

**PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO EM
SUBSTRATOS ORGÂNICOS SOB
APLICAÇÃO FOLIAR DE SILICATO DE
POTÁSSIO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

EDUARDO BUCSAN EMRICH

2009

EDUARDO BUCSAN EMRICH

**PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO EM SUBSTRATOS ORGÂNICOS
SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE SILICATO DE POTÁSSIO EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. Dr. Rovilson José de Souza

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Emrich, Eduardo Bucsan.

Produtividade do tomateiro em substratos orgânicos sob
aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido /
Eduardo Bucsan Emrich. – Lavras : UFLA, 2009.
35 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Rovilson José de Souza.
Bibliografia.

1. Tomate. 2. Silício. 3. Silicato de potássio. 4. Substratos. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.79041
– 635.642893

EDUARDO BUCSAN EMRICH

**PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO EM SUBSTRATOS ORGÂNICOS
SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE SILICATO DE POTÁSSIO EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 27 de fevereiro de 2009

Prof. Dra. Janice Guedes de Carvalho

UFLA

Pesq. Dra. Cibelle Vilela Andrade Fiorini

UFLA

Prof. Dr. Rovilson José de Souza
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

*A Deus,
pela bênção da vida e presença constante ao meu lado,*

OFEREÇO

Aos meus pais, Veronique e Edmar (in memorian).

Aos meus queridos avós, Edywald, Nice e Boris (in memorian).

À minha avó, Monique.

Ao meu irmão, Leonardo.

À minha namorada Roberta,

*pelo amor incondicional, apoio e incentivo e também a toda
sua família.*

À minha família e aos meus amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do curso e a todos professores os pelo conhecimento adquirido. Em especial a professora Luciane.

Ao meu orientador, professor Rovilson, pelo apoio e aprendizado durante o curso.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Dra. Janice Guedes de Carvalho, Pesquisadora Dra. Cibelle Vilela Andrade Fiorini e ao Prof. Dr. Felipe Campos Figueiredo. Aos professores Luiz Antônio Augusto Gomes e Renato Paiva, pela confiança depositada no meu potencial, antes e durante o meu mestrado, pela ajuda, apoio, e pelo espírito de companheirismo e principalmente pela atenção dedicada, quando necessária, nesta etapa da minha formação.

Aos colegas e amigos do Departamento de Agricultura: Lauro, Antônio Anicete, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários técnico-administrativos Marli e Nelzy, pelo auxílio e amizade.

À minha namorada Roberta, pelo amor e apoio incondicional nos momentos mais difíceis, e a toda sua família, Nádia, William, Douglas, Ivana, Dona Conceição (*in memorian*), Alfeu e Nércia, a qual considero como se fosse minha avó. Em especial à Fernanda, pelo apoio e incentivo científico.

À minha mãe Veronique, pelo apoio, carinho e solidariedade durante a minha vida.

Aos meus avós pelo exemplo de vida, amor, apoio e solidariedade.

Aos meus tios e tias pelo amor e dedicação.

Aos meus amigos Douglas Botrel, Douglas Guelfi, Douglas Neres, Felipe, Priscila, Rairys, Breno, Gustavo, Cassiano e Nika, pela convivência, apoio e grande amizade.

A UNA/Prosil pelo apoio, durante o experimento.

Ao Dr. Felipe que se mostrou muito mais que um amigo, me orientou e ajudou, de forma substancial, a realização deste trabalho.

A meus primos pela amizade, carinho.

À minha Madrinha Juju e meu Padrinho André, pelo empenho e constante lembrança.

Ao meu pai e meu avô que contribuíram de forma tão substancial para a formação da minha personalidade e que me presentearam com o bem mais importante que se pode herdar; o caráter.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Eduardo Bucsan Emrich, filho de Veronique e Edmar, nasceu em Belo Horizonte, MG, no dia 22 de dezembro de 1983. Concluiu o ensino médio no Colégio Promove, no ano de 2001. Em 2002, foi aprovado no vestibular para o curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). No ano de 2003, realizou estágio no Laboratório de Cultura de Tecidos (Setor de Fisiologia Vegetal) do Departamento de Biologia da UFLA, sob orientação do Professor Renato Paiva. Em 2004 tornou-se bolsista do CNPq neste mesmo laboratório. Em maio de 2007, graduou-se. Em agosto do mesmo ano, iniciou o mestrado em Olericultura, no programa de Pós-graduação em Fitotecnia do Departamento de Agricultura na UFLA e, dezoito meses depois, encerra esta etapa profissional com a presente dissertação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Cultivo do tomateiro em substratos.....	4
2.1.1 Fibra de coco e casca de café carbonizada.....	5
2.2 Adubação foliar em tomateiro	7
2.3 Uso do silício como nutriente mineral.....	7
2.3.1 Relação entre pH e silício disponível.....	8
2.3.2 Química e especiação do silício em solução.....	9
2.3.3 Utilização do silício pelas plantas.....	9
2.3.4 Aplicação foliar de silicatos solúveis.....	12
2.3.5 Utilização de silicatos solúveis em tomateiro.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Localização do experimento.....	14
3.2 Preparo da área experimental e transplante das mudas.....	14
3.3 Condução da cultura.....	15
3.4 Características avaliadas.....	16
3.5 Análise estatística.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Teor de clorofila.....	18
4.2 Número total e comercial de frutos de tomateiro.....	23
4.3 Massa total e comercial de frutos de tomateiro.....	25
4.4 Massa média de frutos da classe 2.....	26
5 CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

RESUMO

EMRICH, Eduardo Bucsan. **Produtividade do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em cultivo protegido.** 2009. 35 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Objetivo-se com este trabalho avaliar a produtividade do tomateiro em 2 tipos de substratos e aplicação foliar de 4 concentrações de silicato de potássio, em plantas de tomateiro em cultivo protegido. O experimento foi conduzido de agosto a dezembro de 2008, no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4. Os substratos foram; S1 (fibra de coco) e S2 (2/3 de fibra de coco com 1/3 de casca de café carbonizada) e as doses de silicato de potássio (0, 0,1, 0,2 e 0,4 %) do produto comercial Sili-K®. As doses do produto foram pulverizadas semanalmente sobre as folhas das plantas durante todo o ciclo. Foram feitas oito colheitas até que as quatro primeiras pencas de frutos do experimento fossem colhidas. Utilizando-se o programa de estatística SISVAR, avaliaram-se os seguintes caracteres; clorofilas a, b e total; massa comercial e total de frutos; número total e comercial de frutos; massa média e total de frutos por classes; número de frutos por classe. Com relação à clorofila, foram obtidos resultados significativos apenas para o substrato S1. Foi possível observar valores crescentes e lineares diretamente proporcionais ao aumento da concentração do produto, para clorofila do tipo *a*, do tipo *b* e clorofila total. O aumento das doses foi inversamente proporcional à relação clorofila *a/b*. No substrato 2, a dose de silicato de potássio equivalente a 0,2% foi superior estatisticamente às demais para massa total de frutos da classes 2. Não houve variação significativa para o número total de frutos, número de frutos comerciais, massa total de frutos e massa comercial de frutos, para nenhum dos substratos testados e em nenhuma das doses testadas.

* Orientador: Prof. Dr. Rovilson José de Souza - UFLA (Orientador).

ABSTRACT

EMRICH, Eduardo Bucsan. **Yield of tomato plant in organic substrates under the leaf application of potassium silicate in protected environment.** 2009. 35 p. Dissertation (Master in Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Through this work, it was aimed to evaluate the yield of tomato plant in two sorts of substrates and leaf application of 4 concentrations of potassium silicate on tomato plants in protected cultivation. The experiment was conducted from August to December of 2008 in the Vegetable Culture Sector of the Federal University of Lavras, in Lavras-MG. The utilized experimental design was the one of randomized blocks with four replications. The factorial scheme 2 x 4 was used. The substrates were: S1 (coconut fiber) and S2 (2/3 of coconut fiber with 1/3 of carbonized coffee hulls) and the doses of potassium silicate (0, 0.1, 0.2 and 0.4 %) of the commercial product Sili-K®. The doses of the product were sprayed weekly on the leaves of the plants throughout the cycle. Eight harvests were done till that the four first bunches of fruits of the experiment were harvested. By utilizing the statistical program SISVAR, the following characters were evaluated; chlorophylls *a*, *b* and total; commercial and total mass of fruit; total and commercial number of fruits; average and total mass of fruits per classes; number of fruits per classes. As regards chlorophyll, significant results were obtained only for substrate S1. It was possible to find growing and linear values directly proportional to the increase of the concentration of the product for chlorophyll of the type *a*, type *b* and total chlorophyll. The increase of the doses was inversely proportional to the *a/b* chlorophyll ratio. In substrate 2, the dose of potassium silicate equivalent to 0.2% was superior statistically to the others for total mass of fruits of class 2. There was no significant variation for the total number of fruits, number of commercial fruits, total mass of fruits and commercial mass of fruits for any of the tested substrates and in none of the doses tested.

*Guidance: Dr. Rovilson José de Souza - UFLA (Major Professor).

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro, pertencente ao gênero *Lycopersicon* e à espécie *Lycopersicon esculentum*, é uma solanácea originária da região andina (Rick, 1982). Configura-se como uma das hortaliças mais cultivadas no mundo eo, por sua boa aparência, sabor, aroma, textura e valor nutricional, também sendo uma das mais consumidas (Schuch et al., 1991).

O fruto fresco do tomateiro apresenta baixo valor calórico, baixo teor de matéria seca e é muito rico em cálcio e vitamina C, sendo dotado, ainda, de propriedades anticancerígenas. Os frutos imaturos possuem coloração verde devido à presença da clorofila. Com o início da maturação, ocorre a degradação desse pigmento e a síntese de pigmentos amarelos, principalmente xantofilas e β -caroteno, e, ao fim do processo, em razão do acúmulo de licopeno, há o aparecimento da cor vermelha, característica marcante do fruto (Alvarenga, 2004).

A cultura do tomateiro é amplamente difundida no Brasil, mostrando-se presente em quase todas as regiões e climas. Porém, seu cultivo comercial é difícil e oneroso, em decorrência das diversas doenças fúngicas, bacterianas e viróticas, dos problemas de ordem fisiológica e das pragas agrícolas que atingem a cultura, o que exige intenso controle químico e pulverizações preventivas.

Os métodos de controle de doenças vêm passando por alterações, em virtude da adoção, no campo, de práticas preventivas baseadas no manejo correto de fertilizantes e na nutrição das plantas, fatores esses que podem ser manipulados com relativa facilidade.

O silício (Si) é considerado nutriente essencial para as plantas por alguns autores (Epstein & Bloom, 2006) e apenas benéfico por outros (Marschner, 1995; Korndorfer, 2006). É encontrado nos tecidos de todas as plantas, em

concentrações que variam de 0,1 a 10% da matéria seca, concentrando-se principalmente nas folhas e caules, mas estando também presente nos grãos.

De acordo com Epstein (1994) e Marschner (1995), o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, por permitir que as folhas fiquem mais eretas, o decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, a maior rigidez estrutural dos tecidos, a proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez por Al, Mn, Fe e Na, a diminuição na incidência de patógenos e o aumento na proteção contra herbívoros, incluindo insetos fitófagos.

Em áreas de solos pobres em silício, a demanda por esse elemento pode ser suprida pelo uso de alguns tipos de fertilizantes que contêm esse nutriente; Dentre eles, o silício líquido solúvel, na forma de silicato de potássio, apresenta grande potencial de atuação em condições nas quais a solubilidade é um diferencial, como no caso da fertirrigação, hidroponia e aplicações foliares (Figueiredo, 2007).

Atualmente não existe um material ou uma mistura de materiais considerada universalmente válida como substrato para todas as espécies (Abad, 1991). São necessárias pesquisas para o desenvolvimento de novas substâncias que possam atuar de tal maneira.

O cultivo em recipientes requer irrigações e fertilizações frequentes e, para tanto, faz-se necessário o conhecimento das propriedades químicas e físicas dos substratos utilizados, por serem fatores determinantes no manejo e controle de qualidade dos cultivos.

Faz-se necessário também o conhecimento detalhado de como os nutrientes minerais aumentam ou diminuem a tolerância das plantas às adversidades, em razão de alterações nas características fisiológicas, tais como; arquitetura foliar, capacidade fotossintética, produtividade e qualidade de frutos, e de como os substratos interferem na condutividade elétrica dos cultivos em

vasos fertirrigados, na retenção de água e nutrientes, na disponibilização de oxigênio, na capacidade de troca de cátions (CTC), na relação C/N, entre outros.

Nesse contexto, com o presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de diferentes concentrações de silicato de potássio em plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivadas em diferentes tipos de substratos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivo do tomateiro em substratos

A técnica do cultivo em substrato tem-se difundido por permitir melhor aproveitamento dos nutrientes, maior produtividade e melhoria da qualidade do produto, além de facilitar a execução dos tratos culturais (Calabretta et al., 1994). O cultivo em substrato é também efetivo na proteção da cultura contra patógenos de solo e, apesar de apresentar custo mais elevado e exigir melhor nível tecnológico, tem atraído produtores em vários países (Pinamonti et al., 1997).

De acordo com Andriolo et al. (1999), cultivos em substratos demonstram grande avanço diante dos sistemas de cultivo em solo, pois oferecem vantagens, como o manejo mais adequado de água, o fornecimento de nutrientes em doses e épocas apropriadas, a redução do risco de salinização do meio radicular e a redução da ocorrência de problemas fitossanitários, que se traduzem em benefícios diretos no rendimento e qualidade dos produtos colhidos.

A escolha do substrato é importante pelo fato de ele possibilitar crescimento e desenvolvimento do tomateiro, resultando em maior produtividade. O substrato deve apresentar algumas propriedades físicas e químicas intrínsecas importantes para sua utilização, como boa capacidade de retenção de água, alta disponibilização de oxigênio para as raízes, capacidade de manutenção da proporção correta entre fase sólida e líquida, elevada capacidade de troca catiônica (CTC), baixa relação C/N, entre outras (Fernandez & Gomes, 1999; Martinez & Barbosa, 1999; Martinez, 2002).

No cultivo sem solo, são utilizados vários tipos de substratos orgânicos, como fibra de coco, turfas, resíduos de madeira, casca de *pinus* e de arroz

parcialmente carbonizada ou não, ou materiais inorgânicos, como areia, rochas vulcânicas, perlita, lã de vidro e espuma fenólica, usados de forma isolada ou em composição (Carrijo et al., 2004).

É importante obter substratos inertes, que tenham boa durabilidade, fácil obtenção e utilização e baixa condutividade elétrica. Nesse contexto, a fibra de coco verde vem se destacando, com boa utilização na cultura do tomateiro. Entretanto, o elevado custo com transporte desse tipo de substrato para as regiões produtoras de tomate pode ser um entrave e aumentar muito o custo de produção. Seria, então, importante desenvolver substratos de baixo custo adaptados a cada região do país.

2.1.1 Fibra de coco e casca de café carbonizada

Segundo Carrijo et al. (2002), a fibra de coco apresenta características favoráveis para o seu aproveitamento como substrato no cultivo de hortaliças, devido à longa durabilidade sem alteração de suas características físicas, à possibilidade de esterilização, à abundância de matéria-prima renovável e baixo custo para o produtor. Essa fibra apresenta alta porcentagem de lignina (35-45%) e celulose (23-43%) e pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fração prontamente atacada por micro-organismos, conferindo ao substrato uma grande durabilidade, sendo, então, recomendável para cultivos de ciclo longo (Noguera et al., 2000).

As propriedades físico-químicas da fibra de coco variam bastante em função da fonte de matéria-prima e do seu processamento. Sanches (1999) apresenta resultados de vários autores, em cujos trabalhos pode ser visualizada essa grande variabilidade. As propriedades físico-químicas da fibra de coco apresentam os seguintes valores médios: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 ds.m⁻¹; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92; relação C/N = 132; d = 70 g.L⁻¹; porosidade total = 95,6%; retenção de água = 538 ml.L⁻¹; capacidade de

aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8%. Um substrato ideal deve possuir, entre outras características, porosidade acima de 85%, capacidade de aeração entre 10 e 30% e água facilmente assimilável de 20 a 30%. Portanto, as propriedades da fibra de coco conferem ao seu substrato características de boa qualidade, é ideal para o cultivo de hortaliças sem o uso do solo, pois não sofre o processo de degradação acelerado, causado pela intensa aplicação de água e fertilizantes.

Em trabalho conduzido por Carrijo et al. (2001), verificou-se a possibilidade do uso da serragem, maravalha, casca de arroz parcialmente carbonizada e fibra de coco como substrato para o cultivo do tomateiro em casa-de-vegetação.

A fibra de coco testada continha em sua composição 0,92% de nitrogênio; 0,2% de fósforo; 0,82% de potássio; 0,42% de cálcio; 0,15% de magnésio; 0,23% de enxofre; 29,5 mg.dm⁻³ de boro; 85,2 mg.dm⁻³ de cobre; 77,8 mg.dm⁻³ de manganês; 84,2 mg.dm⁻³ de zinco; 716,3 mg.dm⁻³ de ferro; pH 5,6 e condutividade elétrica (CE) de 0,6. Já o substrato composto por 1/3 de casca de café carbonizada e 2/3 de fibra de coco apresentava valores de 0,87% de nitrogênio; 0,24% de fósforo; 1,77% de potássio; 1,02% de cálcio; 0,23% de magnésio; 0,25% de enxofre; 19,6 mg.dm⁻³ de boro; 57,7 mg.dm⁻³ de cobre; 182 mg.dm⁻³ de manganês; 52,9 mg.dm⁻³ de zinco; 1256,1 mg.dm⁻³ de ferro; pH 8,5 e condutividade elétrica (CE) de 0,82. Rodrigues (2008), testando a fibra de coco como substrato para o cultivo de tomateiro em casa-de-vegetação, obteve melhores resultados quanto à altura de planta e diâmetro de caule, além de uma maior produção e número de frutos por planta, em comparação ao aumento da proporção de casca de café carbonizada no substrato.

A casca de café é proveniente do beneficiamento do grão, e quando carbonizada, apresenta-se livre de nematóides e patógenos, devido ao processo de carbonização (Minami, 1995; Townsend et al., 1998; Vilela, 1999). Estudos

com esse tipo de material são escassos quanto ao seu uso como substrato agrícola e devem passar por pesquisas por meio das quais definam sua composição química completa.

2.2 Adubação foliar em tomateiro

A adubação foliar é um meio eficiente no suprimento de nutrientes para a cultura do tomateiro. Em se tratando do fornecimento de macronutrientes, a adubação foliar deve ser encarada como, um complemento da adubação no solo e nunca como substitutiva (Freire et al., 1980). Pelas exigências nutricionais do tomateiro, verifica-se que seria necessário um número elevado de pulverizações para suprir as necessidades da planta, o que seria antieconômico. Em se tratando de micronutrientes, exigidos em pequenas quantidades, a adubação foliar pode suprir todas as exigências da cultura. Essa é uma técnica de utilização muito restrita e existem algumas condições para que os resultados sejam eficientes. A adubação de base, realizada no plantio, deve ser bem feita e o estado de sanidade da cultura deve ser bom. A adubação foliar deve ser usada complementarmente à adubação convencional, e em determinadas fases de desenvolvimento da cultura, sendo a concentração dos nutrientes e o intervalo mínimo e máximo entre uma e outra aplicação muito bem observados (Minami,1986).

2.3 Uso do silício como nutriente mineral

O silício, com propriedades elétricas e físicas de um semimetal é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, superado apenas pelo oxigênio (Jackson, 1964). Na natureza, é encontrado apenas em formas combinadas, como a sílica e os minerais silicatados. Os silicatos são sais nos quais a sílica é combinada com o oxigênio e outros elementos, como alumínio (Al), magnésio (Mg), cálcio (Ca), sódio (Na) e potássio (K).

Adubos que contêm silício são, atualmente, utilizados em vários países, sendo esse elemento base para a sustentabilidade não só da agricultura convencional, mas também da agricultura orgânica. As características ideais para uma fonte de silício de uso agrícola são: grande quantidade de silício solúvel, facilidade na aplicação mecanizada, boa relação e quantidade de Ca e Mg, baixo custo e ausência de metais pesados (Reis et al., 2007).

A eficiência da adubação com silício parece depender da natureza dos silicatos utilizados (Barbosa Filho et al., 2000; Pereira et al., 2003). A dose de silício a ser aplicada no solo depende da reatividade da fonte, do seu teor no solo e da cultura considerada.

2.3.1 Relação entre pH e silício disponível

Em solos intemperizados, dessilicizados, "velhos", de caráter ácido, a sílica dos minerais foi fortemente lixiviada, permanecendo principalmente os sesquióxidos de Fe e Al como os principais minerais residuais. A adsorção e liberação de Si pelo solo dependem do pH, sendo a adsorção máxima em pH ácido e a liberação máxima em pH básico. Em pH ácido, o Si é adsorvido aos coloides para a solução do solo e, em pH básico, ocorre transformação do ácido polissilícico (insolúvel) em ácido monossilícico (solúvel) (Pereira et al., 2003).

Na solução do solo, o grau de ionização aumenta com a elevação do pH; em pH alcalino, ocorre maior formação dos íons metassilícicos (H_3SiO_4^-). Na faixa normal de pH (5,5 a 6,5), o ácido ortossilícico (H_4SiO_4) é a principal forma de Si presente na solução do solo.

Em altas concentrações, ao redor de 28 mg dm^{-3} de Si na solução, o monômero polimeriza-se para formar precipitados de sílica amorfa (Mckeague & Cline, 1963).

2.3.2 Química e especiação do silício em solução

A sílica só se encontra solúvel sob condições de pH alcalino (Knight & Kinrade, 2001), sendo essa solubilidade observada em maior escala em pH superior a 9,6 (Anderson et al., 1982). Knight & Kinrade (2001) demonstraram por meio de um diagrama a relação entre a concentração de sílica e o pH nas diferentes formas de silício em solução. Observaram que em concentrações acima de $51,13 \text{ mg L}^{-1}$ ($10^{-2,74} \text{ mol Kg}^{-1}$), acima do primeiro pKa do H_4SiO_4 (pH 9,6), predominam soluções monoméricas, que representam o domínio solúvel. Abaixo desse pH, predominam soluções oligoméricas (insolúveis), que representam grandes polímeros de sílica. Isso é de grande importância para que se possa entender a aplicação foliar do silicato. À medida que o produto aplicado sobre a folha vai se desidratando, a concentração de sílica vai aumentando e essa reage com a cera e outros compostos presentes no limbo foliar, criando uma barreira física para a penetração de patógenos.

Parte dessa sílica pode ser solubilizada novamente por ação das chuvas ou orvalho, melhorando a absorção, mas destruindo essa barreira física. Dessa maneira, o silicato deve ser aplicado associado a algum tipo de espalhante adesivo para manter a maior área foliar possível coberta pela sílica e devem ainda ser realizada aplicação foliar de forma sistemática para que as folhas novas também recebam o produto, já que este é pouco redistribuído (Reis et al., 2007).

2.3.3 Utilização do silício pelas plantas

O Si penetra na planta de forma passiva como ácido monossilícico (H_2SiO_4), acompanhando a água e acumula-se principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomas, espinhos, etc.) na forma de ácido silícico polimerizado (sílica amorfa). Aproximadamente 99% do Si encontram-se na forma polimerizada e menos de 1% encontra-se na forma monomérica ou iônica.

Em geral, são consideradas plantas acumuladoras de silício aquelas que possuem teor foliar desse mineral acima de 1 %, e plantas não acumuladoras as com teor de silício (Si) menor que 0,5% (Takahashi, 1995).

O Si, ao ser absorvido pela planta, é facilmente translocado no xilema e apresenta tendência natural a se polimerizar na superfície dos tecidos e órgãos transpiratórios, como folhas e frutos formando estruturas silificadas. Entretanto, demonstrou-se que, em pepino, ao ser interrompido o suprimento de Si na solução, as folhas superiores apresentaram, notadamente, concentrações inferiores desse elemento, indicando sua baixa translocação na planta, igualmente ao que ocorre com o Ca (Barber & Shone, 1966). Esse nutriente proporciona vários benefícios para as plantas, maior tolerância das plantas ao ataque de insetos e doenças, redução na transpiração e maior taxa fotossintética das plantas, por causa da melhoria da arquitetura foliar (Reis et al., 2007).

O Si interfere na arquitetura das plantas, favorecendo a fotossíntese ao proporcionar folhas mais eretas, o que significa maior eficiência fotossintética. Apesar disso, o Si não tem sido estudado intensivamente, principalmente pelo fato de ele não ser considerado essencial às plantas. Contudo, mesmo não sendo essencial, do ponto de vista fisiológico, ao crescimento e desenvolvimento das plantas, em numerosos casos, demonstrou efeito benéfico sobre o aumento de produção de diversas culturas, como, por exemplo, cana-de-açúcar, arroz e outras gramíneas (Epstein, 1994).

De acordo com Takahashi (1995), a melhor arquitetura foliar permite maior penetração de luz solar, maior absorção de CO₂ e diminuição da transpiração excessiva, o que possibilita o incremento da taxa de fotossíntese.

A primeira publicação sobre a utilização do Si na proteção de plantas é de autoria de Wagner (1940), citado por Lima Filho et al. (1999), demonstrando uma relação direta entre a deposição de ácido silicílico no sitio de infecção de míldio e o grau de resistência das plantas. Além disso, outros autores também

relataram que o silício pode diminuir a incidência de doenças e até mesmo o ataque de insetos. No entanto, o mecanismo que torna isso possível não foi muito bem elucidado, havendo duas hipóteses: penetração na parede celular e criação de uma barreira ao ataque do patógeno ou ativação de mecanismos naturais de defesa da planta, como, por exemplo, os fenóis. A primeira e segunda hipóteses podem ocorrer pela participação do próprio silício, fortificando estruturas da parede celular, conferindo aumento da lignificação e ativando mecanismos específicos, como a produção de fitoalexinas e a síntese de proteínas relacionadas à patogênese, como quitinases (Menzies et al., 1991; Marschner, 1995; Fawe et al., 2001).

Para Chérif et al. (1994), a adubação silicatada também ativa o mecanismo de defesa da planta em resposta à invasão do patógeno. Essa indução é expressa por reações em cadeia, as quais estão associadas a mudanças bioquímicas, responsáveis por limitar a ação patogênica.

O silicato de potássio destaca-se por ser totalmente solúvel, o que possibilita a sua utilização em aplicações foliares, fertirrigação e hidroponia e também por ser a única fonte de Si solúvel regulamentada pela Legislação Brasileira que pode ser utilizado na agricultura, sendo obtido pela fusão da sílica com hidróxido de potássio sobre temperatura e pressão alta. Esse processo industrial torna o silicato de potássio uma fonte de Si líquida e solúvel e com pH maior que 12, aspecto viscoso e incolor, à semelhança de um vidro líquido.

Em pepineiros, Adatia & Besford (1986) observaram inúmeros efeitos oriundos da adição de silício ao meio nutritivo, entre eles o aumento no teor de clorofila, maior massa foliar (fresca e seca) específica, atraso na senescência e aumento da rigidez das folhas maduras.

Em experimentos conduzidos por Miyake & Takahashi (1978), quando plantas de tomateiro foram cultivadas em solução nutritiva com baixo teor de silício, a deficiência desse elemento apareceu durante a fase reprodutiva, no

início da formação dos botões florais, o que levou os pesquisadores a acreditarem que esse elemento possui papel importante na reprodução vegetal. Além disso, plantas de tomateiro cultivadas em solução isenta de silício raramente mantiveram os frutos.

Korndorfer & Datnoff (2000) citam que o silício, no interior das plantas, é considerado pouco móvel, sendo seu transporte da raiz até a parte aérea, através do xilema, dependente da taxa de transpiração. Dentro desse contexto, o fornecimento de silício via adubação foliar poderia facilitar o acúmulo desse elemento na parte aérea das plantas, proporcionando alguns benefícios.

2.3.4 Aplicação foliar de silicatos solúveis

A aplicação foliar de silicatos solúveis tem sido alvo de inúmeras pesquisas, em decorrência de sua praticidade de aplicação, que segue os métodos e utiliza equipamentos tradicionais, e da possibilidade de utilização de doses pequenas dos produtos à base de silicatos solúveis (Figueiredo, 2007).

Mesmo em plantas não acumuladoras de silício, essa prática pode representar a geração de grandes benefícios. Em morango, Wang & Galletta (1998) demonstraram que a aplicação foliar de silicato de potássio possibilitou ganhos na quantidade de clorofila das folhas e de matéria seca, tanto da parte aérea quanto das raízes, mesmo na menor dose aplicada do produto (4,25 mM).

Em alguns trabalhos, observa-se que o silício favorece, por si só, o crescimento das plantas. Neste cenário, destacam-se as fontes solúveis de silicato de sódio e potássio. No trabalho realizado por Khan & Roy (1964) ficou evidenciado o efeito significativo do silício no crescimento e desenvolvimento de plantas de juta (*Corchorus capsularis*). O comprimento da fibra, espessura e a relação comprimento/espessura melhoraram com a aplicação de silicato de sódio.

Benedetti et al. (2007) observaram que plantas de cenoura tratadas com silicato de potássio apresentavam maior ângulo de folhas em relação ao solo, indicando que estavam mais eretas e interceptavam a luz solar com maior eficiência. Como consequência, as plantas produziram raízes de maior diâmetro, comprimento e massa fresca.

2.3.5 Utilização de silicatos solúveis em tomateiro

Voogt & Sonneveld (2001) relataram que, de maneira geral, as hortaliças respondem à aplicação de silício, reduzindo a incidência de doenças.

Dutra (2004) relatou em seus estudos com tomateiro que diversas doses de silicato de potássio e silicato de cálcio reduziram a reprodutividade de *Meloidogyne javanica*. A dose de 12,8 ml de silicato de potássio por quilo de substrato reduziu o número de ovos, igualando-se à quantidade de ovos encontrados em plantas tratadas com o nematicida Audicarb (TEMIK®). A dose de silicato de cálcio que mais reduziu a reprodutividade e o número de galhas de *M. javanica* em tomateiro foi 2,8 g Kg⁻¹ de substrato.

Os nutrientes minerais, assim como o silício, 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. Segundo Anaç et al. (1994), as principais características que devem ser consideradas na determinação da qualidade dos frutos de tomateiro são: pH, concentração de sólidos solúveis, acidez total titulável, teores de vitamina C e de nitrato, coloração e peso fresco. No entanto, poucos estudos relacionados à aplicação de silicato foram realizados para comprovar esses fatos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2008, em estufa situada no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, MG (21° 13'40'' S e 44°57'50'' W e altitude de 925 m). O clima do município é do tipo Cwb segundo o mapa Koppen (mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagem de inverno).

3.2 Preparo da área experimental e transplante das mudas

A pesquisa foi conduzida com plantas de tomateiro do híbrido 'Facundo', de hábito de crescimento indeterminado e frutos do tipo salada. As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno expandido com substrato comercial esterilizado (Plantmax®) e a irrigação feita com sistema de nebulização intermitente.

Trinta e cinco dias após a semeadura, 288 mudas foram transplantadas para sacos plásticos com capacidade de 7 litros, contendo dois diferentes tipos de substratos. Posteriormente, foram acomodados em uma estufa de produção coberta com polietileno de baixa densidade de 150 micras, modelo capela, com 30 m de comprimento, 10 m de largura e 1,80 m de pé direito.

Os dois tipos de substratos foram constituídos de materiais orgânicos: S₁ = fibra de coco; S₂ = fibra de coco + casca de café carbonizada na proporção 3:1 em base de volume. Cada parcela experimental foi representada por 9 plantas. Sendo as cinco plantas centrais consideradas como área útil. Todos os blocos contavam com uma repetição de um tratamento (um tipo de substrato e uma dose de silicato de potássio).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Foram utilizadas 4 doses de silicato de potássio, produto comercial Sili-K® (171 g L⁻¹ de Si e 210 g L⁻¹ de K₂O), nas concentrações de 0%, 0,1%, 0,2% e 0,4%, misturadas com espalhante adesivo (Silwet®).

Os espaçamentos adotados foram de 1,0 m entre fileiras duplas, 0,8 m entre fileiras simples e 0,4 m entre plantas, apresentando uma densidade de 2, 78 plantas m⁻².

3.3 Condução da cultura

As plantas, conduzidas com somente uma haste, foram tutoradas utilizando-se fitilho na vertical. Os fitilhos foram presos a um fio de arame localizado a 2,0 m de altura. Durante todo o ciclo, foram realizadas desbrotas com o intuito de manter uma única haste por planta.

Cada saco plástico continha um gotejador com múltiplas saídas e vazão média de 1,0 L h⁻¹. O tempo de irrigação foi determinado após drenagem de 30% do volume total de água aplicada às sacolas plásticas, e a frequência, ajustada diariamente, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e condições climáticas.

Por meio desse sistema, comumente chamado de cultivo hidropônico aberto, foram realizadas as irrigações e fertirrigações. O fornecimento de nutrientes foi feito, completamente, via fertirrigação, três vezes por semana, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, com vistas a atender suas demandas nutricionais. O programa de fertilização utilizado foi definido com base em trabalhos anteriores, realizados por Castellane & Araújo (1995). De acordo com resultados obtidos por esses autores, as soluções nutritivas para as fases 1 e 2 da cultura devem apresentar condutividade elétrica (CE) aproximadamente 2,5 mS/cm. O controle da condutividade elétrica do substrato

foi realizado de acordo com a aplicação da técnica do lixiviado ou “pourthru”. Para a manutenção do pH e da condutividade elétrica ideais, foram acrescentados sais sempre que necessário. As pulverizações foliares com as diferentes doses de silicato e potássio foram executadas semanalmente, durante todo o ciclo da cultura.

3.4 Características avaliadas

Antes da primeira colheita de frutos, realizou-se a análise do teor de clorofila com o auxílio do aparelho clorofilômetro. Escolheram-se cinco folíolos de folhas adultas das cinco plantas centrais de cada tratamento, sendo quantificados: clorofila *a*; clorofila *b* e clorofila total.

As clorofilas são os principais pigmentos cloroplastídicos responsáveis pela captação de radiação solar que, durante o processo de fotossíntese, é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH [1]. A determinação dos teores de clorofila da folha é importante porque a atividade fotossintética da planta depende, em parte, da capacidade da folha para absorver luz.

A análise de crescimento foi utilizada para avaliar os efeitos das diferentes doses de silicato de potássio aplicadas durante os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O principal parâmetro analisado foi o índice de colheita, com a avaliação dos seguintes itens de produção: número de frutos por planta, massa média dos frutos, produção de frutos por planta e classificação dos frutos.

Os frutos das cinco plantas centrais de cada tratamento foram coletados semanalmente, a partir do amadurecimento da primeira penca até o fim da quarta penca. Imediatamente após cada colheita, os frutos das repetições foram classificados e pesados. Foram, ainda, quantificados os frutos que apresentavam a doença fisiológica conhecida como podridão-apical.

A classificação dos frutos obedeceu às normas da Portaria n.º. 553 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ainda, de acordo com a proposta referente à classificação de tomate para melhoria dos padrões comerciais e embalagem de hortigranjeiros (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, Ceagesp, 2004), o tomate foi classificado quanto ao grupo, classe e tipo: grupo, de acordo com o formato do fruto em oblongo e redondo; classe, referindo-se ao tamanho do fruto em cada grupo: classe 1 (50 mm<60 mm), classe 2 (60 mm<65 mm), classe 3 (65 mm<70 mm), classe 5 (70 mm<80 mm) e classe 6 (80 mm<90 mm). Os frutos que apresentaram podridão-apical foram pesados e descartados. Com os resultados obtidos, determinou-se a produção de frutos total, comercial, por classes e não comerciais. A produção de frutos comercial foi obtida pelo somatório das classes ($t\ ha^{-1} = g.\ planta^{-1}$ de cada classe $\times 2,78\ plantas\ m^{-2} \times 10^{-2}$). Foi determinada a massa fresca de frutos, de todas as classes, além da massa média desses frutos, que foram expressas em $t\ ha^{-1}$.

3.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Foram utilizadas 4 doses de silicato de potássio, produto comercial Sili-K® (171 g L⁻¹ de Si e 210 g L⁻¹ de K₂O), nas concentrações de 0%, 0,1%, 0,2% e 0,4%, misturadas com espalhante adesivo (Silwet®).

Para análise das clorofilas *a* e *b*, os dados foram analisados através do programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2000), para que possíveis diferenças nos tratamentos fossem comparadas.

Os dados de massa fresca, massa média e número de frutos foram analisados pelo programa SISVAR (Ferreira, 2000) e as médias foram comparadas a níveis de 1% e 5 % pelo teste F de médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de clorofila

O efeito no teor de clorofila da aplicação foliar de Si foi significativa apenas para o substrato 1, composto 100% por fibra de coco. Segundo Sanches (1999), a fibra de coco apresenta valores considerados muito bons relacionados à retenção e assimilação de água. Wetselaar & Farquhar (1980) afirmaram em seus estudos que a disponibilidade de água interfere nas perdas de N pela parte aérea dos vegetais, visto que essa influencia a condutância dos estômatos e este nutriente está diretamente ligado ao teor de clorofila na planta. Portanto, pode-se inferir que o substrato 1 tenha retido e assimilado grande quantidade considerável de água, suficiente para suprir as necessidades osmóticas das plantas de tomateiro, diminuindo eventuais perdas de nitrogênio.

Para os dois tipos de clorofila quantificados (clorofila *a* e clorofila *b*), foram observados acréscimos nos teores com o aumento da dose de silicato de potássio. Concordando com as observações feitas por Gonçalves et al. (2008), que relataram que a deposição e a polimerização do silício na superfície foliar proporcionam melhoria da arquitetura das folhas, redução da perda de água e aumento na eficiência fotossintética, por causa dos incrementos nos teores de clorofila.

As clorofilas, pigmentos responsáveis pela coloração verde das plantas, estão presentes nos tilacóides, sendo substâncias solúveis em compostos orgânicos. Elas se apresentam sob duas formas: clorofila *a* (coloração verde-azulada) e clorofila *b* (verde-amarelada), numa proporção média de 3:1, respectivamente. Esse conjunto de plastídios constitui um sistema gerador de energia, que culmina na fixação e a redução do C atmosférico em glicose, processo conhecido como fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2004).

A relação entre as doses de silicato de potássio aplicadas e o teor de clorofila *a* foi crescente. O aumento das doses de silicato de potássio foi acompanhado pelo aumento no teor de clorofila *a*. Essa variação ocorreu na ordem de $6,8057 \mu\text{g cm}^{-3}$ a cada 0,1% em que a concentração de silicato de potássio foi aumentada, conforme ilustrado na Figura 1.

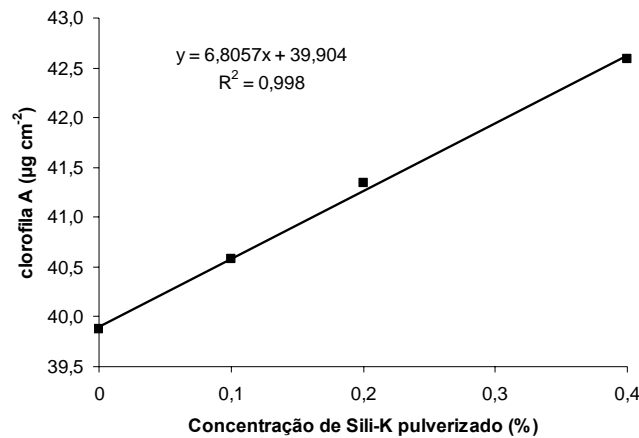


FIGURA 1 Teores de clorofila *a* em folhas de tomateiros cultivados no substrato 1 com quatro concentrações de silicato de potássio sob aplicação foliar.

Efeito semelhante foi observado na quantificação de clorofila *b* (Figura 2). Para esse tipo de clorofila, foi possível observar que, em média, a cada 0,1% de silicato de potássio acrescido à calda, obteve-se um aumento de $14,9 \mu\text{g cm}^{-3}$ de clorofila; portanto, um acréscimo superior ao observado para clorofila *a*.

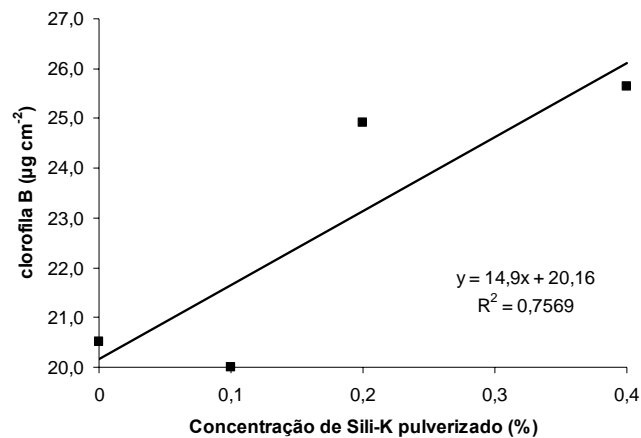


FIGURA 2 Teores de clorofila *b* em folhas de tomateiros cultivados no substrato 1 com quatro concentrações de silicato de potássio sob aplicação foliar.

Juntamente com o incremento dos teores de clorofila *a* e *b*, foi também verificado aumento no teor de clorofila total das plantas (Figura 3) e esse representa o somatório dos teores total de clorofila *a* e *b*.

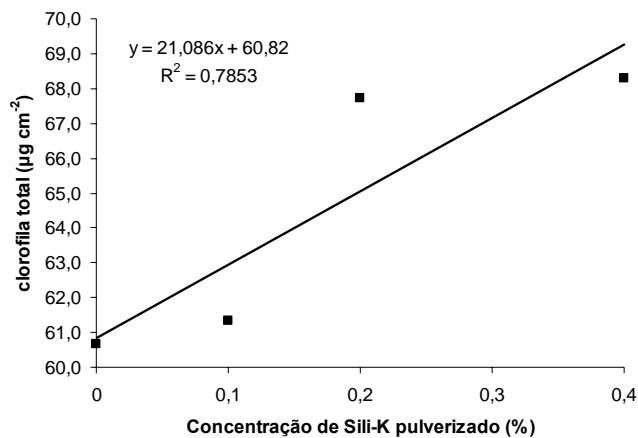


FIGURA 3 Teores de clorofila total em folhas de tomateiros cultivados no substrato 1 com diversas concentrações de silicato de potássio sob aplicação foliar.

A relação entre clorofila *a* e clorofila *b* apresentou decréscimo com o aumento da concentração das doses de silicato de potássio aplicadas. Isso ocorreu porque, o teor de clorofila *b* apresentou um aumento diretamente proporcional às doses de silicato de potássio, em comparação ao verificado para o teor de clorofila *a*. O aumento do teor de clorofila *b* pode ter sido causado por um crescimento da proporção do complexo coletor clorofila *a/b*-proteína, em relação ao complexo P-700-clorofila-*a*-proteína. Um outro fator importante pode ser o maior desenvolvimento de “grana” em cloroplastos, que é onde se encontra o complexo *a/b*-proteína (Mebrahtu & Havolver, 1991). De alguma maneira, as doses crescentes de silicato de potássio possivelmente estimularam o aumento do teor de clorofila *b* (Figura 4).

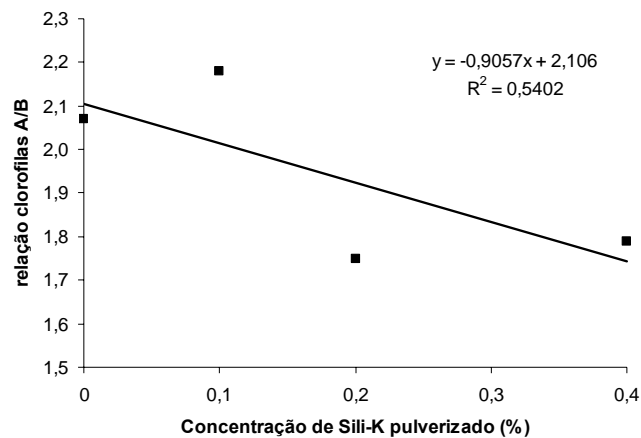


FIGURA 4 Relação de teores entre clorofila *a* e *b* em folhas de tomateiros cultivados no substrato 1 e pulverizados com diversas concentrações de silicato de potássio.

Os resultados obtidos apresentaram respostas lineares à aplicação de silicato de potássio. Portanto, são necessários estudos posteriores com doses mais elevadas de silicato de potássio, de forma que seja possível estabelecer um ponto limítrofe para o incremento nos teores de clorofila *a* e *b*, as quais poderão contribuir de forma significativa na produção de frutos, já que a assimilação de assimilados pela fotossíntese deverá ser superior.

TABELA 1 Teores de clorofila *a*, *b*, total e relação *a* / *b* de folhas de tomateiro cultivados em dois substratos e pulverizados com quatro concentrações de silicato de potássio.

	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Relação <i>a/b</i>	Clorofila total
	----- $\mu\text{g cm}^{-2}$ -----			
Substrato 1				
0	39,87	20,52	2,07	60,67
0,1	40,58	19,99	2,18	61,34
0,2	41,34	24,91	1,75	67,72
0,4	42,59	25,65	1,79	68,31
<i>Média</i>	<i>41,10</i>	<i>22,77</i>	<i>1,95</i>	<i>64,51</i>
Substrato 2				
0	42,17	22,12	2,03	64,45
0,1	42,67	23,81	1,93	67,33
0,2	41,92	22,11	2,00	63,86
0,4	42,33	23,95	1,92	66,53
<i>Média</i>	<i>42,27</i>	<i>23,00</i>	<i>1,97</i>	<i>65,54</i>
Teste F				
Substratos (S)	ns	ns	ns	ns
Concentrações (C)	**	**	**	**
S x C	**	**	**	**
Bloco	ns	**	**	**
CV (%)	7,74	29,91	25,81	17,16

ns: não significativo; ** significativo ao nível de 1% pelo teste F; CV(%) coeficiente de variação.

4.2 Número total e comercial de frutos de tomateiro

Pelos dados da Tabela 2, verificou-se que não houve efeito significativo em relação aos substratos para o número total e comercial de frutos de tomateiro. Rodrigues (2008), utilizando os mesmos substratos para o cultivo de tomateiro italiano, híbrido Vênus, observou que o substrato contendo apenas fibra de coco foi significativamente superior para a produção de frutos totais. A discrepância dos valores verificada entre os experimentos pode ser devida à variação

ambiental entre épocas de cultivo, que possui efeito sobre a produção de tomateiro (Warner et al., 2004). Além disso, é importante salientar que os genótipos testados e as conduções dos experimentos foram diferentes, o que pode ter acarretado diferenças no número total de frutos e número total de frutos comerciais.

Os resultados obtidos no presente trabalho abrem um precedente para a utilização da casca de café carbonizada, na concentração de 1/3, em substituição à fibra de coco no cultivo de tomate do grupo salada. Isso é interessante para regiões produtoras de café, onde a casca do fruto é um subproduto de fácil obtenção, além de causar impacto direto no custo de produção com a redução do preço de fretes e do próprio substrato, aumentando os ganhos do produtor.

Em relação às doses de silicato de potássio aplicados em pulverizações foliares, nas condições testadas, não houve diferença significativa para o número total e comercial de frutos de tomateiro. Rodrigues et al. (2007), testando as mesmas doses de silicato de potássio em condições de campo, obtiveram ganhos de até 22% na produção de frutos para a dose de 0,2% de Sili-k pulverizado nas folhas do tomateiro. Essa diferença pode ser atribuída às diferentes condições ambientais observadas nos experimentos. Com o cultivo protegido, tornou-se possível alterar, de modo acentuado, o ambiente de crescimento e de reprodução das plantas, com controle parcial dos efeitos adversos do clima (Araújo, 1991; Castillo, 1991) Para a condução em campo, há situações de estresse para a cultura que podem ser amenizadas com a utilização do produto. Isso reduz a necessidade da utilização de silicato de potássio via foliar em tomate do grupo salada em ambiente protegido, quando for desejável o incremento na quantidade de frutos produzidos, mas não descarta que o produto seja aplicado em campo.

4.3 Massa total e comercial de frutos de tomateiro

Não ocorreram diferenças significativas ao nível de 5% de significância pelo teste F de médias para massa total e comercial de frutos nos dois substratos testados. Lima (2008) observou para tomateiros do grupo italiano cultivado em fibra de coco pura produção total e comercial superior aos demais substratos testados que apresentavam em sua composição casca de café carbonizada. Essa diferença de resultados pode ser devida a variações genéticas nos diferentes genótipos de tomateiros testados, manejos culturais e época de plantio. Sendo assim, em regiões produtoras de café, a casca de café carbonizada surge como uma opção de baixo custo para substituir parte do substrato à base de fibra de coco no cultivo de tomateiro do grupo salada em ambiente protegido.

Não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste F de médias para nenhuma das doses de silicato de potássio via foliar testadas. Isso significa que, nas doses testadas e no híbrido estudado, o uso do silicato de potássio não influenciou na produção total de frutos em massa por área, em ambiente protegido. As massas total e comercial de frutos são variáveis de produção que estão intimamente ligados ao número total de frutos produzidos por área. Desta maneira, práticas culturais, cultivo adensado, diferentes épocas de cultivo (verão ou inverno) podem causar alterações no número total de frutos por área e, conseqüentemente, na massa total e comercial de frutos produzidos por área. Sendo assim, outros estudos devem ser conduzidos com o objetivo de avaliar o efeito do silicato de potássio via foliar e dos diferentes substratos testados em condições diferentes das que foram submetidas.

4.4 Massa média de frutos da classe 2

Carijo et al. (2004) observaram a maior massa média de frutos nos cultivos com fibra de coco verde associada à casca de arroz carbonizada, podendo estar relacionado à maior capacidade de disponibilização de nutrientes a serem translocados aos frutos. Situação que pode ter ocorrido com o substrato 2, testado neste estudo, o qual era composto de 2/3 de fibra de coco e 1/3 de casca de café carbonizada. Foi observado um aumento na massa média de frutos pertencentes à classe 2 na dose de 0,2% de silicato de potássio, diferença que pode representar até 690 Kg/ha (Figura 5). Isso vai de encontro aos dados de Rodrigues (2008), que estudando o efeito do silicato de potássio para tomate em campo, obteve a mesma dose como sendo a mais produtiva.

Pela análise química do substrato 2, pode-se observar uma maior concentração dos nutrientes metálicos Mn e K (Rodrigues, 2008). O primeiro é utilizado na composição de defensivos agrícolas no combate de fungos, além de exercer importante papel fisiológico, refletindo no crescimento e na produção, destacando-se a sua participação na fotossíntese (no transporte de elétron específico), no metabolismo do N (especialmente na redução sequencial do nitrato) e também nos compostos cíclicos, como precursor de aminoácidos aromáticos, hormônios (auxinas), fenóis e ligninas. O segundo é importante para diversos processos de ativação enzimática nas plantas, fotossíntese, osmoregulação, transporte via floema, influenciando na produtividade final (Heenan & Campbell, 1980). Em pesquisa desenvolvida por Foy et al. (1978), é relatado a interação positiva (sinergismo) entre Si e Mn, em que o Si absorvido aumenta a redistribuição de manganês no organismo da planta.

Segundo Barber (1982), em solos com baixa concentração de K, não é possível altas produtividades de tomate sem o uso de fertilizantes a base de K. Nesses solos, a difusão é um importante mecanismo do solo para o suprimento

de nutrientes para as raízes das plantas, e apenas o potássio presente nas áreas adjacentes da raiz contribui para o suprimento de K para as raízes.

A maior concentração (0,4 %) de silicato de potássio foi menos efetiva. Isso vai ao encontro das observações de Figueiredo (2007), que relatou em suas pesquisas a diminuição da produtividade em café causada pela dose excessiva de silicato de potássio, o qual, em excesso, supostamente atrapalha a difusão de CO₂ e a transpiração das folhas, causando perdas no processo fotossintético.

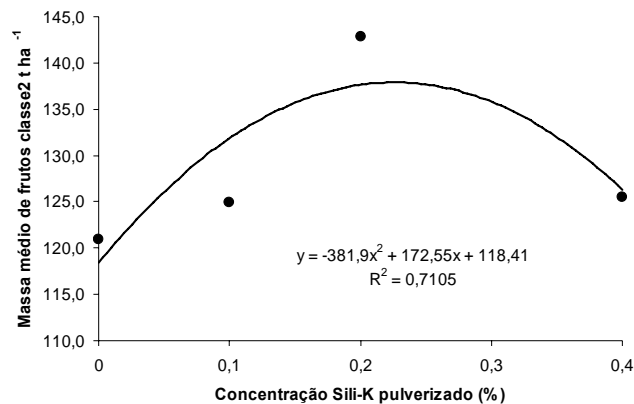


FIGURA 8 Massa média de frutos classe 2 (t.ha⁻¹) de tomateiros cultivados no substrato 2 e pulverizados com diversas concentrações de silicato de potássio.

5 CONCLUSÕES

As doses de silicato de potássio estimularam de forma linear a concentração de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total.

O substrato contendo 1/3 de casca de café carbonizada e 2/3 de fibra de coco apresentou produtividade semelhante ao substrato contendo apenas fibra de coco para número total de frutos, número total de frutos comerciais, massa total e comercial de frutos de tomateiro.

A dose de 0,2% de silicato de potássio mediante pulverizações foliares, no substrato composto por 2/3 de fibra de coco e 1/3 de casca de café carbonizada, foi capaz de gerar ganhos significativos apenas para a massa média de frutos da classe 2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M. Los sustratos horticolas y técnicas de cultivo sin suelo. In: RALLO, L.; NUEZ, F. (Ed.). **La horticultura Española en la C.E.** Reus: Horticultura S.L., 1991. p. 271-280.
- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, London, v. 58, n. 3, p. 343-351, Sept. 1986.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate:** produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.
- 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**, The Hague, v. 376, n. 59, p. 243-250, Dec. 1994.
- ANDERSON, K. R.; DENT-GLASSER, L. S.; SMITH, D. N. Polymerization and colloid and formation in silicate solutions. **American Chemical Society Symposium Series**, Washington, v. 194, n. 95, p.115-131, Sept. 1982.
- ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 215-219, 1999.
- ARAÚJO, J. A. C. Recentes avanços da pesquisa agronômica na plasticultura brasileira. In: ARAUJO, J. A. C.; CASTELLANE, P. D. (Ed.). **Plasticultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 41-52.
- BARBER, D. A.; SHONE M. G. T. The absorption of silica from aqueous solutions by plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 17, p. 569-578, 1966.
- BARBER, S. Mecanismos de absorção de potássio pelas plantas. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 1982. p. 213-247.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 89, p. 1-8, mar. 2000. Encarte Técnico.

BENEDETTI, T. C.; RODRIGUES, T. M.; RODRIGUES, C. R.; SOUZA, J. V.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação de fosfito e silicato de potássio via foliar em plantas de cenoura: arquitetura de planta e crescimento de raiz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007. p. 231-234.

CALABRETTA, C.; NUCIFORA, M. T.; FERRO, B.; NATALE, V. New techniques for the cultivation and defence of tomato crops in cold greenhouses in the area Ragusa (Sicily). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 361, n. 69, p. 530-544, June 1994.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p.533-535, dez. 2002.

CARRIJO, O. A.; REIS, N. V. B. dos; MAKISHIMA, N.; MOITA, A. W. Avaliação de substratos e modelos de casa de vegetação para o cultivo de tomateiro na região de Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: SOB, 2001. 1 CD-ROM.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; NEVILLE, V. B. dos; SOUZA, R. B. de; MAKISHIMA, N. Tomato cropp production under different substrates and greehouse models. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 5-9, Jan./July 2004.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo-hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.

CASTILLO, F. C. El uso del plastico en la producción. In: ARAÚJO, J. A. C.; CASTELLANE, P. D. (Ed.). **Plasticultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 1-20.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Classificação do tomate**. Disponível em: < www.ceagesp.com.br>. Acesso em: 23 nov. 2008.

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, St. Paul, v. 84, n. 3, p. 236-242, Mar. 1994.

DUTRA, M. R. **Controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp) com silicatos, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

EPSTEIN, E.; BLOMM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAWE, A.; MENZIES, J. G.; CHERIF, M.; BÉLANGER, R. R. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture.** Amsterdam: Elsevier Science, 2001. cap. 9, p.159-169.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERNANDEZ, M. M.; GOMES, I. M. C. (Ed.). **Cultivos sin suelo II.** Almeria: FIAPA, 1999. 590 p.

FIGUEIREDO, F. C. **Nutrição, proteção e qualidade da bebida do café sob pulverizações de silicato de potássio líquido solúvel.** 2007. 97 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 29, p. 511-566, June 1978.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1980.

GONÇALVES, M. V.; LUZ, J. M. Q.; RODRIGUES, C. R.; QUEIROZ, A. A. Produtividade de batata cv. Atlantic sob diferentes doses de silicato de potássio via foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48., 2008., Maringá. **Resumos...** Maringá: ABH, 2008. Disponível em: <www.abhorticultura.com.br/>. Acesso em: 29 jan. 2009.

HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C. Soybean nitratereductase activity influenced by manganese nutrition. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 21, n. 4, p.731-736, July 1980.

JACKSON, M. L. Chemical composition of soils. In: BEAR, F. E. (Ed.). **Chemistry of the soil**. 2. ed. New York: Reinhold, 1964. p. 71-141.

KHAN, D. H.; ROY, A. C. Growth, P-uptake and fiber cell dimensions of jute plants affected by silicate treatment. **Plant Soil**, Dorcrecht, v. 20, n. 3, p. 331-336, June 1964.

KNIGHT, C. T. G.; KINRADE, S. A primer on the aqueous chemistry of silicon. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. cap. 2, p. 57-84.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KORNDORFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.356-374.

KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Papel do silício na produção de cana de açúcar. In: SEMINÁRIO DE CANA DE AÇÚCAR DE PIRACICABA, 5., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2000.

LIMA, A. A de. **Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos**. 2008. 71 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LIMA FILHO, O. F. de; LIMA, M. T. G. de; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 1-7, jun. 1999. Encarte Técnico.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; BARBOSA, J. G. Substratos para hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 81-89, 1999.
- MARTINEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p. 53-76.
- MEBRAHTU, T.; HAVOVER, J. W. Leaf age effects on photosynthesis and stomatal conductance of black locust seedlings. **Photosynthetica**, Prague, v. 25, n. 4, p. 537-544, 1991.
- MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWARD, F. Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, n. 2, p.84-99, Feb. 1991.
- MCKEAGUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in the soil. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 15, p. 339-396, 1963.
- MINAMI, K. Nutrição e adubação da cultura do tomate: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 26., 1986, Salvador. **Anais...** Salvador: EMATER/BA, 1986. p. 1-16.
- MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995. 128 p.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-89, Jun. 1978.
- NOGUERA, P.; ABAD, M.; NOGUERA, V.; PURCHADES, R.; MAQUIERA, A. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 517, n. 62, p. 279-286, Mar. 2000.
- PEREIRA, H. S.; VITTI, G. C.; KORNDORFER, G. H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 101-108, jan./fev. 2003.

PINAMONTI, F.; STRINGARI, G.; ZORGI, G. Use of compost in soilless cultivation. **Compost Science and Utilization**, Emmaus, Pa, v. 5, n. 2, p. 38-46, 1997.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEIREDO, F. C.; POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 124 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 82).

RICK, C. M. The potencial of exotic germplasm for tomato improvement. In: VASIL, I. K.; SCOWCROT, W. R.; FREY, H. J. (Ed.). **Plant improvement and somatic cell genetics**. New York: Academic, 1982. p. 478-495.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel em cultivo hidropônico e, ou, fertirrigação: uma realidade e perspectivas. **Revista Campos & Negócios**, Uberlândia, maio 2007. Disponível em: <www.una-prosil.com.br>. Acesso em: 02 dez. 2008.

RODRIGUES, L. **Crescimento e produção de tomateiro em diferentes substratos de doses de ácidos orgânicos em estufa**. 2008. 92 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SÁNCHEZ, F. P. Propriedades y características de los substratos: turba y fibra de coco. In: FERNÁNDEZ, M. F.; GÓMEZ, I. M. C. (Ed.). **Cultivo sin suelo II**. Almería, Espanha: FIAPA, 1999. p. 65-92.

SCHUCH, W.; KANCZLEER, J.; ROBERTSON, D.; HOBSON, G.; TUCKER, G.; GRIERSON, D.; BRIGHT, S.; BIRD, C. Fruit quality characteristics of transgenic tomato fruit with altered polygalacturonase activity. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 12, p. 1517-1520, Dec. 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. cap. 5, p. 420-433.

TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. L. Utilização da casca de café na alimentação de ovinos deslanados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 149-151.

VILELA, F. G. **Uso da casca de café melosa em diferentes níveis na alimentação de novilhos confinados.** 1999. 46 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture.** London: Elsevier Science, 2001. p.115-131.

WANG, S. Y.; GALLETTA, 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.

WARNER, J.; ZHANG, T. Q.; HAO, X. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 84, n. 3, p. 865-871, July 2004.

WETSELAAR, R.; FARQUHAR, G. D. Nitrogen losses from tops of plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 33, p. 263-302, 1980.