 32% em relação ao tratamento que não recebeu Si (DATNOFF et al., 1991).

A adição de Si na solução nutritiva padrão, melhorou significativamente as concentrações de Ca em folhas e frutos do tomateiro, restringindo assim, concomitantemente

a incidência de podridão apical (STAMATAKIS et al., 2003). Carvalho et al. (2002), também relatam redução da podridão apical em frutos de tomateiro devida à aplicação de Si.

Acúmulo de Si nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de sílica, o que causa redução da transpiração por diminuir a abertura dos estômatos limitando a perda de água (TAKAHASHI, 1995; KORNDÖRFER et al., 1999). Com relação à deficiência hídrica, o efeito benéfico do Si tem sido associado ao aumento da capacidade de defesa antioxidante (GONG et al., 2005; ZHU et al., 2004) e à manutenção da taxa fotossintética, da condutância estomática da planta, mesmo em solo seco (HATTORI et al., 2005), devida à redução da transpiração através da cutícula (MA e YAMAJI, 2006). Em outros relatos, o Si foi evidenciado por amenizar os efeitos adversos de toxicidade de alumínio (HAMMOND et al., 1995; BARCELO et al., 1996), toxicidade de manganês (HORST e MARSCHNER, 1978; IWASAKI et al., 2002) e salinidade (BRADBURY e AHMAD, 1990; LIANG et al., 1996). Além disso, o Si aumenta a resistência ao acamamento, alivia a toxicidade do cloreto e melhora o desequilíbrio de nutrientes em uma variedade de espécies de plantas (MA e YAMAJI, 2008). Liang (1998) relatou que o Si estimula o crescimento de cevada em meio salino, aumentando o conteúdo de clorofila e conseqüentemente a atividade fotossintética.

O Si está envolvido no alívio do estresse causado por salinidade, limitando a absorção indesejável de íons de sódio (Na) e cloro (Cl), quando o tomate é exposto ao estresse salino (STAMATAKIS et al., 2003). O Si diminuiu também a peroxidação lipídica de plantas cultivadas sob estresse salino por aumentar a atividade de enzimas antioxidantes e antioxidantes não enzimáticos em experimentos com pepino (ZHU et al., 2004).

Resultados de estudos fornecem a informação sobre as alterações metabólicas em fisiologia vegetal e bioquímica causadas por Si em folhas de plantas de tomateiro expostas ao estresse salino (LIANG, 1998; AL-AGHABARY et al., 2004).

### **3.2. Cultura do tomateiro: aspectos gerais**

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertencente à família Solanaceae, é uma espécie olerácea cultivada no mundo inteiro. O centro de origem primário é o território limitado ao norte pelo Equador, ao sul pelo Chile, a oeste pelo Oceano Pacífico e a Leste pela Cordilheira dos Andes. No século XVI foi levado para a Europa, onde foi disseminado para

outras regiões do mundo. No Brasil esta espécie foi introduzida pelos imigrantes europeus no final do século XIX, e a partir de seleções feitas por agricultores e pesquisadores surgiram as cultivares que são utilizadas nos dias de hoje (ALVARENGA, 2004).

Na safra de 2007/2008 a produção mundial de tomate, totalizou 126,1 milhões de toneladas, a área cultivada foi de 4,62 milhões de hectares com rendimento médio de 27,3 t ha<sup>-1</sup>. O maior produtor mundial de tomate é a China, seguida pelos EUA, Turquia e Índia. A China tem, ainda, a maior área cultivada, seguida por Índia, Turquia, Egito e EUA. O Brasil foi o nono maior produtor mundial, décimo quarto em área cultivada e o sexto em produtividade, com rendimento médio maior que a média mundial (FAOSTAT, 2007). De acordo com o FNP (2010), na safra de 2009, o Brasil produziu 3,93 milhões de toneladas, em uma área de 61,66 mil hectares, com produtividade média de mais de 64 toneladas por hectare, gerando um valor bruto da produção agrícola estimado em 2,4 bilhões de reais. O principal Estado produtor foi Goiás, seguido por São Paulo e Minas Gerais.

Com caule flexível, incapaz de suportar o peso dos frutos e manter a posição vertical, a sua forma natural lembra uma moita, com abundante ramificação lateral (SILVA e VALE, 2007). Embora seja uma planta perene, o cultivo é anual, sendo que, da sementeira até a produção de novas sementes, o ciclo varia de quatro a sete meses, incluindo-se um a três meses de colheita. As flores formam cachos e são andrógenas, o que dificulta a fecundação cruzada (FONTES e SILVA, 2002).

O cultivo do tomateiro é realizado em amplo espectro de latitude, tipos de solo, temperaturas e métodos de cultivo, contudo, ambiente, quente com boa iluminação e drenagem é mais adequado para o seu cultivo (ALVARENGA, 2004).

O fruto do tomateiro é do tipo baga, com diferentes tamanhos e formatos, constituindo-se de película, polpa, placenta e sementes (FILGUEIRA, 2008). Internamente é dividido em dois ou mais lóculos, onde as sementes encontram-se imersas na mucilagem placentária (ALVARENGA, 2004). Para a maioria das cultivares, os frutos são de coloração vermelho vivo quando maduros, resultante da combinação da cor da polpa com a película amarela. A cor vermelha deve-se aos carotenóides e, principalmente, ao licopeno. O peso dos frutos varia de menos de 25 g, tipo cereja, até mais de 400 g, tipo salada (FIORI, 2006).

O tomate é classificado como fruto climatérico e está entre os produtos agrícolas recordistas em perdas, em razão da sua elevada perecibilidade. Deve-se ater em práticas culturais que contribuam para maior vida de prateleira dos frutos. O complexo processo de

maturação dos frutos é controlado geneticamente e coordenado por uma série de alterações fisiológicas e bioquímicas que afetam, principalmente, o sabor, flavor, cor e textura. O amadurecimento caracteriza-se por uma sequência de alterações sincronizadas e evidenciadas por mudanças na taxa respiratória, produção de etileno, síntese de carotenóides, desenvolvimento de flavor e ocorre a alteração na textura (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

### **3.3. Nutrição do tomateiro**

O tomateiro é considerado uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes e responde a elevadas doses de fertilizantes químicos (FONTES e SILVA, 2002). Segundo Alvarenga (2004), os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura variam principalmente de acordo com o estado de desenvolvimento da planta e com a cultivar. Outros fatores, como temperatura do ar e do solo, luminosidade, época de plantio, sistema de condução de plantas e espaçamento, também pode alterar a quantidade de nutrientes absorvidos.

De acordo com Epstein e Bloom (2006) os elementos minerais essenciais à planta, do ponto de vista da nutrição mineral, são: C (carbono), H (hidrogênio), O (oxigênio), N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), S (enxofre), B (boro), Cl (cloro), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Mo (molibdênio), Zn (zinco) e Ni (níquel). A deficiência ou excesso de um elemento mineral influencia na atividade de outros e exerce efeito no metabolismo da planta. Huber (1980) ressalta que a presença de um elemento no solo não implica necessariamente na disponibilidade para o crescimento da planta, pois a disponibilidade é em função da quantidade, forma e solubilidade, capacidade assimilativa e de condições do meio ambiente, como pH, umidade e temperatura.

Além dos elementos essenciais para as plantas, existem aqueles que são benéficos, importantes no crescimento e desenvolvimento normal das plantas, mas sua falta não é considerada fator limitante, entre eles, o elemento Si possui funções estruturais e metabólicas sobre a fisiologia vegetal e gera benefícios a várias espécies de plantas (KORNDÖRFER, 2006).

Os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e produção são usualmente estudados em termos das suas funções no metabolismo das plantas. Além disso, a nutrição mineral pode também influenciar o crescimento e a produção das plantas cultivadas de forma secundária, causando modificações na forma de crescimento, morfologia, anatomia e na sua

composição química. Os nutrientes minerais podem influenciar os níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas, devido à influência que exercem sobre os processos bioquímicos ou fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados (FERREIRA et al., 2006).

O emprego da nutrição mineral adequada, por meio de adubação com níveis ótimos, é ambientalmente sustentável, com enorme potencial para diminuir o uso de agroquímicos e aumentar a produtividade por meio de nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente, o que significa plantas mais produtivas, com menor ataque de pragas e doenças e mais vigorosas, além da preservação da saúde humana (SANTOS, 2008).

### **3.4. Aspectos relacionados à pós-colheita de frutos de tomate**

O fruto do tomateiro possui, em sua composição, aproximadamente 93 a 95% de água, do restante (5 a 7% de massa seca), 92% é formada por vários compostos carbônicos, metade dos quais se constitui de açúcares, como a glicose e frutose, e um oitavo refere-se aos outros ácidos orgânicos que, conjuntamente com os açúcares, contribuem com o típico sabor ácido/doce. Há também sólidos insolúveis em álcool e outros compostos (MORGAN, 2001). Embora as vitaminas estejam presentes em uma pequena proporção do total da massa seca, estas substâncias são importantes do ponto de vista nutricional (EMBRAPA, 2003). Dentre as vitaminas, a vitamina C apresenta-se em maior quantidade, com teor que varia de 11,2 a 21,6 mg 100g<sup>-1</sup> (ALVARENGA, 2004).

De acordo com Anaç et al. (1994), as principais características que devem ser consideradas na determinação da qualidade de frutos de tomate são: acidez, concentração de sólidos solúveis, acidez titulável, teores de vitamina C, licopeno e massa seca. O licopeno se destaca por ser responsável pela caracterização do tomate em alimento funcional, sendo o fruto de tomate principal fonte de licopeno na dieta humana.

O pigmento licopeno (C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>), presente em frutos de tomate, pertence ao subgrupo dos carotenóides não oxigenados, sendo caracterizado por uma estrutura acíclica e simétrica contendo 11 ligações duplas conjugadas (RAO, 2002). Devido a sua estrutura química, o licopeno é considerado um dos melhores supressores biológicos de radicais livres e potente sequestrador do oxigênio *singlet* (uma forma reativa de oxigênio, o principal radical livre causador de câncer), tudo indica que tem propriedades antioxidantes e anticancerígenas,

comparativamente mais potente que a maior parte dos outros carotenóides plasmáticos, é duas vezes mais potente que o  $\beta$ -caroteno para neutralizar a ação do oxigênio *singlet* (DI MASCIO et al., 1989; CARVALHO et al., 2005b).

Estudos clínicos e epidemiológicos têm confirmado que dietas ricas em licopeno estão associadas com a redução do risco de desenvolvimento de câncer de próstata e ovário, bem como em menor incidência de doenças degenerativas crônicas e cardiovasculares (CRAMER et al., 2001; RAO, 2002).

O interesse pela inclusão de tomate na dieta é devido às suas propriedades nutricionais, além dos benefícios para a saúde humana ao ingeri-lo na dieta, os frutos tomates contêm baixa caloria e gordura, possuem basicamente água, açúcar (glicose e frutose), ácidos (ácido acético, ácido lático e ácido málico), vitamina C e pró-vitamina A ( $\beta$ -caroteno) e, também, traços de potássio, fósforo e ferro (MONTEIRO et al., 2008).

A composição físico-química do tomate varia consideravelmente de acordo com a cultivar (característica genética), condições de solo, temperatura, irrigação e a fertilização (GIORDANO et al., 2000).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Local do experimento**

O trabalho foi realizado no Setor de Olericultura do campus Cedeteg, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), no município de Guarapuava, a uma latitude de 25°23'36"S, longitude de 51°27'19"W e altitude de 1.120 m, localizado no Planalto de Guarapuava, fazendo parte do Terceiro Planalto do Estado do Paraná.

De acordo com o IAPAR (2000) e segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cfb - Clima temperado propriamente dito, com características climáticas descritas por Caviglione (2000) de temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida, com geadas frequentes e severas no inverno. A precipitação média anual é de 2.022 mm, e a temperatura média anual de 16,5 °C.

## **4.2. Cultivar de tomateiro**

Para avaliar os efeitos dos silicatos em plantas de tomateiro utilizou-se a cultivar Kada Gigante VF 2500, do grupo Santa Cruz. Esta cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, ciclo entre 180 a 250 dias, fruto tipo Santa Cruz e massa média de 130 g por fruto. Outro aspecto inerente a pesquisa é que esta cultivar não apresenta constituição genotípica, que confere a característica de “longa-vida”, sendo seus frutos considerados “moles” com baixa conservação pós-colheita.

## **4.3. Delineamento experimental e tratamentos**

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados completos, com 15 tratamentos e quatro repetições, totalizando 60 parcelas. Cada parcela foi constituída por quatro vasos contendo uma planta cada.

Os tratamentos foram constituídos num esquema fatorial 3 x 5, correspondente a três fontes de silicatos [silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ), silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) e silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )] e cinco doses de Si (equivalentes a 0,100, 200, 400 e 800  $\text{kg ha}^{-1}$  de Si), conforme Tabela 1. As doses dos silicatos foram parceladas em três épocas: antes do plantio das mudas, início do florescimento e durante a frutificação, aplicada na forma sólida, a 5 cm de profundidade e 5 cm da base da planta, com doses iguais para cada época.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos avaliados no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

Tratamentos	Fontes	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de Si)
T 01		0
T 02		100
T 03	Silicato de Cálcio	200
T 04		400
T 05		800
T 06		0
T 07		100
T 08	Silicato de Potássio	200
T 09		400
T 10		800
T 11		0
T 12		100
T 13	Silicato de Sódio	200
T 14		400
T 15		800

#### 4.4. Condução do experimento

A condução do experimento compreendeu o período entre a semeadura, realizada em 10 de outubro de 2009, até o término da colheita dos frutos em 23 de março de 2010.

Para a produção das mudas de tomateiro, as sementes foram semeadas em caixas de polipropileno contendo substrato comercial PLANTMAX<sup>®</sup>. Quando as plântulas emergiram, foram repicadas para bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial PLANTMAX<sup>®</sup>. As bandejas foram mantidas em casa-de-vegetação e receberam irrigação e tratamento fitossanitário adequados.

O transplântio ocorreu quando as mudas apresentaram dois pares de folhas expandidas, com 15 cm de altura, 35 dias após a semeadura. As mudas foram transplantadas para vasos de polipropileno contendo 7, 1 dm<sup>3</sup> de solo.

Foi utilizado solo de sub-superfície classificado como Latossolo Bruno álico distrófico, segundo a Embrapa (2006). Para preenchimento dos vasos o solo foi peneirado e homogeneizado, sendo os níveis de pH corrigidos, com base na análise química de solo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise química do solo utilizado no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010. (Metodologia de RAIJ et al., 2001).

pH	Mo	P (mehlich)	K	Ca	Mg	Al	H+	SB	CT	S	B	Fe	Cu	Mn	Zn
	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol dm <sup>-3</sup>						mg dm <sup>-3</sup>						
5,0	37,6	1,1	0,1	3,4	1,9	0	5,3	5,4	11	7,3	0,23	129	1	43,2	1,4

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo estufa capela, onde os vasos foram alocados no espaçamento de 1,0 m entre linhas e de 0,4 m entre plantas, utilizando quatro linhas, onde cada linha constituiu um bloco. Para evitar contato com o solo os vasos foram mantidos suspensos a 20 cm do solo com uso de um suporte de cerâmica (tijolo).

Utilizou-se o sistema tutorado em espaldeira vertical com estacas, uma por planta, no sentido vertical, com altura de 1,7 metros. Todas as plantas sofreram poda apical acima da terceira folha após o sétimo cacho, para uniformizar a altura e o número de cachos. As plantas foram conduzidas com haste única e as desbrotas realizadas uma vez por semana.

A irrigação utilizada foi por sistema de gotejamento, com turno de rega de acordo com as condições climáticas e o estágio de crescimento da planta, sendo efetuada, em média, de 12 em 12 horas, no período da manhã e final da tarde, com duração de 15 minutos e lâmina d'água de aproximadamente 5 mm dia<sup>-1</sup>.

A adubação foi parcelada em doze vezes durante todo o ciclo, sendo que as doses de fertilizantes utilizadas foram de acordo com a necessidade e recomendações técnicas para a cultura do tomateiro (ALVARENGA, 2004). As fontes utilizadas foram uréia, nitrato de cálcio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, totalizando 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, 500 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 350 kg ha<sup>-1</sup> de Ca via solo. Para complementar a adubação, oito aplicações de cálcio (10% de Ca) e boro (0,5% de B), na quantidade referente a 400 litros por hectare, foram aplicadas via foliar.

O experimento não sofreu competição de plantas invasoras. Foram realizadas pulverizações, com produtos químicos específicos e registrados para a cultura do tomateiro no estado do Paraná, para o controle de pragas (triflumurom, 250 g kg<sup>-1</sup>, 15 g de i.a. 100 L<sup>-1</sup> água; acefato, 750 g kg<sup>-1</sup>, 100 g p.c. 100<sup>-1</sup> L; pimetrozina, 500 g kg<sup>-1</sup>, 40 g p.c. 100<sup>-1</sup> L) e patógenos (oxicloreto de cobre, 250 g i.a. 100 L<sup>-1</sup> água; Metalaxil-m + Mancozebe, 300 g p.c. 100<sup>-1</sup> L; azoxystrobin, 16 g p.c. 100 L<sup>-1</sup> água; thiamethoxam 750 g kg<sup>-1</sup>, 20 g 100<sup>-1</sup> L água; clorotalonil 720 g L<sup>-1</sup> 126 g i.a. 100<sup>-1</sup> L água) quando o nível de dano econômico era

ultrapassado.

A colheita dos frutos foi realizada manualmente, acondicionando os frutos em sacos plásticos com a identificação da respectiva parcela. Após a colheita, os frutos foram pesados e classificados em comerciais e não comerciais (frutos rachados). A colheita foi iniciada por volta da décima primeira semana, após a sementeira e procedeu-se uma vez por semana até o quinto cacho de tomate, estendendo-se até oitava semana, após o início da colheita. Amostras de frutos e folhas foram utilizadas nas avaliações.

#### **4.5. Avaliações – Nutrição da planta**

##### **4.5.1. Teor de silício na folha**

Foi determinado o teor de Si em amostras de oito folhas e pecíolos por parcela, retirados do tomateiro, acima do segundo e terceiro cacho durante o florescimento, de acordo com Silva e Vale (2007). As amostras foram secadas até atingirem massa constante, em estufa de circulação forçada de ar à temperatura 70°C e moídas, utilizando moinho tipo “Willey”. A determinação do teor de Si foi realizada por meio da metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004), com valores expressos em g kg<sup>-1</sup> de massa seca da folha.

##### **4.5.2. Teor de silício no fruto**

Foi determinado o teor de Si em frutos colhidos do segundo e terceiro cacho, as amostras foram compostas por dois frutos maduros por parcela, foram secadas até atingirem massa constante, em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 70°C. Em seguida, foram maceradas em cadinhos de porcelana até atingir aspecto de pó e a determinação do teor de Si foi realizada por meio da metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004), sendo os valores expressos em g kg<sup>-1</sup> de massa seca do fruto.

## **4.6. Avaliações – Características de produção**

### **4.6.1 Massa seca foliar**

Foi avaliado massa seca foliar, com base nas amostras coletadas de folhas de tomateiro acima do segundo e terceiro cacho durante o florescimento (SILVA e VALE, 2007). As amostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura constante de 70°C, até atingir peso constante. Para avaliar a massa seca foliar foi calculado a proporção da massa seca em relação à massa fresca das folhas, sendo os valores expressos em porcentagem (%).

### **4.6.2. Produção total de frutos**

A partir do somatório das massas de todos os frutos colhidos, após o estágio *breaker* de maturação, de cada parcela, durante as oito semanas de colheitas, foi obtida a produção total de frutos com valores expressos em toneladas por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ).

### **4.6.3. Massa média de frutos**

Foi obtido por meio da razão entre a massa total de frutos e o número total de frutos de cada parcela, valores médios de todas as colheitas, expressos em gramas por fruto ( $g\ fruto^{-1}$ ).

### **4.6.4. Produção de frutos com rachaduras**

Foi considerado fruto rachado aquele que apresentou algum dano na superfície que caracterizasse um dano fisiológico do tipo rachadura, mesmo que superficial sendo expressos em tonelada por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ).

### **4.6.5. Massa seca de frutos**

Foi avaliada a massa seca de frutos, com base na amostra de dois frutos maduros com coloração vermelho-intensa em toda sua superfície, foram colhidos do segundo e terceiro

cacho em cada parcela. Os frutos foram secos em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura constante de 70°C, até atingir peso constante. Para avaliar a massa seca de fruto foi calculada a proporção da massa seca em relação à massa fresca do fruto, sendo os valores expressos em porcentagem (%).

#### **4.7. Avaliações – Característica de pós-colheita**

Para realizar as análises químicas de pós-colheita foram utilizadas amostras, contendo três frutos maduros, colhidos do segundo e terceiro cacho, com coloração vermelho-intensa em toda sua superfície. Foram retiradas as sementes e a polpa foi armazenada em freezer, sob temperatura de -30°C, no escuro, protegida com papel alumínio, pelo período de oito semanas até realização das análises. Para as determinações das características químicas (sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C e licopeno) foram utilizadas alíquotas da amostra da polpa do fruto triturada e homogeneizada utilizando processador de alimentos em baixa rotação (3000 rpm), durante dois minutos para cada amostra.

##### **4.7.1. Conteúdo de sólidos solúveis**

A determinação do teor de sólidos solúveis foi realizada pela leitura direta em refratômetro de bancada (em temperatura ambiente) marca Optech modelo RMT valores expressos em graus Brix (°BRIX). Foram utilizadas alíquotas (duas gotas filtradas em cada medição) de polpa de tomate.

##### **4.7.2. Acidez titulável**

A determinação de acidez titulável foi realizada pelo método titulométrico. Foram utilizadas alíquotas de 10 gramas de polpa de tomate, 100 mL de água destilada e duas gotas de fenolftaleína, sendo que esta solução foi titulada com solução padrão de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Os valores foram expressos em porcentagem de ácido cítrico (g de ácido cítrico 100g<sup>-1</sup> de tecido fresco), conforme técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

#### **4.7.3. Teor de vitamina C**

A determinação do teor de vitamina C foi realizada por meio do método titulométrico descrito por AOAC (1984) modificado por Benassi e Antunes (1988), no qual uma alíquota de 25 gramas da polpa de tomate, adicionadas à 50 gramas de ácido oxálico 2% e, desta solução, foram retiradas 20 gramas para que fossem transferidas para balão volumétrico de 50 mL e completadas com ácido oxálico. Após, a solução foi filtrada em papel filtro e retirou-se uma alíquota de 10 mL para titulação com DCFI (2,6-diclorofenol-indofenol). Os resultados foram expressos em mg de vitamina C por 100 g de amostra.

#### **4.7.4. Pigmentos carotenóides – Licopeno**

A determinação de licopeno foi obtida por análise espectrofotométrica. Foram tomadas alíquotas de 5,0 gramas de polpa de tomate, adicionado 40 mL de acetona procedendo-se, a agitação desta solução por 1 hora, utilizando-se agitador Multi Shaker MMS a 200 rpm. Em seguida, procedeu-se a filtragem a vácuo com o auxílio de um Kitassato envolto em papel alumínio para evitar a foto-oxidação dos pigmentos, esta amostra foi transferida para funil de separação e foram adicionados 45 mL de éter de petróleo. A solução dos pigmentos em éter de petróleo foi transferida para balão volumétrico completando-se o volume para 100 mL com éter de petróleo. A leitura no espectrofotômetro SP-2000UV Spectrum, foi feita no comprimento de onda de 470 nm (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). O teor de licopeno foi obtido pela fórmula, valores expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

#### **4.7.5. Firmeza de fruto**

Foi determinada utilizando penetrômetro de bancada Soilcontrol/USA, modelo PDF-200, com ponteira de 8 mm. Foram tomadas duas leituras em pólos opostos na região equatorial do fruto no total de dez frutos maduros, com coloração vermelha em toda a superfície, avaliada por parcela, após a remoção do epicarpo, sendo os resultados expressos em Newton (N).

#### 4.7.6 Durabilidade pós-colheita

A determinação da durabilidade de frutos de tomate pós-colheita foi realizada quanto à firmeza pela técnica de aplanação (CALBO e NERY, 1995). Foram colhidos cinco frutos para cada parcela no estágio *breaker* de maturação, devidamente identificados, armazenados em câmara fria com temperatura controlada (15°C) e umidade relativa de 60%, onde permaneceram durante todo o período das sucessivas avaliações (20 dias), utilizando a técnica a cada dois dias, até os frutos apresentarem-se moles.

Em aparelho denominado ‘aplanador central’ (CALBO e NERY, 1995), os frutos receberam a pressão de 1,238 kgf, denominado ponto de prova (F). Na base desse ponto de prova, uma pequena placa de acrílico no sentido horizontal atuava diretamente na superfície do fruto, sempre em um mesmo ponto previamente demarcado na região equatorial, onde permanecia por 15 segundos. A pressão direta sobre o fruto promovia a formação de uma superfície de contato de formato elipsoidal, delimitada por uma marca de óleo mineral (colocava-se uma gota de óleo mineral no ponto marcado). Com um paquímetro mediram-se o maior diâmetro (a) e o menor diâmetro (b) da elipsóide delineada. A área da superfície foi calculada pela expressão  $A = 0,7854 \times a \times b$ . A firmeza (P) foi determinada pela razão do ponto de prova (F) pela área aplanada (A). Os resultados dessa relação foram expressos em  $N\ m^{-2}$ , em que maiores valores indicam frutos mais firmes.

Por meio desta avaliação foi possível determinar a firmeza inicial do fruto no estágio *breaker* de maturação, a meia vida da firmeza (período em pós-colheita que o fruto leva para ter sua firmeza reduzida à metade em relação à inicial) e o número de dias decorridos para que os frutos atingissem as firmezas de  $3,0 \times 10^4\ N\ m^{-2}$  e  $2,0 \times 10^4\ N\ m^{-2}$ . O estágio de firmeza dos frutos, que corresponde ao limite abaixo do qual esses não são mais considerados adequados para o consumo, corresponde experimentalmente, a um valor situado entre  $3,0 \times 10^4\ N\ m^{-2}$  e  $2,0 \times 10^4\ N\ m^{-2}$ , razão pela qual se procurou estimar o tempo decorrido após a colheita necessário para que a firmeza fosse reduzida a esses valores. Esses tempos representam, portanto, a capacidade de conservação (vida de prateleira) dos frutos considerados.

#### **4.8. Análises estatísticas**

Os dados obtidos das características agronômicas, físico-químicas e conservação pós-colheita foram submetidos à análise de variância, utilizando o software Sisvar 4.0 (FERREIRA, 2000) e as características que apresentaram diferença das médias em resposta a fontes de silicatos foram comparadas pelo teste Tukey a 5 e 1% de probabilidade, e a análise de regressão foi realizada em resposta a doses de Si, neste caso, as equações foram derivadas para determinação dos pontos de máxima e mínima e os valores de  $R^2$  das equações de regressão tiveram suas significâncias testadas pelo teste F. Foi realizado teste de correlação de Pearson, aplicando o teste t aos níveis de 5 e 1% de probabilidade de erro, entre as características avaliadas, por meio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2009).

Para o ajuste da marcha de perda de firmeza dos frutos ao longo do tempo, foi empregada regressão. Utilizou-se o modelo de decaimento exponencial com transformação logarítmica seguida de regressão linear, com auxílio do programa computacional SAS (2002) (Statistical Analysis System). A meia vida da firmeza (T) foi obtida pela regressão dos dados de firmeza (P), de cada parcela, no número de dias decorridos (X), mediante o modelo estatístico de decaimento exponencial:  $P=P_0 \times (1/2)^{X/T}$ , em que  $P_0$ = firmeza inicial ( $N\ m^{-2}$ ) dos frutos no estágio *breaker* de maturação; T= meia vida da firmeza (dias); P= firmeza ( $N\ m^{-2}$ ) depois de TR decorrido X dias. Com base na equação ajustada, foram determinados para cada parcela: a firmeza inicial do fruto no estágio *breaker*; a meia vida da firmeza; o número de dias decorridos para que os frutos atingissem as firmezas de  $3,0\ 10^4\ x\ N\ m^{-2}$  e  $2,0\ 10^4\ x\ N\ m^{-2}$ .

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1. Nutrição da planta - Teores de silício**

##### **5.1.1. Teor de silício nas folhas**

O maior acúmulo de Si ocorre nos órgãos que apresentam maior taxa de transpiração. O Si aparece naturalmente em altas concentrações nas folhas de certas culturas. Na cana-de-açúcar, por exemplo, as concentrações podem variar desde valores muito baixos em folhas

jovens (0,14% de Si) até valores muito altos em folhas maduras (6,7% de Si) (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995).

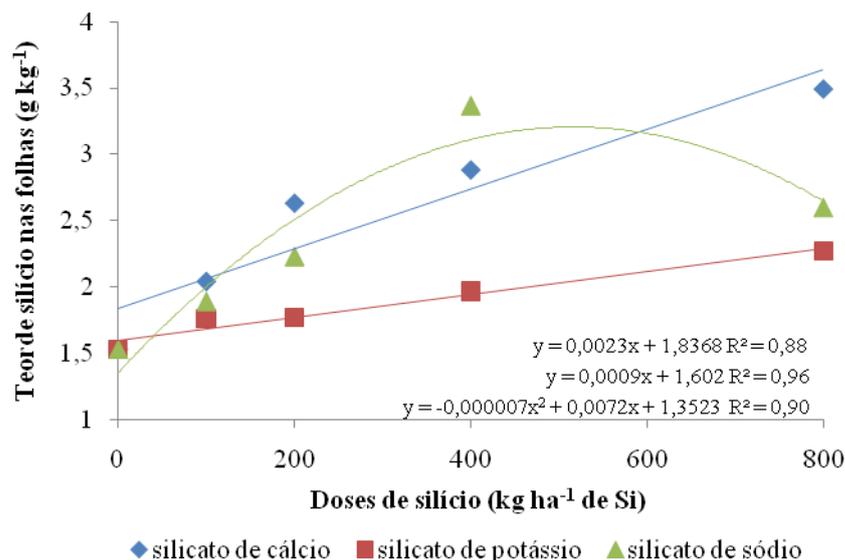
As folhas de tomateiro analisadas apresentaram teores de Si diferentes estatisticamente em resposta aos tratamentos com doses e fontes de Si, também, houve interação significativa entre doses e fontes (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância dos teores de silício foliar e fruto. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

F.V.	G.L.	QM	
		Teor de silício foliar	Teor de silício fruto
Bloco	3	0	0,01
Fontes	2	2,27 **	9,51 **
Doses	4	3,51 **	1,73 **
Fontes x Doses	8	0,54 **	0,83 **
Resíduo	42	0,01	0,01
Média		2,23	2,68
CV%		5,15	3,65

\*\*\*, Significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; ns não significativo.

Teores de Si nas folhas em resposta aos tratamentos com doses para cada fonte desse elemento foram analisados por meio de regressão (Figura 1). De forma geral, a fonte silicato de cálcio proporcionou maiores teores de Si nas folhas e pela equação de regressão linear ( $R^2=0,88$ ) a dose de  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, condicionou maior teor de Si foliar ( $3,49 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para o silicato de sódio, as médias se ajustaram a uma equação de segundo grau ( $R^2=0,90$ ) com ponto de máxima no teor de Si foliar de  $3,2 \text{ g kg}^{-1}$  na dose equivalente de  $514 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si. Já os valores para o silicato de potássio se ajustaram a uma equação linear ( $R^2=0,96$ ) com maior teor de Si foliar ( $2,27 \text{ g kg}^{-1}$ ) na dose de  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si.



**Figura 1.** Teor de silício nas folhas de tomateiro cv. Kada Gigante ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em relação às fontes silicato de cálcio, silicato de potássio e silicato de sódio em resposta a doses de silício ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

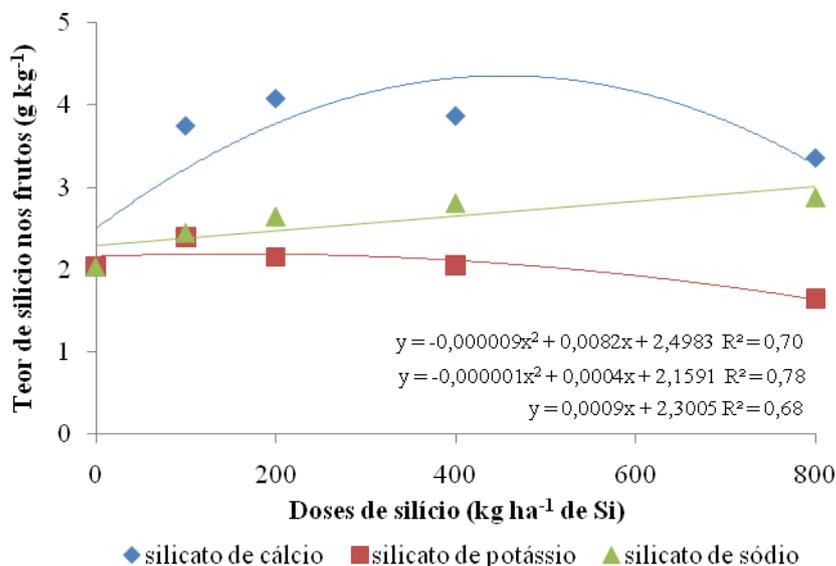
Pereira et al. (2003) relatam que maior absorção de silício pelo tomateiro ocorre quando se tem maior disponibilidade de elemento no solo. Mitani e Ma (2005) observaram aumento na absorção de Si por plantas de tomate submetidas a maiores concentrações do elemento na solução nutritiva. Pereira e Vitti (2004) observaram maiores teores de Si em folhas de tomateiro nos tratamentos com as maiores doses de Si. Pulz et al. (2008), observaram que a aplicação de silicato proporcionou maior teor de Si nas folhas das plantas de batata, mesmo em condições de deficiência hídrica.

### 5.1.2. Teor de silício nos frutos

Os frutos de tomateiro apresentaram teores de Si diferentes estatisticamente em resposta aos tratamentos com doses e fontes de Si, havendo também interação significativa entre doses e fontes (Tabela 3). A média geral dos teores de Si no fruto foi de  $2,68 \text{ g kg}^{-1}$ .

Teores de Si no fruto em resposta aos tratamentos com doses para cada fonte foram analisados por meio de regressão (Figura 2). De forma geral, a fonte silicato de cálcio proporcionou maiores teores de Si nos frutos, ajustando os valores a uma equação quadrática ( $R^2=0,70$ ). O ponto de máxima foi obtido no valor de  $4,36 \text{ g kg}^{-1}$ , na dose de  $455 \text{ kg ha}^{-1}$  de

Si. Doses de silicato de sódio se ajustaram a uma equação linear ( $R^2=0,68$ ) com máximo teor de Si no fruto no valor de  $2,88 \text{ g kg}^{-1}$ , na dose de  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si. Doses de silicato de potássio também se ajustaram a uma equação quadrática ( $R^2=0,78$ ) com ponto de máxima no teor de Si no fruto no valor de  $2,2 \text{ g kg}^{-1}$ , na dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si.



**Figura 2.** Teor de silício nos frutos de tomateiro cv. Kada Gigante ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em relação às fontes silicato de cálcio, silicato de potássio e silicato de sódio, em resposta a doses de silício aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

O teor de Si na folha não apresentou correlação com o teor de Si no fruto ( $0,57^{ns}$ ) (Tabela 4). Com relação ao teor de Si na cultivar Kada Gigante, os frutos ( $2,68 \text{ g kg}^{-1}$ ) apresentaram maiores teores do que as folhas ( $2,23 \text{ g kg}^{-1}$ ). Considerando que a espécie de tomateiro é classificada como não acumuladora de Si, o seu acúmulo pode ser mais intenso nas regiões que apresentam maior força de dreno metabólica, independente da taxa transpiratória, diferindo assim de outras espécies vegetais classificadas como acumuladoras de Si.

**Tabela 4.** Resumo das correlações entre as características avaliadas.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(1) Teor de silício foliar		0,57 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>*</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,87 <sup>*</sup>	0,92 <sup>*</sup>	0,91 <sup>*</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>*</sup>	0,98 <sup>**</sup>	0,98 <sup>**</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
(2) Teor de silício fruto			0,57 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,90 <sup>*</sup>	0,88 <sup>*</sup>	0,89 <sup>*</sup>	0,93 <sup>*</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>*</sup>	0,94 <sup>*</sup>	0,97 <sup>**</sup>	0,96 <sup>*</sup>	0,99 <sup>**</sup>
(3) Massa seca foliar				0,34 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,85 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>*</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>
(4) Produção total de frutos					0,64 <sup>ns</sup>	-0,70 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>*</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>*</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>*</sup>	0,85 <sup>ns</sup>
(5) Massa média de frutos						0,06 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
(6) Produção de frutos com rachaduras							-0,93 <sup>*</sup>	-0,95 <sup>*</sup>	-0,75 <sup>ns</sup>	-0,90 <sup>*</sup>	-0,87 <sup>*</sup>	-0,93 <sup>*</sup>	-0,78 <sup>ns</sup>	-0,96 <sup>**</sup>	-0,85 <sup>ns</sup>	-0,92 <sup>*</sup>
(7) Massa seca de frutos								0,97 <sup>**</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>**</sup>	0,97 <sup>**</sup>	0,94 <sup>*</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>*</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
(8) Sólidos solúveis									0,78 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>**</sup>	0,96 <sup>**</sup>	0,96 <sup>**</sup>	0,88 <sup>*</sup>	0,95 <sup>*</sup>	0,89 <sup>*</sup>	0,88 <sup>*</sup>
(9) Acidez titulável										0,74 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>**</sup>	0,90 <sup>*</sup>	0,98 <sup>**</sup>	0,93 <sup>*</sup>
(10) Vitamina C											0,99 <sup>**</sup>	0,95 <sup>*</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>*</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>
(11) Licopeno												0,96 <sup>**</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
(12) Firmeza do fruto													0,65 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>*</sup>	0,87 <sup>*</sup>	0,88 <sup>*</sup>
(13) Firmeza inicial (breaker)														0,92 <sup>*</sup>	0,99 <sup>**</sup>	0,94 <sup>*</sup>
(14) Meia vida															0,96 <sup>**</sup>	0,98 <sup>**</sup>
(15) Número de dias para firmeza $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$																0,97 <sup>**</sup>
(16) Número de dias para firmeza $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$																

\*\*\*, Significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste t; <sup>ns</sup> não significativo. Guarapuava-PR, UNICENTRO,

2010.

## 5.2. Características de produção

### 5.2.1. Massa seca foliar

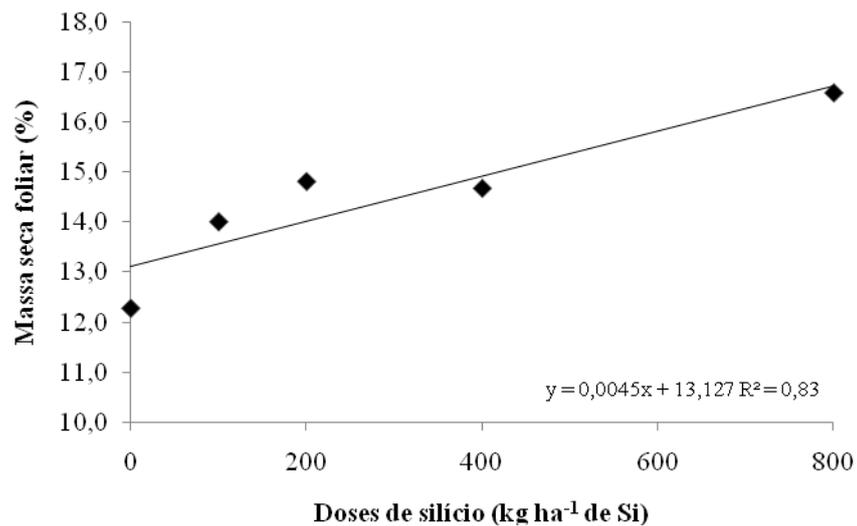
Na análise de massa seca foliar, os tratamentos com as diferentes fontes de silicatos não demonstraram efeito significativo, porém as doses de Si apresentaram diferenças. Não houve interação significativa entre doses e fontes (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância das características: massa seca foliar, produção total de frutos, massa média de frutos, produção de frutos com rachaduras e massa seca de frutos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

F.V.	G.L.	QM				
		Massa seca foliar	Produção total de frutos	Massa média de frutos	Produção de frutos com rachaduras	Massa seca de frutos
Bloco	3	6,18 <sup>ns</sup>	66,49 <sup>ns</sup>	51,58 <sup>ns</sup>	5,62 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>
Fontes	2	2,50 <sup>**</sup>	11,15 <sup>**</sup>	14,02 <sup>ns</sup>	3,66 <sup>**</sup>	0,34 <sup>**</sup>
Doses	4	28,94 <sup>ns</sup>	86,16 <sup>ns</sup>	37,20 <sup>ns</sup>	11,72 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>
Fonte x Doses	8	8,17 <sup>ns</sup>	13,85 <sup>ns</sup>	24,96 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	6,816	20,8320	30,4295	1,525	0,159
Média		14,47	57,64	87,49	2,60	4,65
CV%		18,04	7,92	6,31	47,41	8,57

<sup>\*\*</sup>, Significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

As médias de massa seca foliar se ajustaram por meio da equação de regressão ao modelo linear ( $R^2=0,83$ ), indicando que o aumento da massa seca foliar ocorreu em resposta ao incremento da dose de Si, atingindo valor de 16,58 % na dose de 800 kg ha<sup>-1</sup> de Si (Figura 3).



**Figura 3.** Massa seca foliar de tomateiro cv. Kada Gigante, valores expressos em porcentagem, em resposta a doses de silício aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

A massa seca foliar e teor de Si na folha correlacionaram entre si (0,88\*), indicando que o tomateiro cv. Kada Gigante absorveu Si pelas raízes e houve translocação para as folhas, órgão que possui alta taxa transpiratória, em quantidades suficientes para promover ganho significativo em massa seca foliar da planta.

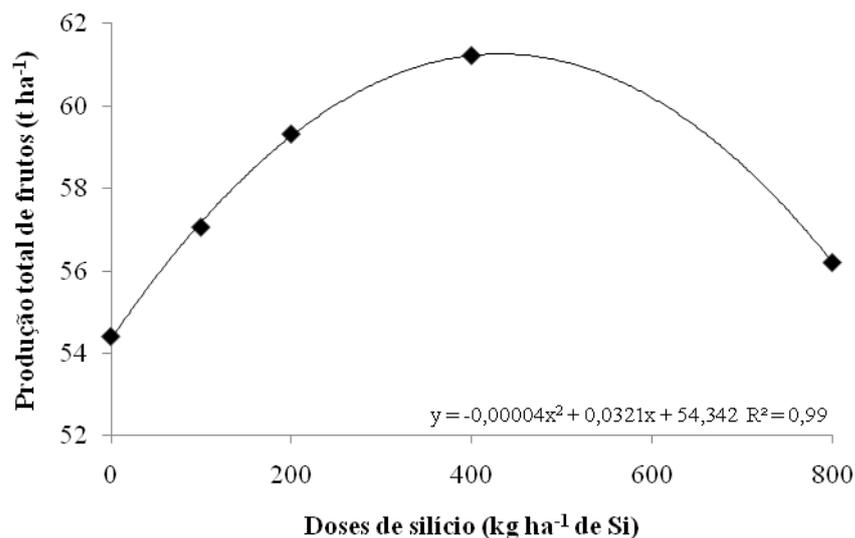
Maiores valores de massa seca foliar em resposta a doses de Si, se explica pelo fato do elemento Si presente na folha apresentar funções no metabolismo celular. O Si pode ativar enzimas como a peroxidase, quitinase, 1,3-glucanase, polifenoloxidase, proteinase, fenilalanina amônia-liase e lipoxigenases em plantas de algodão e pepino (INBAR et al., 2001; CORREA et al., 2005), essas enzimas desempenham papel no metabolismo dos compostos fenólicos, como a lignina (AGUIRRE et al., 2007). O Si colabora para uma melhor eficiência fotossintética da planta, além de reduzir a transpiração celular, devido à baixa funcionalidade dos estômatos e delgada camada de cera epicuticular (SILVA, 2007) resultando em maior acúmulo de sólidos nos tecidos foliares. Em morangueiro, plantas pulverizadas com Si apresentaram significativamente maior quantidade de massa seca (parte aérea e raízes), quando comparados com as plantas testemunhas (WANG e GALLET, 1998). Braga et al. (2009) observaram que silicato de sódio promove o aumento de massa fresca e seca em propágulos micropropagados de morangueiro. Al-Aghabary et al. (2004) observaram em sua pesquisa que tratamento de Si em tomateiro proporcionou maior acúmulo

de massa seca em todas as partes da planta (folha, caule, raiz e total da planta) sob estresse salino. Em sorgo, Hattori et al. (2005) verificaram que a aplicação de Si promoveu maior taxa fotossintética, aumento da taxa de crescimento e acúmulo de massa seca nas plantas de sorgo sob deficiência hídrica. Em morango, Korndörfer e Lepsch (2001) relataram que as plantas tratadas com Si produziram significativamente mais massa seca, medida pela massa da parte aérea e da raiz, do que o tratamento controle, sem esse elemento.

### **5.2.2. Produção total de frutos**

Na avaliação da produção total de frutos, não houve diferenças significativas entre as diferentes fontes de silicatos aplicadas, no entanto, quando se refere às doses, observou-se efeitos significativos. Não houve interação significativa entre doses e fontes (Tabela 5).

A Figura 4 demonstra a influência de doses de Si na produção total de frutos do tomateiro. As médias foram submetidas à análise de regressão e apresentaram comportamento quadrático ( $R^2=0,99$ ). Observou-se aumento de produção em resposta as doses de Si, até o ponto de máximo equivalente a dose  $401 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, com produção total de frutos de  $60,78 \text{ t ha}^{-1}$ . Apartir dessa dose ocorreu diminuição da produção, possivelmente devido ao excesso de silicatos. De acordo com Korndörfer et al. (2002), dependendo da fonte de Si que se utiliza, doses muito elevadas podem causar desequilíbrio nutricional de outros elementos para as plantas. Desta forma, o excesso dos elementos acompanhantes dos silicatos (cálcio, potássio e sódio) pode ter causado deficiência de outros nutrientes para a planta, como magnésio e fósforo, resultando em perdas significativas nas maiores doses dos silicatos.



**Figura 4.** Produtividade total de frutos de tomate cv. Kada Gigante (t ha<sup>-1</sup>) em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com Elawad e Green Júnior (1979) que observaram que doses crescentes de Si disponíveis para o tomateiro geram aumento de produtividade. Fiori (2006) encontrou resultados semelhantes, em que a aplicação de escória siderúrgica agrícola, como fonte de Si, promoveu aumento no número total de frutos e aumento na produtividade, à medida que se aumentava as doses aplicadas no tomateiro, fato atribuído ao acréscimo da disponibilidade de Si no solo. Entretanto, na cultura do tomateiro, nem sempre pode-se notar aumento em produtividade, pois de acordo com Pereira et al. (2003) e Pereira e Vitti (2004) a produção de tomates foi ligeiramente superior quando houve maior disponibilidade de Si para a planta, mas não foi suficiente para diferir estatisticamente.

A maior produtividade observada está relacionada, provavelmente, ao maior número de frutos por planta, pois mostra que o Si tem efeito benéfico na fixação de frutos, resultando na menor taxa de abortamento de flores e frutos nos tratamentos com doses próximas ao ponto de máxima, haja vista que Miyake e Takahashi (1978) relacionaram aborto de frutos em tratamentos com soluções com baixo teor de Si em tomateiro. Em pepino, Miyake e Takahashi (1983) observaram que a quantidade total de frutos produzida era maior nas plantas em que o Si foi aplicado, comparado com os tratamentos em que o Si não foi disponibilizado, resultando em maior produtividade. Em estudo de fertilização com Si em morangueiro notou-se também que a quantidade total de frutos produzidos foi muito mais alta do que nas plantas

onde o Si não foi aplicado (MIYAKE e TAKAHASHI, 1986; KORNDÖRFER e LEPSCH, 2001). Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho encontram-se em acordo com a literatura, inferindo-se que o Si contribui significativamente para o aumento da produtividade na cultura do tomateiro, seja por meio do provável aumento dos teores de clorofila (AL-AGHABARY et al., 2004), seja pelo menor índice de abortamento, o que resulta em maior número de frutos produzidos. Pelos resultados infere-se também que doses elevadas de silicatos podem trazer efeitos negativos, considerando que doses acima de 401 kg ha<sup>-1</sup> reduziram a produtividade. Esse fato está relacionado basicamente com o desequilíbrio nutricional causado pelo Si ou pelos próprios íons acompanhantes cálcio, potássio e sódio que competem pelos mesmos sítios de entrada de outros nutrientes (FERNANDES e SOUZA, 2006).

O aumento na produtividade do tomateiro em resposta a doses de Si pode ser devido a seus efeitos benéficos na planta, como melhoria da arquitetura, proporcionando maiores teores de clorofila e folhas mais eretas, que interceptam maior luminosidade solar resultando em maior eficiência fotossintética (EPSTEIN, 2001).

Em gramíneas é comum observar aumento de produtividade em resposta a doses de Si, pois segundo Kidder e Gascho (1977) aumentos de produtividade variam entre 10 e 35% em cana de açúcar tratada com esse elemento. Em arroz, Datnoff et al. (2001) observaram aumento médio de 1.007 kg ha<sup>-1</sup> na produção de grãos, nos tratamentos que receberam Si na forma de silicato de cálcio e magnésio. O fornecimento de Si à cultura da batata proporciona maior altura de plantas, menor acamamento das hastes e maior produção de tubérculos comercializáveis (PULZ et al., 2008).

### **5.2.3. Massa média de frutos**

Para a característica massa média de frutos não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, independente das doses e fontes de silicatos aplicadas. Também não houve efeito significativo da interação entre doses e fontes (Tabela 5).

A massa média de frutos encontrada nesta pesquisa foi de 87,5 gramas, valores similares foram encontrados em tomate do grupo Santa Cruz por Cardoso et al. (2006) na cultivar Débora Plus (86,6 g) e Carvalho et al. (2005a) para a cultivar Débora Max (90,8 g).

Este resultado corrobora ao afirmar que a maior produtividade total de frutos

observada em resposta a doses de Si se deve ao fato de haver o maior número de frutos por planta e não pelo aumento da massa média, não ocorrendo, portanto, respostas dos silicatos sobre esta característica.

Estes dados estão de acordo com trabalhos de nutrição com Si em tomateiro, em que não foi observada diferença na massa média de frutos (PEREIRA et al., 2003; LANA et al., 2003; PEREIRA e VITTI, 2004).

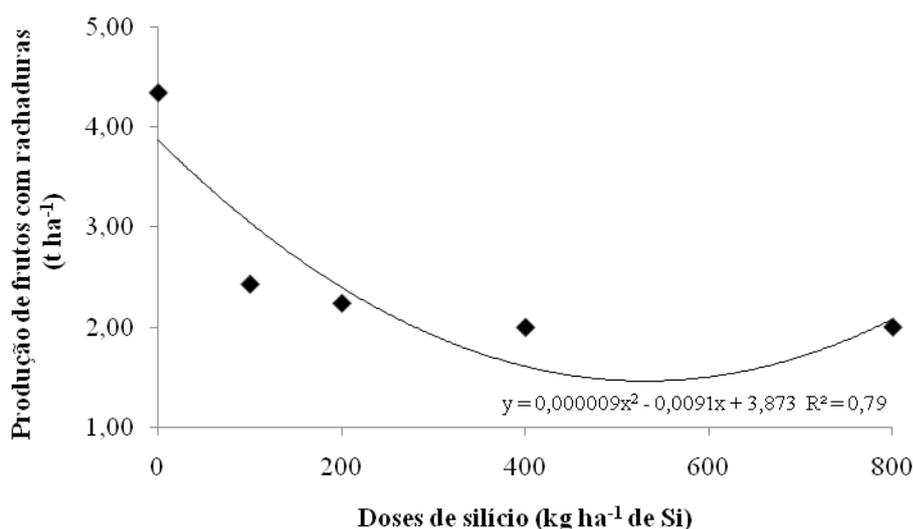
#### **5.2.4. Produção de frutos com rachaduras**

As rachaduras em frutos de tomate são distúrbios fisiológicos, em que estão envolvidos diversos fatores, no entanto, esta característica é relacionada, principalmente, com a genética (cultivar) e a fatores ambientais, como flutuação da umidade do solo e altas temperaturas incidentes sobre o fruto. A causa básica deste distúrbio é o influxo rápido de solutos e de água no fruto, normalmente na época de amadurecimento, quando a força e a elasticidade da pele são reduzidas (KINET e PEET, 1997) e a pressão manométrica do lóculo é incrementada (ALMEIDA e HUBER, 2001) ocorrendo rachaduras minúsculas, expandindo-se, posteriormente, durante o amadurecimento (PUIATTI et al., 2010).

Esta característica corresponde aos frutos indesejáveis na produção, visto que, frutos rachados não são comercializados.

Na avaliação do número de frutos com rachaduras observou-se que a presença do Si proporcionou efeitos benéficos, reduzindo o índice dessa anomalia fisiológica, porém as fontes não demonstraram efeito significativo, bem como não houve interação significativa entre doses e fontes (Tabela 5).

Os dados analisados por meio de regressão resultaram em equação quadrática ( $R^2=0,79$ ). Observou-se redução da produção de frutos rachados em resposta ao aumento das doses de Si, com ponto de mínimo de 1,57 toneladas de frutos rachados  $ha^{-1}$  na dose equivalente de 505 kg de Si  $ha^{-1}$  (Figura 5).



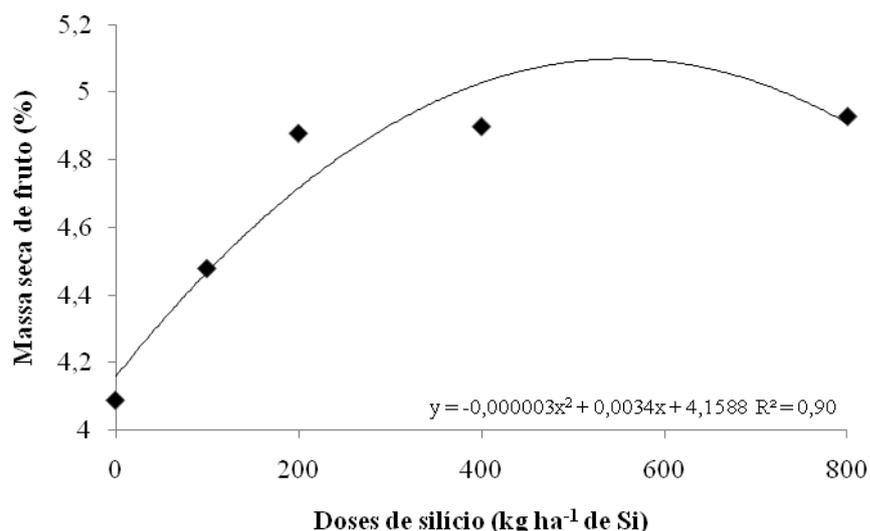
**Figura 5.** Produção de frutos de tomateiro com rachaduras, cv. Kada Gigante ( $t\ ha^{-1}$ ), em resposta a doses de silício aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

Pode-se observar que as doses de Si influenciaram positivamente na redução do número de frutos com rachaduras. Houve correlação entre o teor de Si no fruto e produção de frutos com rachaduras ( $-0,90^*$ ), isso evidencia o efeito benéfico do Si sobre os frutos de tomate, conferindo a epiderme celular maior elasticidade e resistência mecânica, possivelmente devido à maior deposição de sílica na parede celular (DAYANANDAM et al., 1983). Datnoff et al. (2001) atribui este efeito ao aumento da resistência mecânica das células. Segundo Romero-Aranda et al. (2006), devido às funções do Si em amenizar os efeitos adversos de estresse hídricos, o Si pode colaborar pela menor produção de frutos de tomate com rachaduras nos tratamentos em que este elemento esteve presente.

### 5.2.5. Massa seca de fruto

Foi analisada a massa seca de fruto e observou-se que as fontes de Si não causaram diferenças significativas entre as médias. Porém, as doses de Si causaram diferenças significativas, contudo não se constatou interação significativa entre doses e fontes (Tabela 5).

As médias de massa seca de frutos em resposta às doses de Si ajustaram-se por meio da análise de regressão em uma equação quadrática ( $R^2=0,91$ ). Observou-se incremento de massa seca do fruto em resposta ao aumento da dose de Si, com ponto de máxima no valor de 5,12 %, na dose equivalente de  $566\ kg\ ha^{-1}$  de Si (Figura 6).



**Figura 6.** Massa seca do fruto de tomateiro, cv. Kada Gigante, valores expressos em porcentagem em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

O teor de Si na folha apresentou correlação com massa seca de fruto (0,92\*). O Si absorvido pela planta provocou melhorias no metabolismo e seus efeitos foram observados na maior concentração de sólidos presentes nos frutos. Possivelmente, esse fato se deve às melhores taxas fotossintéticas em plantas nutridas com Si. Os fotoassimilados das folhas podem ser translocados para qualquer fruto, dependendo das condições da planta, principalmente, por estes serem drenos metabólicos fortes (PELUZIO et al., 1999). Nos tecidos, o Si é depositado sob a cutícula para formar uma camada dupla de Si que atua, principalmente, na manutenção da integridade do tecido (MASSEY et al., 2007).

### 5.3. Características de pós-colheita

#### 5.3.1. Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (°Brix) é uma das principais características dos frutos no que diz respeito ao sabor, visto que é nesta fração que se encontram os açúcares e os ácidos. Deste teor, cerca da metade é composta de açúcares, predominantemente glicose e frutose, e

1/8 de ácidos, principalmente, o ácido cítrico (JONES JÚNIOR, 1998). Os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos, presentes durante o processo de amadurecimento, determinam o sabor do fruto e afetam diretamente na qualidade do produto e dos subprodutos (ADELMANN, 2005; FERREIRA et al, 2006).

Os frutos de tomate apresentaram teores médios de sólidos solúveis diferentes estatisticamente em resposta aos tratamentos com diferentes doses de Si. Não foi observada diferença significativa entre as fontes dos silicatos nem interação entre fontes e doses (Tabela 6).

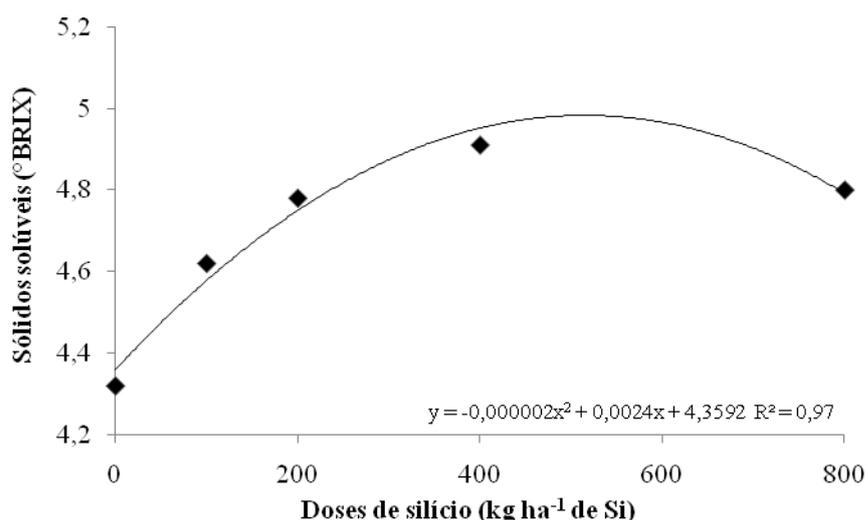
**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para as características de pós-colheita: sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, licopeno e firmeza de frutos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

F.V.	G.L.	QM				
		Sólidos solúveis	Acidez titulável	Vitamina C	Licopeno	Firmeza de fruto
Bloco	3	0,50 **	0,0017 ns	29,20 ns	229,41 **	0,06 ns
Fontes	2	0,13 ns	0,0003 ns	10,71 ns	45,18 **	12,45 **
Doses	4	0,64 **	0,0016 ns	98,86 **	117,67 **	4,60 **
Fontes x Doses	8	0,02 ns	0,0006 ns	8,30 ns	9,20 ns	1,10 **
Resíduo	42	0,0775	0,0007	13,3739	11,509	0,2188
Média		4,68	0,26	18,00	27,28	8,86
CV%		5,94	9,87	20,32	12,44	5,28

\*\*, \* Significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; ns não significativo.

A média de sólidos solúveis encontrada (4,7 °BRIX) foi superior ao relatado na literatura para a cultivar Santa Cruz Kada Gigante (3,95 °BRIX) e semelhante aos híbridos Débora Plus (4,95 °BRIX) e Débora (4,9 °BRIX) (BORGUINI, 2002; CARDOSO et al., 2006). Variação nos teores de sólidos solúveis entre 4,43 e 5,19% é comum (SAMPAIO e FONTES, 2000; FONTES et al., 2004).

Os teores de sólidos solúveis foram analisados por meio de regressão e a curva ajustada para uma equação quadrática ( $R^2=0,97$ ). Pode-se observar que ocorreu aumento do teor de sólidos solúveis nos frutos de tomate em resposta ao aumento da dose de Si, com ponto de máxima no valor de 5,08 °BRIX na dose equivalente de 600 kg ha<sup>-1</sup> de Si (Figura 7).



**Figura 7.** Sólidos solúveis, valores expressos em °BRIX, em frutos de tomateiro cv. Kada Gigante, em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

Os resultados evidenciaram efeitos benéficos do Si em aumentar, significativamente, o teor de sólidos solúveis. O teor de sólidos solúveis apresentou correlação com teor de Si foliar (0,91\*) e massa seca de frutos (0,97\*\*). Esse fato se deve, possivelmente, aos efeitos benéficos estruturais e metabólicos do Si, o que resulta em maior concentração de sólidos solúveis nos frutos. A ação benéfica do Si tem sido associada ao aumento na eficiência da capacidade fotossintética, redução da transpiração e aumento da resistência mecânica das células (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995). Valencia et al. (2003) relataram que os açúcares produzidos nas folhas de tomateiro podem ser translocados para os frutos, aumentando a concentração de sólidos solúveis dos mesmos.

O resultado observado no presente trabalho está de acordo com o relatado por Stamatakis et al. (2003) em que o teor de sólidos solúveis em frutos de tomate foi significativamente aumentado mediante aplicação de Si via adubação. 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.

### 5.3.2. Acidez titulável

A acidez titulável dos frutos do tomateiro, representada pela percentagem de ácido cítrico (g de ácido cítrico  $100\text{g}^{-1}$  de tecido fresco), corresponde ao somatório de todos os ácidos orgânicos livres, principalmente, o ácido málico, ácido tartárico, ácido oxálico e o ácido succínico, característica importante que influencia a palatabilidade dos frutos (KADER et al., 1978; BLEINROTH, 1995). O sabor dos frutos de tomate é importante característica qualitativa que atrai a atenção do consumidor.

Os frutos de tomate avaliados não apresentaram diferenças estatísticas nas médias de acidez titulável, em resposta aos tratamentos com diferentes doses e fontes de Si, nem houve interação entre fontes e doses (Tabela 6).

O valor médio dentre todos os tratamentos foi de 0,26%, considerado baixo já que valores acima de 0,32% são encontrados para tomates de alta qualidade (KADER et al., 1978). Borguini (2002) obteve na cultivar Débora Plus, acidez titulável equivalente a 0,36%, sendo semelhante a Carvalho et al. (2005a) na cultivar Débora (0,37%) em cultivo orgânico.

No entanto, cabe ressaltar que vários fatores interferem nos teores de ácidos orgânicos dos frutos, como estágio de maturação, nutrição, condição climática e principalmente a cultivar. Nesse contexto, cabe frisar que frutos da cultivar Kada Gigante apresentam menor qualidade, quando comparado aos híbridos cultivados atualmente (ALVARENGA, 2004).

O conteúdo de ácidos orgânicos tende a decrescer após o amadurecimento, durante a colheita e armazenamento, devido aos processos respiratórios, quando ocorre a oxidação para a produção de energia para o ciclo de Krebs e da conversão em açúcares (KADER et al., 1978; FENEMA, 1985).

### 5.3.3. Teor de vitamina C

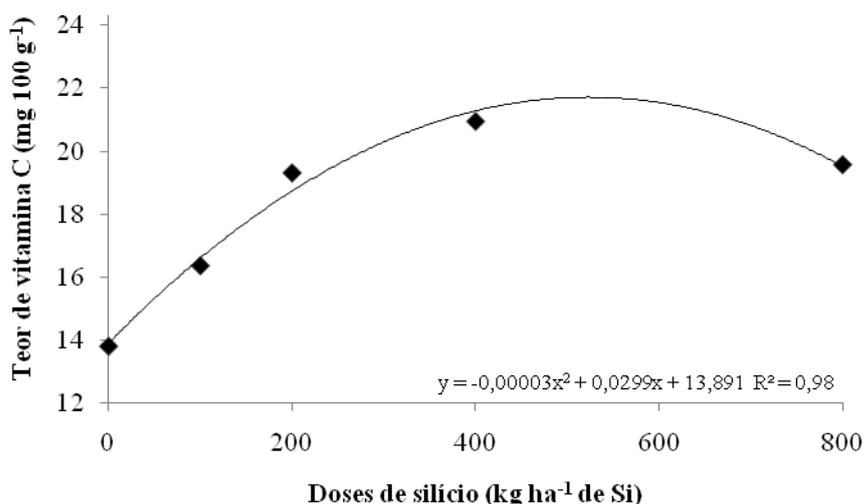
Hortaliças e frutas naturalmente possuem altos teores de vitamina C. Na atualidade, é de grande importância, devido às propriedades antioxidantes, que contribui para a redução do risco de doenças cardiovasculares e de algumas formas de câncer (BOITEUX et al., 2008).

Os frutos de tomate analisados no presente trabalho apresentaram médias nos teores de vitamina C diferentes, estatisticamente, em resposta aos tratamentos com diferentes doses de Si, contudo não foram observadas diferenças entre as fontes dos silicatos nem interação

significativa entre fontes e doses (Tabela 6).

Os valores médios de vitamina C na massa fresca dos frutos ( $18 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) está dentro da faixa aceitável, de  $10$  a  $120 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , considerada normal para tomate (FONTES et al., 2004).

Os teores de vitamina C dos frutos em resposta as doses de Si foram analisadas e a equação ajustada para um modelo quadrático ( $R^2=0,98$ ). Ocorreu aumento do teor de vitamina C em resposta ao aumento da dose de Si, com ponto de máximo no valor de  $21,34 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , na dose equivalente a  $498 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si (Figura 8). O teor de vitamina C apresentou correlação com o teor de Si na folha ( $0,94^*$ ) e massa seca de fruto ( $0,97^{**}$ ).



**Figura 8.** Teor de vitamina C ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) em frutos de tomateiro cv. Kada Gigante, em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

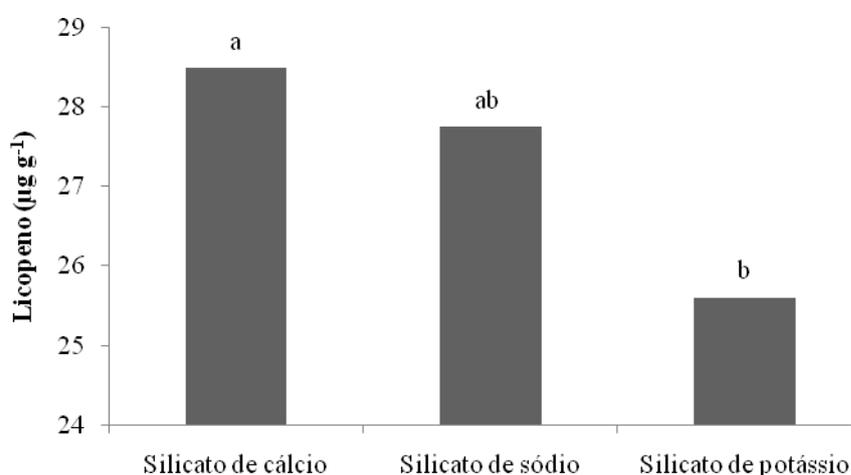
Esses resultados estão de acordo com o relato de Stamatakis et al. (2003) que observaram que o teor de vitamina C dos frutos de tomate foram aumentados em função da adição de Si na solução nutritiva. Esse fato se deve, possivelmente, aos efeitos benéficos estruturais e metabólicos do Si proporcionando melhorias qualitativas nos frutos de tomate. As funções do Si na planta estão associadas ao aumento da eficiência fotossintética. Liang (1996) relata que o Si reduz a permeabilidade da membrana plasmática de células da folha e melhora significativamente a ultra estrutura dos cloroplastos. A intensidade luminosa exerce forte influência sobre as características qualitativas dos frutos de uma forma geral (FERREIRA et al., 2006).

### 5.3.4. Pigmentos carotenóides – licopeno

A aparência do fruto, baseada principalmente na coloração, é um atributo de qualidade que afeta diretamente a sua aceitação comercial. A coloração externa do tomate é resultado da pigmentação da polpa e da casca, condicionada pela quantidade total de carotenóides, influenciada pela relação licopeno/betacaroteno, o qual confere a cor vermelha ao fruto, portanto, o licopeno está fortemente relacionado com uma melhor percepção visual (SANTOS JUNIOR et al., 2003; CARVALHO et al., 2005b; CAMPOS, 2006).

Os frutos de tomate apresentaram concentrações de licopeno diferentes estatisticamente, em resposta aos tratamentos com diferentes doses de Si e fontes dos silicatos, porém não foi observada interação significativa entre doses e fontes (Tabela 6).

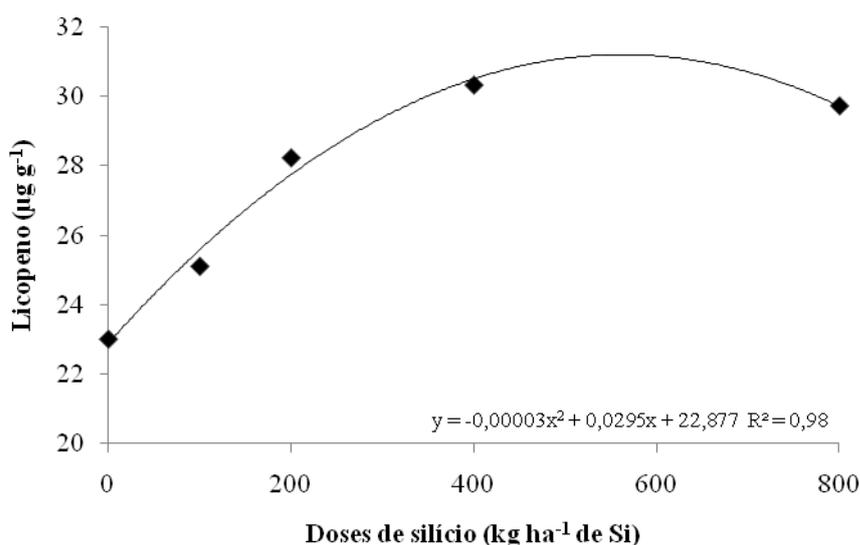
O silicato de cálcio e silicato de sódio foram os que proporcionaram maiores concentrações de licopeno no fruto (Figura 9). Esta constatação deve-se possivelmente a concentração de licopeno ser beneficiada pela maior disponibilidade de cálcio e sódio para a planta. O cálcio tem por função ser constituinte da parede celular, atua na manutenção de estrutura das membranas plasmáticas (VITTI et al., 2006). Em relação ao sódio, está relacionado à melhoria de características qualitativas em frutos de tomate, decorrente do aumento da salinidade, pela redução do teor de água no fruto, devido à adaptação da planta à salinidade, podendo também melhorar o teor de carotenóides no fruto (PETERSEN et al., 1998; DE PASCALE et al., 2001).



**Figura 9.** Concentração de licopeno em frutos de tomateiro cv. Kada Gigante em resposta às

fontes dos silicatos, aplicadas no solo (letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

A concentração de licopeno nos frutos apresentou resposta às doses de Si aplicadas no tomateiro, sendo que os valores analisados por meio de regressão se ajustaram a uma equação de modelo quadrático ( $R^2=0,98$ ). Pode-se observar aumento da concentração de licopeno em função do aumento das doses de Si, com ponto de máxima de  $30,13 \mu\text{g g}^{-1}$  na dose equivalente de  $491 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si (Figura 10).



**Figura 10.** Concentração de licopeno ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em frutos de tomateiro cv. Kada Gigante em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

A concentração de licopeno apresentou correlação com o teor de Si na folha ( $0,98^{**}$ ) e com massa seca de frutos ( $0,97^{**}$ ). A análise de regressão revelou efeitos benéficos do Si em aumentar significativamente a concentração de licopeno nos frutos de tomate (Figura 10). Stamatakis et al. (2003) observaram que o Si, em meio à salinidade induzida, melhorou significativamente as concentrações de  $\beta$ -caroteno e licopeno em frutos de tomate, onde indica claramente que uma oferta melhorada de Si para tomate, aumenta acentuadamente o teor de  $\beta$ -caroteno e licopeno. Os carotenóides são compostos antioxidantes cujo valor nutricional é reconhecida (KHACHIK et al., 1992), portanto, altas concentrações destes pigmentos em frutos de tomate aumentam a sua qualidade e aceitabilidade por parte dos consumidores.

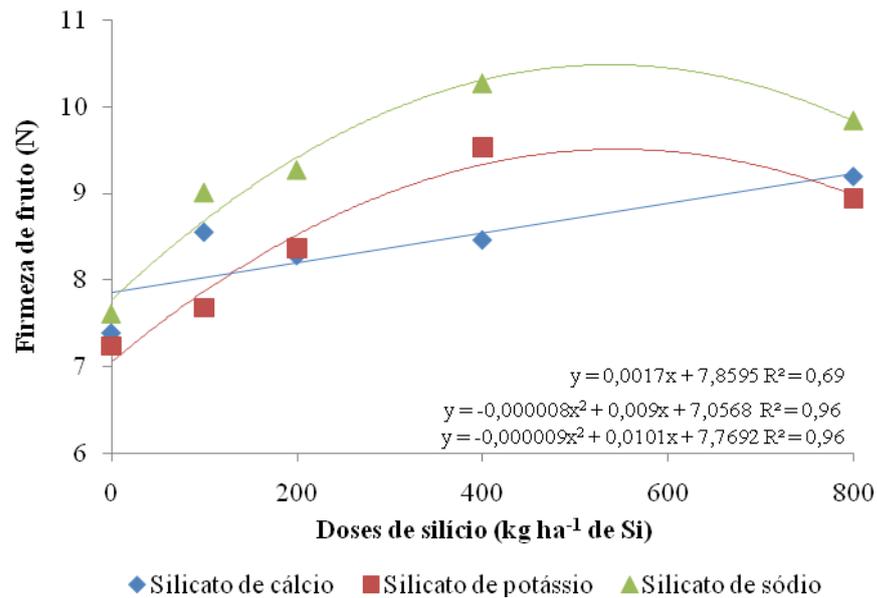
Mudanças estruturais e metabólicas na planta podem estar relacionadas aos benefícios do Si no incremento dos teores de licopeno. A ação benéfica do Si tem sido associada ao aumento na eficiência da capacidade fotossintética, redução da transpiração e aumento da resistência mecânica das células (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995). Mudanças metabólicas foram observadas por Al-Aghabary et al. (2004) onde a adição de Si resultou em aumento no teor de proteínas em 13,3%, comparado ao tratamento livre de Si.

### **5.3.5. Firmeza de fruto**

A firmeza de fruto é uma característica de conservação pós-colheita essencial durante o transporte e comercialização, também relacionada com a capacidade de armazenamento ou vida de prateleira. A perda de firmeza do fruto está relacionada a alterações nas características dos polissacarídeos da parede celular, resultado da atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular que interferem na integridade dos tecidos, ação das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (VILAS BOAS, 1998; CHITARRA e CHITARRA, 2005)

Houve diferenças estatísticas nas médias de firmeza dos frutos, em resposta aos tratamentos com diferentes doses de Si e fontes de silicatos. Também houve interação significativa entre fontes e doses (Tabela 6).

A firmeza do fruto apresentou correlação com o teor de Si no fruto (0,88\*) e com teor de Si na folha (0,98\*\*). A análise de regressão revelou efeitos significativos do Si em aumentar a firmeza dos frutos mesmo na menor dose (100 kg ha<sup>-1</sup> de Si), independentemente, da fonte utilizada. Esse fato deve-se, principalmente, aos efeitos benéficos estruturais do Si nos frutos de tomate (Figura 11). O Si é acumulado nos tecidos das plantas, depositado, principalmente, na parede celular, aumentando a rigidez das células (ADATIA e BESFORD, 1986). As células epidérmicas ficam mais grossas e um grau maior de lignificação e/ou silicificação. Os resultados encontrados estão de acordo com Stamatakis et al. (2003) que observaram que a firmeza dos frutos de tomate foram reforçadas pela adição de Si na solução nutritiva padrão. Pulz et al. (2008) relatam maior resistência mecânica dos tecidos da batateira com o acúmulo de Si nas hastes e sua associação com a cutícula, bem como sua polimerização em tecidos do vegetal, reduzindo o acamamento das hastes.



**Figura 11.** Firmeza de frutos de tomateiro cv. Kada Gigante ( $N m^{-2}$ ) em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

A firmeza dos frutos do tratamento com silicato de sódio, em análise de regressão, teve suas médias ajustadas para um modelo quadrático ( $R^2=0,96$ ), sendo a fonte que demonstrou melhor desempenho em relação à firmeza de frutos, com ponto de máxima igual a 10,6 N, na dose equivalente de 561  $kg ha^{-1}$  de Si. As médias da fonte silicato de potássio, em análise de regressão foram ajustadas a um modelo quadrático ( $R^2=0,96$ ), com ponto de máxima no valor de 9,5 N, na dose equivalente de 562  $kg ha^{-1}$  de Si. A firmeza dos frutos nos tratamentos com silicato de cálcio teve suas médias ajustadas a um modelo linear ( $R^2=0,69$ ), tendo apresentado menor efeito sobre a firmeza dos frutos, sendo que na dose de 800  $kg ha^{-1}$  de Si os frutos atingiram firmeza de 9,2 N. Pode-se evidenciar que a interação da dose aproximada de 560  $kg ha^{-1}$  de Si nas fontes de silicato de sódio e silicato de potássio proporcionaram maiores valores de firmeza de fruto do tomate, assim, frutos que tiveram estes tratamentos terão melhores condições de armazenamento e durabilidade pós-colheita.

### 5.3.6. Durabilidade pós-colheita

A durabilidade pós-colheita de fruto de tomate é uma característica de grande importância relacionada com a sua conservação desde a colheita, até o seu consumo final, ou seja, capacidade de armazenamento ou vida de prateleira. A firmeza do fruto do tomate está

relacionada às pectinas, substâncias quando associadas com a celulose e hemicelulose auxiliam na adesão entre as células, sendo considerado, o principal agente cimentante da parede celular, contribuindo, desta forma, para firmeza, resistência mecânica e coesividade do tecido (ZHONGDONG et al., 2006). A perda da firmeza é devido à degradação da parede celular, por meio da maior atividade de enzimas hidrolíticas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

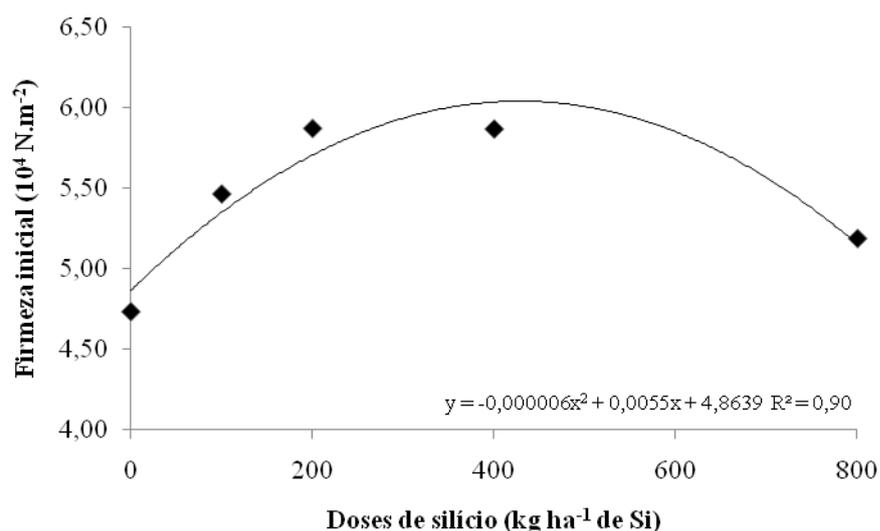
Os resultados de firmeza inicial dos frutos de tomate analisados indicaram diferenças estatísticas nas médias em resposta aos tratamentos com diferentes doses e fontes de Si, porém, não se constatou interação significativa entre fontes e doses (Tabela 7).

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância para as características de durabilidade pós-colheita: firmeza inicial (*breaker*)  $10^4$  N m<sup>-2</sup>, “meia vida” da firmeza, número de dias para firmeza  $3,0 \times 10^4$  N m<sup>-2</sup> e número de dias para firmeza  $2,0 \times 10^4$  N m<sup>-2</sup>. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

F.V.	G.L.	QM			
		Firmeza inicial ( <i>breaker</i> )	Meia vida da firmeza (dias)	Número de dias para firmeza $3,0 \times 10^4$ N m <sup>-2</sup>	Número de dias para firmeza $2,0 \times 10^4$ N m <sup>-2</sup>
Bloco	3	0,16	2,52	9,19	1,02
Fontes	2	6,82 **	3,33 *	10,10 **	4,16 **
Doses	4	2,78 **	21,83 **	40,86 **	55,84 **
Fonte x Doses	8	0,04 ns	0,91 ns	0,87 ns	0,83 ns
Resíduo	42	0,26	0,81	1,07	0,79
Média		5,42	10,56	10,45	14,64
CV%		9,45	8,53	9,89	6,08

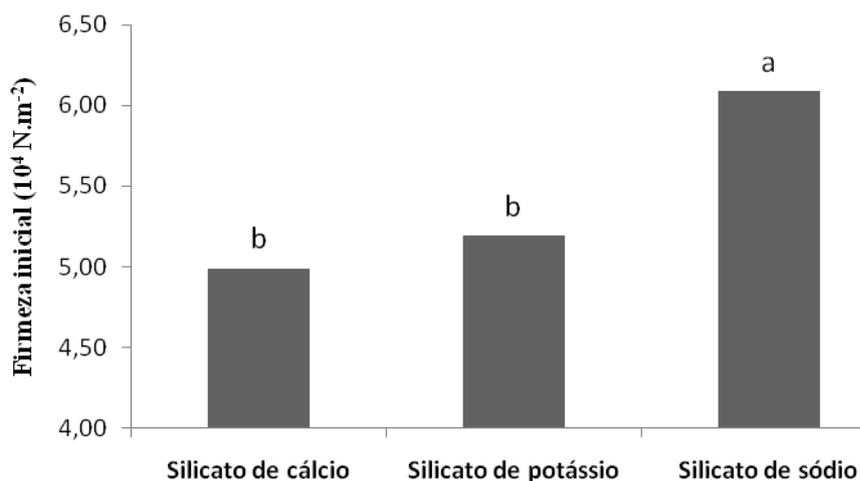
\*\*\*, Significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; ns não significativo.

A Figura 12 mostra a influência de doses de Si sobre a firmeza inicial. As médias foram submetidas à análise de regressão e apresentaram comportamento que se ajusta a uma equação quadrática ( $R^2=0,90$ ). Houve aumento da firmeza inicial dos frutos em resposta ao aumento da dose de Si, atingindo firmeza inicial de máxima, no valor de  $6,12 \times 10^4$  N m<sup>-2</sup>, na dose equivalente a 458 kg ha<sup>-1</sup> de Si. Altas doses de silicatos podem ter causado desequilíbrios nutricionais nos frutos, revertendo o efeito benéfico do Si a partir da dose de 458 kg ha<sup>-1</sup> de Si.



**Figura 12.** Firmeza inicial ( $10^4 \text{ N m}^{-2}$ ) de frutos de tomate cv. Kada Gigante, colhidos no estágio *breaker* de amadurecimento, em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

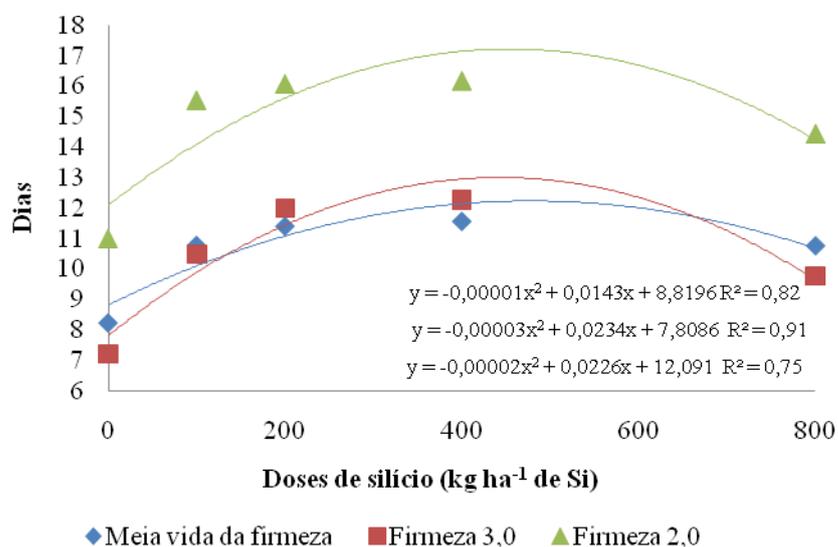
A fonte silicato de sódio proporcionou maior firmeza inicial de frutos em comparação às demais (Figura 13).



**Figura 13.** Firmeza inicial ( $10^4 \text{ N m}^{-2}$ ) de frutos de tomate cv. Kada Gigante, colhidos no estágio *breaker* de amadurecimento, em resposta as fontes dos silicatos, aplicadas no solo (letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

Nas avaliações tanto de meia vida da firmeza, como do número de dias para os frutos atingirem as firmezas de  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  e  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ , houve diferenças significativas entre as doses e entre as diferentes fontes de Si aplicadas, no entanto, quando se refere à interação entre fontes e doses não houve diferença significativa (Tabela 7).

A Figura 14 mostra a influência de doses de Si na meia vida da firmeza, no número de dias para firmeza de  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  e número de dias para firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ . As médias foram submetidas à análise de regressão e apresentaram comportamento com ajuste a uma equação quadrática ( $R^2=0,82$ ;  $R^2=0,91$  e  $R^2=0,75$ , respectivamente). Houve aumento no número de dias para atingir a meia vida, firmeza de  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  e firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  do fruto em resposta ao aumento da dose de Si, com ponto de máxima no valor de 13,9 dias na dose de  $715 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, 12,4 dias na dose de  $390 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si e 18,5 dias na dose de  $565 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, respectivamente.

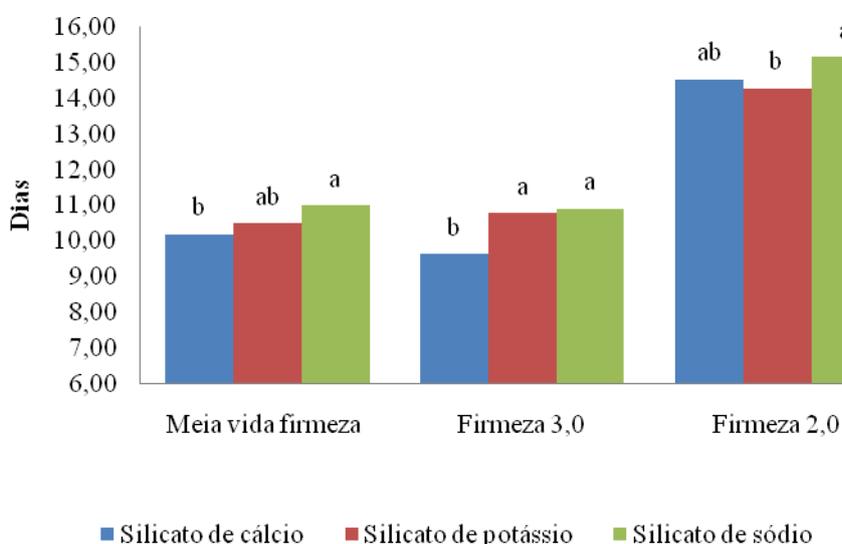


**Figura 14.** Meia vida da firmeza, número de dias para firmeza  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ , número de dias para firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  de frutos de tomate cv. Kada Gigante em resposta a doses de silício, aplicadas no solo. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

Em relação às fontes de silicatos utilizadas, a de sódio e de potássio apresentaram os maiores valores em dias em relação à meia vida da firmeza, 11,0 e 10,5 dias, respectivamente, e firmeza  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ , 10,9 e 10,7 dias respectivamente, porém para a característica de

firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  as fontes silicato de sódio e silicato de cálcio apresentaram os maiores valores, 15,2 e 14,5 dias, respectivamente (Figura 15).

De maneira geral, a função do sódio e do potássio nas plantas é similar, dentre elas se destacam as funções de ativador de ampla gama de enzimas e da ATPase; está envolvido no movimento osmótico da membrana; favorece a acumulação de frutose, promovendo a conversão de frutose à glicose; pode aumentar o conteúdo de sacarose na planta; reduz a mobilidade da abertura dos estômatos e a absorção de sódio na presença de potássio é capaz de melhorar o vigor e a cor da folhagem (KORNDÖRFER, 2006). Estas funções de sódio e potássio podem estar envolvidas na firmeza do fruto devido à maior concentração de solutos, gerando melhores condições de manutenção fisiológica celular, promovendo maior durabilidade pós-colheita dos frutos.



**Figura 15.** Meia vida da firmeza, número de dias para firmeza  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ , número de dias para firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ , de frutos de tomateiro cv Kada gigante, em resposta as fontes dos silicatos, aplicadas no solo. (letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para ‘meia vida’ da firmeza, e a 1% de probabilidade para firmeza 3,0 e 2,0 ). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2010.

O teor de Si no fruto apresentou correlação com firmeza inicial no estágio *breaker*, meia vida da firmeza, número de dias para firmeza  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  e número de dias para firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ , 0,94\*, 0,97\*\*, 0,96\* e 0,99\*\*, respectivamente. Estes dados demonstram que o Si teve importante função estrutural na conservação pós-colheita dos frutos

de tomateiro cv. Kada Gigante. O Si confere à epiderme celular maior elasticidade e resistência mecânica, possivelmente, devido à maior deposição de sílica na parede celular, de acordo com Dayanandam et al. (1983).

Resende et al. (2007) evidenciaram efeito do Si em promover a melhor conservação pós-colheita de alface, observado visualmente que o tratamento com Si promoveu menor oxidação nas folhas externas e “cabeças” mais compactas, as quais conservaram melhor a coloração verde, comparativamente à testemunha (sem Si), que se mostrou com coloração marrom, devido ao maior grau de oxidação dos tecidos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tomateiro cv. Kada Gigante apresentou resposta à fertilização com silicatos, a maior disponibilidade de silício no solo, na forma de silicatos de cálcio, potássio e sódio, proporcionou maior absorção, redistribuição e acúmulo de silício na planta. Observou que o acúmulo de silício não apresentou correlação entre teor de silício na folha e teor de silício no fruto, e pode-se constatar que o maior acúmulo de silício ocorre no fruto, ponto máximo do teor de silício no fruto igual a  $4,36 \text{ g kg}^{-1}$  na fonte de silicato de cálcio na dose de  $455 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, sendo maior que o teor de silício encontrado na folha, ponto máximo de  $3,49 \text{ g kg}^{-1}$  na fonte silicato de cálcio na dose equivalente a  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si.

As possíveis funções do nutriente silício, estruturais e metabólicas, corroboraram com as características agronômicas, no tomateiro cv. Kada Gigante. Pode-se observar efeito positivo no aumento da massa seca foliar, dose de silício equivalente a  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, e massa seca do fruto, dose de silício equivalente a  $566 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si. Consequentemente, as características químicas avaliadas também foram beneficiadas, o maior conteúdo de sólidos solúveis nos frutos de tomate foi observado na dose  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, a maior concentração de vitamina C foi obtida na dose de  $498 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si e maiores teores de licopeno na dose de  $491 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si. A acidez titulável não teve influência dos tratamentos, e não apresentou correlação com as outras características químicas citadas anteriormente.

A presença do silício no fruto desempenhou importantes funções estruturais nos frutos de tomateiro cv. Kada Gigante. Pode-se notar que à medida que se aumentava a dose, contribuía para reduzir o número de frutos com rachaduras, na dose de  $505 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si obteve os melhores resultados. Silicato de sódio, na dose média de  $492 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si,

contribuiu para aumentar o período de conservação pós-colheita dos frutos de tomate, apresentando maior firmeza inicial dos frutos, “meia vida” do fruto de tomate e número de dias para atingir firmeza  $3,0 \cdot 10^4 \text{ N m}^{-2}$  e  $2,0 \cdot 10^4 \text{ N m}^{-2}$ .

## 7. CONCLUSÃO

A dose de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si aumenta a produtividade do tomateiro cv. Kada Gigante.

O silício promove melhorias na qualidade físico-químicas dos frutos de tomate, por aumentar os sólidos solúveis, vitamina C, licopeno, firmeza do fruto e condicionar melhor durabilidade pós-colheita dos frutos de tomateiro cv. Kada Gigante.

Há correlações positivas e significativas para teor de Si na folha, com as características: massa seca foliar, massa seca de frutos, sólidos solúveis, vitamina C, licopeno e firmeza do fruto. Há correlações positivas e significativas para teor de Si no fruto, com as características: massa seca de frutos, sólidos solúveis, firmeza do fruto, firmeza inicial (estádio *breaker* de maturação), meia vida do fruto, dias para firmeza  $3,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$  e dias para firmeza  $2,0 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ . Há correlações negativas e significativas para fruto com rachaduras, com as características: teor de Si na folha, teor de Si no fruto e massa seca de frutos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATIA, M.H.; BESFORD, R.T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, v.58, p.343-351, 1986.

ADELMANN, J. **Própolis: variabilidade composicional, correlação com a flora e bioatividade antimicrobiana/antioxidante**. 2005. 167p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba,

AGUIRRE, C.; CHÁVEZ, T.; GARCÍA, P.; RAYA, J.C. El silicio en los organismos vivos. **Interciencia**, v.32, p.504–509, 2007.

AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q.H. Influence of silicon supply on chlorophyll

content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of plant nutrition**, v.27, n.12, p.2101–2115, 2004.

ALMEIDA, D.P.F.; HUBER, D.J. Transient increase in locular pressure and occlusion of endocarpic apertures in ripening tomato fruit. **Journal of Plant Physiology**, v.158, n.2, p.199-203, 2001.

ALMEIDA, G.D.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C.; VICENTINI, V.D.; HOLTZ, A.M.; SERRÃO, J.E. Calcium silicate and organic mineral fertilizer increase the resistance of tomato plants to *Frankliniella schultzei*. **Phytoparasitica**, v.37, p.225–230, 2009.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate**: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia, 1º Ed. Lavras, MG, 2004. 393p.

ANAÇ, D.; ERIUCE, N.; KILINÇ, R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. **Acta Horticulturae**, v.376, p.243-250, 1994.

BARCELO, J.; POSCHENRIEDER, C.H.; VÁZQUEZ, M.D. Aluminum phytotoxicity. **Fertilizer Research**, The Hague, v.43, p.217-223, 1996.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of methaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.31, n.4, p.507-513, 1988.

BLEINROTH, E.W. Determinação do ponto de colheita. In: EMBRAPA-SPI. **Tomate para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília, Frupex, 1995. p. 9-20.

BOITEUX, L.S.; MELO, P.C.T.; VILELA, J.V. Tomate para Consumo in natura. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Ed.). **Agricultura Tropical**: Quatro Décadas de Inovações Tecnológicas, Institucionais e Políticas. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 2008. p. 557-567.

BORGUINI, R.G. **Tomate** (*Lycopersicon esculentum* Mill.) **orgânico**: o conteúdo nutricional e opinião do consumidor. 2002. 110p. Tese (Mestre em Agronomia / Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, Piracicaba.

BRADY, N.C. **The nature and properties of soil**. New York: Macmillan Publishing Company, ed.10, 1992. 750p.

BRADBURY, M.; AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* in saline soil. **Plant and Soil**, v.125, p.71-74, 1990.

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

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.14-18, maio, 1995.

CAMPOS, F.M. **Avaliação de práticas de manipulação de hortaliças visando a preservação de vitamina C e carotenóides**. 2006. Dissertação mestrado. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa.

CARDOSO, S.C.; SOARES, A.C.F.; BRITO, A.S.; CARVALHO, L.A.; PEIXOTO, C.C.; PEREIRA, M.E.C.; GOES, E. Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.269-274, 2006.

CARVALHO, J. de G.; MACHADO, A.Q.; NASCIMENTO, I.R. do; BOAS, R.C.V. Desempenho da cultura do tomate adubado com silifétil. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, julho, 2002.

CARVALHO, J.L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate: Um mercado que não pára de crescer globalmente. In: **Revista Hortifruti Brasil**, CEPEA – USP/ESALQ, n.58, 2007. p.6-14.

CARVALHO, L.A.; TESSARIOLI NETO, J.; ARRUDA, M.C.; JACOMINO, A.P.; MELO, P.C.T. Caracterização físico-química de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.3, p.295-298, 2005a.

CARVALHO, W.; FONSECA, M.E.N.; SILVA, H.R.; BOITEUX, L.S.; GIORDANO, L.B. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 232, n.3, p.819-825, jul-set, 2005b.

CAVIGLIONE, J.H.; L.R.B.; KILHL, P.H.; CARAMORI, D.; OLIVEIRA, L. PUGSLEY, A. **Cartas climáticas do Paraná**. 2000. IAPAR (CD-ROM).

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

CORREA, R.S.B.; MORAES, J.C.; AUAD, A.M.; CARVALHO, G.A. Silicon and acibenzolar-s-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci*. **Neotropical Entomology**, v.34, p.429–433, 2005.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl na resistência de plantas de trigo ao *Schizaphis graminum*. **Neotropical Entomology**, v.35, p.834–839, 2006.

CRAMER, D.W.; KUPER, H.; HARLOW, B.L.; TITUS-ERNSTOFF, L. Carotenoids, antioxidants and ovarian cancer risk in pre- and postmenopausal women. **International Journal of Cancer**, v.94, n.1, p.128-134, 2001.

DANNON E.A.; WYDRA K. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.64. p.233–243, 2004.

DATNOFF, L.E.; AVILA, F.R. The role of silicon in suppressing rice diseases. **APSnet Feature**, February, 2005.

DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Effect of calcium silicate on brown spot and sheath blight intensities and yields of rice. **Plant Disease**, v.75, p.729-732, 1991.

DATNOFF, L.E.; SEEBOLD, K.W.; CORREA-V, F.J. The use of silicon for integrated disease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. In DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier, 2001.

DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRANK, C. I. **Detection of silica in plants**. Amer. J. Bot., v. 70, p.1079-1084, 1983.

DE PASCALE, S.; MAGGIO, A.; FOGLIANO, V.; AMBROSINO, P.; RITIENI, A. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. **J. Horticultural Science e Biotechnology**, v.76, p.447-453, 2001.

DI MASCIO, P.; KAISER, S.; SIES, H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.274, n.2, p.532- 538, 1989.

DUTRA, M.R.; GARCIA, A.L.A.; PAIVA, B.R.T.L.; ROCHA, F.S.; CAMPOS, V.P. Efeito do silício aplicado na semeadura do feijoeiro no controle de nematóides de galhas. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.29, p.172, 2004.

ELAWAD, S.H.; GREEN JÚNIOR, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista il riso**, v.28, p.235-253, 1979.

ELAWAD, S.H.; STREET, J.J.; GASCHO, G.J. Response of sugarcane to silicate source: and rate. I. Growth and yield. **Agronomy Journal**, v.74, p.481-484, 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistemas de Produção:** Cultivo de tomate para industrialização. 2003. Versão eletrônica. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/importancia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/importancia.htm)> Acesso: 12 jan. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 2006. 412p.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.91, p.11-17, 1994.

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

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs concepts. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in agriculture.** The Netherlands: Elsevier Science. 2001.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas:** Principios e perspectivas. 3 ed. Londrina, Planta, 403p. 2006.

FAO. Faostat: Production crops. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> > Acesso em: 10 de janeiro de 2011

FAUTEUX, F.; RÉMUS-BOREL, W.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiology Letters**, v.249, p.1-6, 2005.

FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopathology**, v. 88, p. 396–401, 1998.

FAWE, A.; MENZIES, J.G.; CHERIF, M.; BELANGER, R.R. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. editors. **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science; p. 159–69, 2001.

FENEMA, Q.R. **Food chemistry**. Marcel Dekker, New York, 1985.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo cap.5, 2006. p.115-152.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**. v.24, p.141-145, 2006.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, ed. 3, 2008. 421p.

FIORI, M.P. **Comportamento de cultivares de tomateiro quanto à utilização de escórias siderúrgicas em ambiente protegido**. 2006. 54p. Dissertação Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília- UNIMAR. Marília, SP.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. da. Doenças e pragas: é seguro comer tomate? In: **Produção de Tomate de Mesa**, 2002, p.97-129.

FONTES, P.C.R.; LOURES, J.L.; GALVÃO, J.C.; CARDOSO, A.A.; MANTOVANI, E.C. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.614-619, jul-set. 2004.

FNP. **Tomate**. **AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira**. 2010. p.490-496.

FRIESEN, D.K.; SANZ, J.I.; CORREA, F.J.; WINSLOW, M.D.; OKADA, K.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. Silicon deficiency of upland rice on highly weathered savanna soils in COLOMBIA. I. Evidence of a major yield constraint. In: **Conferência internacional de arroz para a América Latina e para o Caribe**, n.9, Goiânia, 1994.

GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. p. 36-59.

GHANMI, D.; MCNALLY, D J.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R.R. Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: A pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, 64, p. 189–199, 2004.

GOMES, F B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D.; GOUSSAIN, M.M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v.62, p.547–551, 2005.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v.169, p.313-321, 2005.

HAMMOND, K.E.; EVANS, D.E.; HODSON, M.J. Aluminium/silicon interactions in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. **Plant and Soil**, v.173, n.1, p.89-95, 1995.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. **Physiology Plant**, v.123, p. 459-466, 2005.

HODSON, M.J.; WHITE, P.J.; MEAD, A.; BROADLEY, M.R. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. **Annals of botany**, Londres, v.96, p.1027-1046, 2005.

HOPPS, H.C.; CARLISLE, E.M.; McKEAGUE, J.A.; SIEVER, R. Van; SOEST, P.J. Silicon. In: MERTZ, W. Geochemistry and the Environment. Washington, **National Academic Society**, v.2, p.54-72, 1977.

HORST, W.J.; MARSCHNER, H. Effect of silicon on manganese tolerance on bean-plants (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, v.50, p.287-303, 1978.

HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.). **Plant pathology**: an advanced treatise. New York : Academic, v.5, 1980. p. 381-406.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas Climáticas do Paraná. Londrina, 2000. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em 03 de nov. 2010.

INANAGA, S.; OKASAKA, A. Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoots. **Soil Science and Plant Nutrition**. v.41, p.103-110, 1995.

INBAR, M.; DOOSTDAR, H.; GERLING, D.; MAYER, R.T. Induction of systemic acquired resistance in cotton by BTH has a negligible effect on phytophagous insects. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.99, p.65-70, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p. 2008.

IWASAKI, K.; MEIER, P.; FECHT, M.; HORST, W.J.; Effects of silicon supply on apoplastic manganese concentrations in leaves and their relation to manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Plant and Soil**, v.238, p.281-288. 2002.

JONES JR, JB. **Tomato plant culture** - in the field, greenhouse, and home garden. New York: CRC Press. 1998. 199p.

JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Silica in soils, plants and animals. **Advances in Agronomy**, v.19, p.107-149, 1967.

KADER, A.A.; MORRIS, L.L.; CHEM, P. Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.103, p.70-73, 1978.

KHACHIK, F.; GOLI, M.B.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.; LUSBY, W.R.; TENORIO, M.D.; BARRERA, M.R. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.390-398, 1992.

KIDDER, G.; GASCHO, G.J. **Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane**. Agronomy Facts, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, n.65, 1977.

KINET, J.M.; PEET, M.M. Tomato. In: WIEN, H.C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. CAB International, Wallingford, UK, 1997. p.207–258.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, n.70, p.1-3, 1995.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E.; CORRÊA, G.F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna 7 soils from Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.22, n.1, p.93-102, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; LEPSCH, I. Effect of silicon on plant growth and yield. In: DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, H.K.; SNYDER, G.H. (coord.) **Silicon in Agriculture**. 1. p. Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands. 2001.

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

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.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 1).

KVEDARAS, O.L.; KEEPING, M.G.; GOEBEL, F.R.; BYRNE, M.J. Larval performance of the pyralid borer *Eldana saccharina* Walker and stalk damage in sugarcane: Influence of plant silicon, cultivar and feeding site. **International Journal of Pest Management**, v.53, p.183–194, 2007.

LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; SILVA, A. F. da; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Jornal Biosciencia**, Uberlandia, v.19, n.2, p.15-20, 2003.

LIANG, Y.C. Effects of Si on leaf ultrastructure, chlorophyll content and photosynthetic activity in barley under salt stress. **Pedosphere**, v.8, p.289–296, 1998.

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

LIANG, Y.C.; SHEN, Q.R.; SHEN, Z.C.; MA, T.S. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.19, p.173–183, 1996.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O silício na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 7.p. (Encarte técnico. Informações Agronômicas, nº 87).

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. IN: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. editors. **Silicon in agriculture**, The Netherlands: Elsevier Science, p.17–39, 2001.

MA, J.F.; TAMAI, K.; YAMAJI, N.; MITANI, N.; KONISHI, S.; KATSUHARA, M.; ISHIGURO, M.; MURATA, Y.; YANO, M. A silicon transporter in rice. **Nature**, v.440, p.688-691, 2006.

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

MA, J.F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.65, p.3049-3057, 2008.

MA, J.F.; YAMAJI, N.; MITANI, N.; TAMAI, K.; KONISHI, S.; FUJIWARA, T.; KATSUHARA, M.; YANO, M. An efflux transporter of silicon in rice. **Nature**, v.448, p.209-212, 2007.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 887p.

MASSEY, F.P.; ENNOS, R.A.; HARTLEY, S.E. Herbivore specific induction of silica-based plant defences. **Oecologia**, v.152, p.677–683, 2007.

MATYCHENKOV, V.V.; PINSKLY, D.L.; BOCHARNIKOVA, Y.A. Influence of mechanical compaction of soils on the state and form of available silicon. **Eurasian Soil Science**, v. 27, n. 12, p.58-67, 1995.

METCALFE, C.R. Secretary mineral substances - silica. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. 2.ed. Oxford: Claredon. v.2, 1983. p. 82-94.

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

MITANI, N.; YAMAJI, N.; MA, J.F. Characterization of substrate specificity of a rice silicon transporter, Lsi1. **Pflügers Archiv**, v.456, p.679–686, 2008.

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.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v.29, p.463-471, 1983.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.24, n.2, p.175-189, 1978.

MONTEIRO, C.S.; BALBI, M.E.; MIGUEL, O.G.; PENTEADO, P.T.P. da S.; HARACEMIV, S.M.C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p.25-31, jan./mar. 2008.

MORGAN, L. **Tomato fruit flavor and quality evaluation** Part I. Disponível em: <[www.fertcut.com/search.cmf](http://www.fertcut.com/search.cmf)> Acesso em 11 Jan. 2001.

OLIVEIRA, L.A.; CASTRO, N.M. Ocorrência de Sílica nas Folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* St. Hil. **Revista Horizonte Científico**, 2002.

PELUZIO, J.M.; CASALI, V.W.D.; LOPES, N.F.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, G.R. Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. **Ciência Agrotécnica**, v.23, p.510-514, 1999.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C. Efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.317-322, abril-junho. 2004.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C.; KORNDÖRFER, G.H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.101-108, 2003.

PETERSEN, K.K.; WILLUMSEN, J.; KAACK, K. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. **Journal Horticulture Science**.

v.73, p.205-215, 1998.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil:** estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 2001. 67p.

PUIATTI, M.; BALBINO, J.M. DE S.; FONSECA, M.J. DE O.; RONCHI, C.P. Fisiologia do desenvolvimento do tomateiro. In. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 2010. 430 p.

PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1651-1659, 2008.

RAFI, M.M.; EPSTEIN, E.; FALK, R.H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.151, p.497-501, 1997.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAO, A.V. Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease. **Experimental Biology and Medicine**, v.227, p.908-913, 2002.

RESENDE, G.M.; YURI, J.E.; SOUZA, R.J. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.455-459, 2007.

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.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. **A Guide to Carotenoids Analysis in Food**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.

ROMERO-ARANDA, M.R.; JURADO, O.; CUARTERO, J. Silicon alleviates the deleterious

salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. **Journal of Plant Physiology**, v.163, p.847-855, 2006.

SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C.R. Composição química e qualidade de frutos do tomateiro em função da adubação potássica. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.5, n.1, p.65-73, 2000.

SANGSTER, A.G.; HODSON, M.J.; TUBB, H.J. Silicon deposition in higher plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. editors. **Silicon in agriculture**, The Netherlands, Elsevier Science, 2001. p. 85–113.

SANTOS, M.C. **Efeito de diferentes doses de Silício, Nitrogênio e Potássio, na incidência de Traça-do-tomateiro, pinta preta e produtividade de tomate industrial**. 2008. 74p. Dissertação de Mestrado. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.

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.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). Software and services: system for Windows, versão 9.0: software. Cary, 2002.

SAVVAS, D.; MANOS, G.; KOTSIRAS, A.; SOUVALIOTIS, S. Effects of silicon and nutrient-induced salinity on yield, flower quality and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroponic system. **Journal of Applied Botany**, v.76, p.153-158, 2002.

SILVA, F. de A.S. e.; AZEVEDO, C.A.V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **World congress on computers in agriculture**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. **Tomate**: Tecnologia de produção. Viçosa, MG. UFV; Brasília, DF, Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2007.

SILVA, L.P. da; SILVA, L.S. da; BOHNEN, H. Componentes da parede celular e digestibilidade in vitro de palha de arroz (*Oryza sativa*) com diferentes teores de silício. **Ciência Rural**, v.35, p.1205-1208, 2005.

SILVA, J.A. **Plant mineral nutrition**. Yearbook of Science and technology. McGraw-Hill Book Co., Inc. 1973.

SILVA, D.P. Meios **de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gérbera**. 2007. 84p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STAMATAKIS, A.; SAVVAS, D.; PAPADANTONAKIS, N.; LYDAKIS-SIMANTIRIS N.; KEFALAS, P. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. **Acta Horticulturae**, v.609, p.141-149, 2003.

TAKAHASHI, E.; MA, J.F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments Agricultural and Food Chemistry**, v.2, p.99-122, 1990.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of sílica. **Science Rice Plant**, v.2, p.58-71, 1995.

VALENCIA, J.; BIECHE, B.; BRANTHOME, X. Effect of fertilizers on fruit quality of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**. v.613, p.89-93, 2003.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Maturação pós-colheita de híbridos de tomate heterozigotos no loco alcobaça**. 1998. 105p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. SBCDS. Viçosa. 2006. 432p.

WANG, S.Y.; GALLETA, G.J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.1, p.157-167, 1998.

YAMAJI, N.; MITANI, N.; MA, J.F. A transporter regulating silicon distribution in rice shoot. **Plant Cell**, v.20, p.1381-1389, 2008.

YOSHIDA, S.; NAVASERO, S.A.; RAMIREZ, E.A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characteristics of the rice plant. **Plant Soil**, v.31, p.48-56, 1969.

ZHONGDONG, L.; GUOHUA, W.; YUNCHANG, G.; KENNEDY J. F. Image study of pectin extraction from orange skin assisted by microwave. **Carbohydrate Polymers**, v.64, p.548–552, 2006.

ZHU, Z.J.; WEI, G.Q.; LI, J.; QIAN, Q.Q.; YU, J.Q. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Science**, v.167, p.527-533, 2004.