

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

VITOR BOAVENTURA FONSECA DE SOUSA

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO TOMATEIRO:
CLOROFILA E PRODUTIVIDADE**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2008**

VITOR BOAVENTURA FONSECA DE SOUSA

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO TOMATEIRO:
CLOROFILA E PRODUTIVIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Carlos Ribeiro Rodrigues

**Uberlândia – MG
Novembro – 2008**

VITOR BOAVENTURA FONSECA DE SOUSA

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO TOMATEIRO:
CLOROFILA E PRODUTIVIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 15/11/2008

Dra. Tatiana Michlovská Rodrigues
Membro da Banca

Eng. Agr. Marcelo Vitor Gonçalves
Membro da Banca

Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues
Orientador

DEDICO

A meus pais Carlos e Ângela, exemplos de vida e meu irmão Lucas, que me apoiaram e incentivaram em todos os momentos; aos amigos pelo companheirismo e professores pelos ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre iluminar o meu caminho e pelas graças concedidas. Aos meus pais Carlos e Ângela, meu irmão Lucas; aos primos, em especial Cristiane e Fernando; tios e tias, as avós Anita e Umbelina, que sempre torceram pelo meu sucesso. Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues, pela confiança, lições e oportunidades. Aos meus amigos de trabalho Juni, Paulo César, Tiago, Maria Clara, Maria Rita pela contribuição na condução do experimento. À Una Prosil e ao GPSi por todo apoio. Aos colegas, meu muito obrigado.

RESUMO

O silício tem sua importância no manejo alternativo de doenças através da resistência ao ataque de patógenos e pragas, melhoria da arquitetura foliar, melhores taxas fotossintéticas, alterações nos teores de clorofila, e conseqüentes incrementos de produtividade sendo de grande importância seu estudo no manejo nutricional do tomateiro. O presente trabalho avaliou a eficiência da aplicação via foliar no tomateiro de diferentes doses de silicato de potássio e número de aplicações semanais de fungicida sobre o teor de clorofila e a produtividade. Foi avaliada a fotossíntese na fase de plena produção com os teores de clorofila A, B e relação A/B no terço superior e inferior da planta, com incidência direta e indireta da luz através do aparelho clorofilômetro eletrônico; também foi avaliada a evolução da produção através AACPP de frutos AA, A e total, produção de frutos AA, A e total e classificação do percentual de frutos AA em relação ao total conforme padrão regional. O experimento foi realizado na Fazenda Marimbondo, município de Uberlândia-MG. O Delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2 sendo, quatro doses de Silicato de Potássio (K_2SiO_3 – 12,2% de Si; 15% de K_2O), (0; 0,2; 0,4 e 0,6 mL $100L^{-1}$ de calda) e dois manejos de fungicida (duas e três aplicações semanais) com quatro blocos. O silicato de potássio foi aplicado semanalmente nas doses dos tratamentos desde o transplântio até a data da última colheita, totalizando 15 aplicações. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, regressão em função das doses foliares de K_2SiO_3 e teste de média pelo Scoot Knott (5%) para avaliação do número de aplicações de fungicidas, com auxílio do programa SISVAR. As doses de K_2SiO_3 proporcionaram incrementos nos teores de clorofila A; os teores de clorofila B e relação A/B não apresentaram variação significativa; com três aplicações semanais de fungicida houve melhor classificação dos frutos, porém com duas aplicações semanais se teve uma maior produção de frutos; as doses de K_2SiO_3 proporcionaram incrementos na produção do tomateiro sendo que a dose de 0,38 L $100L^{-1}$ proporcionou a máxima produção AA e a dose 0,33 L $100L^{-1}$ de frutos total.

Palavras chave: tomate, clorofila, silício foliar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	A cultura do tomateiro e sua importância econômica.....	10
2.2	Adubação em tomate.....	11
2.3	Silício na Agricultura.....	12
2.4	Clorofila - Alterações bioquímicas e fisiológicas em plantas fertilizadas com Si.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Local do experimento.....	17
3.2	Condução e delineamento experimental.....	17
3.3	Avaliações - Análise do teor de clorofila, produção e classificação dos frutos.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5	CONCLUSÕES.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A produção de tomate no Brasil aumentou de 1,5 milhão de toneladas, em 1980 para 3,3 milhões de toneladas, em 2007; enquanto a área plantada não teve um aumento tão significativo, passando de 50 mil hectares para quase 57 mil hectares, em 2007. A produtividade média que era de 30,6 t.ha⁻¹ em 1980, é atualmente próximo de 57,9 t.ha⁻¹ (FAO-FAOSTAT, 2007). A cultura de tomate exige grandes investimentos, com pulverizações de defensivos a cada três dias, desde a emergência até a colheita, além de utilizar grande quantidade de mão-de-obra, adubação pesada do plantio à colheita, resultando em alto custo de produção (SILVA; GIORDANO, 2000; FILGUEIRA, 2008).

Mesmo não sendo essencial, a absorção e acumulação de Si pelas plantas trazem inúmeros benefícios (KORNDÖRFER et al., 2002). Os efeitos benéficos do silício restringem-se a algumas espécies da família Poaceae e Cyperaceae (EPSTEIN, 1999). No entanto, atualmente, plantas da família Cucurbitaceae (WAGNER, 1940; MIYAKE; TAKAHASHI, 1983), e até mesmo o cafeeiro (SANTOS, 2002; POZZA et al., 2004), algodoeiro (GAMA et al., 2004; LEMES et al., 2004), morangueiro (LANNING, 1960; WANG; GALLETTA, 1998) e várias olerícolas como a alface (SOBRINHO et al., 2004), cenoura (JULIATTI et al., 2003) e tomate (MIYAKE; TAKAHASHI, 1978; CARVALHO et al., 2002; LANA et al., 2002) e ornamentais como a rosa (VOOGT; SONNEVELD, 2001) e crisântemo (RODRIGUES, 2007a), também tem respondido à adição do Si, principalmente em aplicações na solução nutritiva em sistemas hidropônicos, via foliar e fertirrigação.

Podem-se dividir os efeitos benéficos do Si, relatados por Korndörfer (2002), sobre o crescimento das plantas em dois grupos: benefício físico e fisiológico. Os benefícios físicos estão relacionados ao acúmulo do Si na parede celular das plantas, reduzindo a perda d'água, melhorando a arquitetura das plantas e barreira física à penetração de fitopatógenos e de insetos (BOWEN et al., 1992; SAMUELS et al., 1993; EPSTEIN, 1994; BELANGER et al., 1995; MARSCHNER, 1995; DATNOFF et al., 1997; SANTOS, 2002; POZZA; POZZA, 2003). Os benefícios fisiológicos são pouco estudados, porém alguns autores relatam que plantas adubadas com Si apresentam maior atividade fotossintética e resistência ao ataque de fitopatógenos e pragas, devido ao Si induzir uma série de reações metabólicas nas plantas resultando na formação de compostos como fitoalexinas, ligninas (VIDHYASEKARAN, 1997; MENZIES et al., 1991).

Sobre a fotossíntese Al-aghabary et al. (2004) relatam aumento nos teores e fluorescência das clorofilas em tomateiros cultivados em solução nutritiva com Si, indicando

aumento da eficiência fotossintética das plantas, em específico do fotossistema II. Gong et al. (2005) relatam que planta adubada com Si aumentou a atividade fotossintética, associada ao aumento da atividade da Rubisco e da gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase NADPH+H⁺ dependente, como também, ao aumento nos teores de clorofila a, b e total e carotenóides. Adatia e Besford (1986), também relatam aumento no teor de clorofila e atividade da Rubisco em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva contendo Si. Segundo os autores a atividade da Rubisco foi 50% superior em relação às plantas não adubadas com Si. Em morangueiro a aplicação de Si proporcionou alteração na composição de metabólitos da planta, como alterações nas proporções de ácidos graxos insaturados em glicolipídios e fosfolipídios (WANG; GALLETTA, 1998).

Mais recentemente, vêm sendo divulgadas pesquisas com resultados positivos do uso de fontes solúveis de Si aplicadas via foliar. A partir de janeiro de 2006, com a aprovação, no Brasil, do projeto de Lei 4954 de 14 de janeiro de 2006 que reconhece o Si como micronutriente essencial para fins de registro de fertilizantes, que tem possibilitado a comercialização de fontes de silício como o silicato de potássio. O silicato de potássio apresenta vantagens desejáveis a um fertilizante foliar por se tratar de um produto com alta concentração de Si solúvel, boas propriedades físicas, facilidade de aplicação mecanizada, pronta disponibilidade as plantas e nenhuma concentração de metais pesados (RODRIGUES; FIGUEIREDO, 2007b). Os resultados são bastante promissores em várias culturas, mesmo naquelas que não são acumuladoras do elemento. Em comparação de fontes de Si solúvel foliar Gama et. al (2003),concluíram que a aplicação de silicato de potássio em pepineiros inoculados com o fungo oídio (*Erysiphe cichoracearum*) reduziu a incidência e a severidade da doença em relação a testemunha e do silicato de sódio. Em plantas de morango, a aplicação de silicato de potássio proporcionou um aumento no conteúdo de clorofila e no crescimento das plantas (WANG; GALLETTA 1998). Segundo os mesmos autores o silicato de potássio aumentou significativamente a matéria seca da parte aérea e raízes, quando comparadas ao controle.

No entanto, o silicato de potássio, além de fornecer o silício, também fornece o potássio que é nutriente essencial para as plantas, sendo o nutriente mais exigido pela cultura do tomate (FAQUIN, 2001). O Potássio auxilia também no controle da evapotranspiração das plantas, controle osmótico, e na ativação de várias enzimas chaves da via glicolítica (TAIZ; ZEIGER, 2004; BUCHANAN et al., 2000; MALAVOLTA, 2006; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O uso do silicato de potássio via foliar tende a ser uma ótima alternativa no manejo nutricional do tomateiro, buscando produtos de melhor qualidade, maiores índices de produtividade, menores custos de produção e seguindo uma tendência de agricultura sustentável. Neste sentido o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da aplicação via foliar no tomateiro de diferentes doses de silicato de potássio e número de aplicações semanais de fungicida sobre o teor de clorofila e a produtividade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro e sua importância econômica

O tomate, cientificamente conhecido por *Lycopersicon esculentum* é proveniente da região andina, possui uma grande variabilidade que possibilitou o desenvolvimento de cultivares para atender às demandas do mercado, tanto para o processamento quanto para o consumo *in natura* (FILGUEIRA, 2008).

O tomateiro é uma dicotiledônea, ordem Tubiflorae, pertencente à família Solanaceae, gênero *Lycopersicon*. A família Solanaceae é uma das mais importantes do reino vegetal para a economia humana, pois possui várias espécies comestíveis (MINAMI; HAAG, 1989).

A cadeia produtiva do tomate para processamento é provavelmente a mais importante entre todas as hortaliças cultivadas no Brasil. Observando a Tabela 1 nota-se que no Brasil existe a concentração da produção de tomate nas regiões sudeste e centro-oeste. De acordo com Fontes (2005), a produção de tomate pode ser para mesa (consumo *in natura*) ou para indústria (Tabela 2). Na tomaticultura comercial para mesa, o produtor deve plantar e colher o fruto que o mercado exige, principalmente em termos de visual. De maneira geral, o consumidor de tomate, mede a qualidade do fruto pela aparência, preponderando tamanho, ausência de defeitos, firmeza, uniformidade de cor.

Tabela 1- Produção de Tomate no Brasil e Regiões, 2007

Região	Produção (t)	Área (ha.)
Sudeste	1.442.780	22.442
Centro-Oeste	835.988	10.486
Sul	552.161	9.44
Nordeste	517.453	12.878
Norte	8.074	1.029
Brasil	3.356.456	56.275

Fonte: IBGE - Levantamento Sistemático da Produção, 2008

Tabela 2 - Situação da Produção de Tomate, 2006

Variáveis	Unidades	Tipo		Total	Média
		**Indústria	*Mesa		
Produção	Mg (mil)	1.160,0	2.118,1	3.278,1	-
Área (ha)	mil ha	14,9	41,7	56,6	-
Produtividade	Mg ha ⁻¹	77,9	50,8	-	57,9
Valor (R\$/t)	R\$ Mg ⁻¹	140,0	930,0	-	535,0
Postos de trabalho	Empregos	44.700,0	208.675,0	253.375,0	-
Valor safra	(R\$ milhões)	162,4	1.969,8	2.132,2	-
Valor safra	(US\$ milhões)	74,6	905,2	979,8	-
Disponibilidade	Kg hab ⁻¹ ano ⁻¹	0,9	11,3	-	6,1

Fonte: IBGE-Levantamento Sistemático da produção

** Estimativa das indústrias processadoras

*Preço médio recebido pelo produtor pelo tomate de mesa - Preços médios IEA/CATI-SP:

**Preço recebido pelo produtor - tomate industrial - Preços médios IEA/CATI-SP

Valor estimado pelo valor médio do dólar em 2006 (BACEN)=2,176

Transformação de matéria prima em polpa considerando 4,7 de BRIX32= 6,7

A tecnologia de produção dessa cultura deve buscar competitividade, reduzindo os custos de produção e elevando os índices de produtividade e qualidade (SILVA; GIORDANO, 2000). A produtividade sofre também grande influência do meio ambiente por meio das condições adversas do meio, como variações intermitentes de umidade, temperatura, incidência de radiação, ventilação, composição e quantidade de nutrientes no solo, além da ação de patógenos (bactérias, fungos, vírus e nematóides).

2.2 Adubação em tomate

O tomateiro é considerado uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes, sendo citado por Filgueira (2008) como uma das espécies que melhor responde a doses elevadas de adubos químicos.

Os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura variam principalmente de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, com a cultivar e a produção que se deseja obter, sendo, dessa forma, importante o seu conhecimento para elaborar um programa de adubação.

Através dos dados de acúmulo de nutrientes pelo tomateiro (FERREIRA et al., 1993), observa-se que a época de maior demanda de nutrientes coincide com o período de maior desenvolvimento dos frutos, isto é, do nonagésimo ao centésimo vigésimo dia. Observações de campo mostram que nesse período o tomateiro torna-se mais vulnerável ao ataque de

patógenos, principalmente de fungos e bactérias. Esse também é o período em que se observam com maior frequência os sintomas de deficiência de nutrientes minerais.

O tomateiro adapta-se bem a solo com pH em torno de 5,5 a 6,0; nessa faixa, os efeitos prejudiciais de altas concentrações de alumínio e manganês são reduzidos e a disponibilidade de fósforo e molibdênio é aumentada. Além disso, o tomateiro é exigente em cálcio e magnésio, o que faz da calagem, prática indispensável. Em solos pobres em matéria orgânica (< 4 dag/kg), dificilmente serão alcançadas produtividades em torno de 140 t/ha. Além de melhorar algumas características físicas do solo, com a adição de matéria orgânica, há incorporação de nutrientes biodisponíveis, os quais variam em função da origem e do modo de tratamento do material adicionado (PAULA JÚNIOR; VENZON, 2007).

2.3 Silício na Agricultura

A essencialidade do Si para as plantas superiores foi demonstrada por Epstein 2006, sendo considerado um constituinte majoritário dos vegetais (MARSCHNER, 1995). Minami e Haag (1989) citam que não foi estabelecida a essencialidade do silício em tomateiro e, se assim for, o tomateiro requer menos de $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de matéria seca.

O Si pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas, o decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, a maior rigidez estrutural dos tecidos, a proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Al, Mn, Fe e Na, a diminuição na incidência de patógenos e o aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

De modo geral, as plantas terrestres contêm Si em quantidades comparáveis aos macronutrientes, variando de 0,1% a 10%, colocando-se como um constituinte mineral majoritário. Em culturas como o arroz e a cana-deaçúcar, o teor de Si pode igualar ou exceder àquele do N (EPSTEIN, 1995; RAFI et al., 1997).

Quando plantas de tomate foram cultivadas em solução nutritiva com baixo teor de silício (Si), a deficiência deste elemento apareceu durante a fase reprodutiva, isto é, no início da formação dos botões florais (MIYAKE; TAKAHASHI, 1978). Esta observação levou os pesquisadores a acreditar que o Si possui um papel importante na reprodução da planta. Além disso, plantas de tomate cultivadas em solução livre de Si raramente mantiveram os frutos

estas florescem, mas não produzem frutos. Os autores ainda relataram que os frutos cresceram normalmente quando submetidos a uma solução contendo 100 mg L^{-1} de SiO_2 .

Em pepineiros, Adatia e Besford (1986) observaram vários efeitos devido à adição de Si (100 mg kg^{-1}) ao meio nutritivo, dentre eles o aumento no teor de clorofila, maior massa foliar (fresca e seca) específica, atraso na senescência e aumento da rigidez das folhas maduras, as quais mantinham-se mais horizontais. A melhor arquitetura foliar permite maior penetração de luz solar, maior absorção de CO_2 e diminuição da transpiração excessiva, o que permite o incremento da taxa fotossintética (TAKAHASHI, 1995). A deficiência de Si em soja causa sintomas característicos, como a má formação de folhas novas e redução da fertilidade do grão de pólen (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985).

A absorção do silício pelas plantas ocorre na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4). As plantas diferem bastante na sua capacidade de absorver o Si. Até mesmo genótipos de uma espécie podem apresentar concentrações de Si que variam por um fator superior a três, como demonstrado para cevada (NABLE et al., 1990). Lanning (1960) encontrou diferenças marcantes no teor de Si, nos diferentes órgãos, entre cultivares de morangueiros. Genótipos de arroz diferem no teor de Si, respondendo de modo distinto à aplicação do elemento (WINSLOW, 1992; DEREN et al., 1992).

Miyake e Takahashi (1977) primeiramente distinguiram as plantas em acumuladoras de Si (a absorção de Si excedendo a absorção de água) e não acumuladoras (a absorção de Si sendo similar ou menor do que absorção de água). Anos depois, os mesmos autores separaram e caracterizaram as plantas em três tipos, quanto à absorção de Si. Acumuladoras, com um teor bastante elevado de Si, sendo a absorção ligada à respiração aeróbica. O arroz e a cana-de-açúcar são exemplos típicos deste grupo de plantas. Não acumuladoras, caracterizando-se por um baixo teor dos elementos, mesmo com altos níveis de Si no meio, indicando um mecanismo de exclusão. Exemplo típico é o tomateiro, que acumula nas raízes a maior parte do Si absorvido. E intermediárias, as quais apresentam uma quantidade considerável de Si, quando a concentração do elemento no meio é alta. As cucurbitáceas e a soja, por exemplo, enquadram-se neste tipo, pois translocam o Si livremente das raízes para a parte aérea (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985).

Korndörfer e Datnoff (2000) citam que o Si no interior das plantas é considerado pouco móvel, sendo que o seu transporte da raiz até a parte aérea se dá através do xilema e depende da taxa de transpiração, como para todos os demais nutrientes.

Os efeitos do silício podem ser divididos em físicos e bioquímicos. O Silício aplicado é absorvido e polimerizado junto a compostos de cutícula proporcionando melhora na

arquitetura de das folhas, melhorando a absorção de luz, em toda parte da planta aumentando a eficiência dos nutrientes pouco móveis como Ca, B, Cu, Fe, Zn, Mn, S. A deposição da sílica na superfície das folhas também forma uma barreira física à penetração de patógenos aumentando a eficiência de alguns fungicidas.(FIGUEIREDO; RODRIGUES, 2007).

O silício foi considerado pela legislação brasileira como micronutriente em 14/01/2006. Segundo Figueiredo e Rodrigues (2007) dentro das fontes somente o silicato de potássio foi regulamentado como fonte de silício solúvel passível de ser usado na agricultura.

O silicato de potássio é obtido pela fusão da sílica com hidróxido de potássio sobre temperatura e pressão alta. Este processo industrial torna o silicato de potássio uma fonte de silício líquida e solúvel com pH maior que 12, com aspecto viscoso e incolor, a semelhança de um vidro líquido.

Uma boa fonte de qualquer nutriente deve primeiramente ser solúvel, pois as plantas absorvem os nutrientes solubilizados em água. Neste sentido, a alta solubilidade do silicato de potássio se destaca por ser totalmente solúvel, possibilitando que ele seja utilizado em aplicações foliares, fertirrigação e hidroponia. (FIGUEIREDO; RODRIGUES, 2007).

De maneira geral vários trabalhos tem demonstrado o eficácia da aplicação de silicato de potássio, mostrando assim, a essencialidade desse nutriente para várias culturas como soja, milho, café, citros, alface, batata, flores de corte e vaso como rosas, crisântemos, gérberas, antúrios e orquídeas (FIGUEIREDO; RODRIGUES, 2007).

2.4 Clorofila - Alterações bioquímicas e fisiológicas em plantas fertilizadas com Si

Em função de uma camada dupla de sílica abaixo da cutícula, as plantas mantêm as folhas mais eretas promovendo maior aproveitamento da luz (YOSHIDA et al., 1969). Na biossíntese da clorofila, a ciclização de um dos anéis é uma reação dependente de luz (TAIZ; ZEIGER, 2004). Assim, pode-se dizer que quanto maior a exposição das folhas à luz maior e biossíntese da clorofila e com conseqüente maior eficiência na interceptação de luz e transmissão de elétrons para os fotossistemas I e II, da fase fotoquímica da fotossíntese. Nessa fase da fotossíntese os elétrons captados possuem diferentes destinos, sendo uns deles a produção de poderes redutores (ATP e NADPH+H⁺) para a assimilação de CO₂ pela Ribulose bifosfato carboxilase (Rubisco) no Ciclo de Calvim e produção de formas reativas de oxigênio nas plantas, como os radicais superóxido (O₂⁻), oxidrilo (OH⁻) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Alguns trabalhos evidenciam o efeito do Si sobre os teores das formas reativas de oxigênio e a atividade das enzimas envolvidas no processo de redução dessas, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidases (POX). Liang (1999) estudando o efeito do Si em plantas de cevada cultivadas sob estresse salino relatam aumento da atividade enzimas antioxidativas como a SOD e POX nas folhas. Devido a uma maior eficiência na interceptação de luz e transmissão de elétrons da fase fotoquímica da fotossíntese em plantas adubadas com Si, provavelmente, podem aumentar inicialmente os teores de formas reativas de oxigênio a níveis que não causem danos às células, o que pode ser chamado de “explosão oxidativa” (RUIZ, 1998). Segundo Taiz e Zeiger (2004), o aumento de formas reativas de oxigênio devido à maior atividade fotossintética é chamado de fotoinibição, onde a presença destas formas de oxigênio pode causar sérios danos como inibição do fotossistema II. No entanto, os autores ainda relatam que a fotoinibição em estágios iniciais é reversível. Um dos mecanismos de defesa das formas reativas de oxigênio nos estágios iniciais seria a biossíntese “de novo” das enzimas envolvidas no sistema de defesa, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX), com conseqüente aumento da atividade destas enzimas.

A presença de formas reativas de oxigênio nas plantas, em teores que não causam danos às células, também podem induzir algumas proteínas de parede celular, ricas em prolina, a formarem ligações cruzadas em uma reação mediada pelo H_2O_2 (TAIZ; ZEIGER, 2004), induzindo assim, uma maior resistência física a penetração de fitopatógenos. Os autores ainda relatam que a formação destas formas de oxigênio na planta, além de induzir ligações transversais de proteínas em paredes celulares, também são ativadores de genes responsáveis pela biossíntese de fitoalexinas, lignina, ácido salicílico (resistência sistêmica adquirida) e enzimas hidrolíticas, as quais estão envolvidas na proteção das plantas a fitopatógenos. Epstein (1999) sugere que o Si pode agir como um segundo mensageiro dentro da célula afirmando, também, que os mecanismos de defesa mobilizados pelo Si incluem acumulação de lignina, compostos fenólicos, quitinases e peroxidases.

Em morangueiro a aplicação de Si proporcionou alteração na composição de metabólicos da planta, como alterações nas proporções de ácidos graxos insaturados em glicolipídios e fosfolipídios (WANG; GALLETTA, 1998). Segundo os autores com o aumento das doses de Si aplicado via foliar, houve redução da concentração de carboidratos solúveis e ácidos orgânicos na parte aérea das plantas, indicando uma maior mobilização de metabólitos intermediários para o crescimento e produção do morangueiro. No entanto os autores, também, relatam que mesmo com a redução da concentração dos carboidratos

solúveis e ácidos orgânicos, houve aumento no acúmulo desses, resultante do maior crescimento das plantas. Adata e Besford (1986) relatam que o Si, também, interfere na distribuição e partição de fotoassimilados dentro das plantas. Entretanto, ainda são poucos os estudos envolvendo o efeito do Si sobre o metabolismo das plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado a campo na fazenda Marimbondo, no município de Uberlândia, MG a 863 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido com inverno frio e seco.

3.2 Condução e Delineamento experimental

As mudas foram obtidas de sementeira do híbrido F1 Dominador em bandejas de 128 células sobre substrato comercial Plantmax. Após 26 dias de sementeira as mudas foram transplantadas para local definitivo de realização do experimento com espaçamento de 1,2 m x 0,7 m em sistema tutorado. O experimento foi conduzido do dia 16/09/2007 a 12/01/2008.

O Delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2 sendo, quatro doses de Silicato de Potássio (K_2SiO_3 – 12,2% de Si; 15% de K_2O , $d = 1,4 \text{ g cm}^{-3}$ e pH 14) (0; 0,2; 0,4 e 0,6 L $100L^{-1}$ de calda) e dois manejos de fungicida (duas e três aplicações semanais) com quatro blocos. Cada bloco foi considerado uma parcela. A parcela era constituída de 10 casais, totalizando 20 plantas por parcela. Para as avaliações foram considerados os 8 casais centrais.

Antes do transplante o solo foi corrigido e recebeu uma adubação básica e de cobertura conforme análise de solo e com base nas recomendações da CFSEMG (1999). As plantas receberam os tratamentos comuns à cultura do tomateiro.

A população foi de 12500 plantas por hectare. As pulverizações dos tratamentos foram realizadas com pulverizador costal CO_2 com pressão de trabalho de $3,0 \text{ kgf cm}^{-3}$. O silicato de potássio foi aplicado semanalmente nas doses dos tratamentos desde o transplante até a data da última colheita, totalizando 15 aplicações. O volume de calda utilizado foi de 50 a 600 L ha^{-1} . A colheita iniciou-se aproximadamente 90 dias após o transplante, até a data que todos os cachos de cada planta foram colhidos. Também foi utilizado na calda de pulverização conforme recomendação de uso do produto comercial adjuvante siliconado de princípio ativo copolímero de poliéter e silicone com a dosagem de 0,005 % de volume de calda.

3.3 Avaliações - Análise do teor de clorofila, evolução de produção, produtividade e classificação dos frutos.

Foi realizada a análise dos teores de clorofila A e B e relação A/B através do aparelho clorofiLOG, modelo CFL1030, equipamento que mede o teor de clorofila nas folhas das plantas de forma óptica. Essa medição é feita em 9 mm² de cada folha sendo os teores medidos em escala de 0 a 100. Foram realizadas leituras no terços superior e médio das plantas, com incidência direta e indireta da luz solar, tomando 3 plantas por tratamento como amostragem.

Como já mencionado foram colhidos os frutos das 16 plantas centrais de cada parcela. Posteriormente, foram classificados de acordo com o padrão comercial regional (Ceasa-MG), definindo frutos extras AA (80 a 100 mm de diâmetro equatorial dos frutos) que são graúdos e não apresentam defeitos na casca que possam depreciá-los comercialmente, extra A (50 a 80 mm de diâmetro equatorial dos frutos) que são de tamanho um pouco inferior, e os descartes que não são comercializados.

Após a classificação os frutos foram pesados. Foram realizadas análises estatísticas para evolução de produção de frutos AA, frutos A e total, através da Área abaixo da curva de progressão de produção, adaptação da AACPD (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Resultados esses obtidos pela integralização como área abaixo da curva de progressão da produção por meio da fórmula AACPP = $\sum[(y_1 + y_2)/2] \times (t_2 - t_1)$, onde y_1 e y_2 referem-se a duas avaliações sucessivas da produção realizadas nos tempos t_1 e t_2 , respectivamente. Além desta foi realizada análise da produtividade de frutos AA, frutos A e total. Também foi realizada a análise da proporção de frutos de cada classe em relação a produção total.

Os dados obtidos, clorofila A, B e relação A/B (terço superior e médio, com incidência direta e indireta da luz), evolução da produção de frutos AA, A e total, produtividade de frutos AA, A e total e produção percentual de frutos AA, foram submetidos à análise de variância, regressão em função das doses foliares de K₂SiO₃ e teste de média pelo Scoot Knott (5%) para avaliação do número de aplicações de fungicidas, com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à disposição das plantas, quando da estimação da clorofila no campo as plantas foram avaliadas em dois lados, um exposto diretamente ao sol e o outro o lado oposto, ou seja, sem incidência direta da luz. Essa avaliação foi realizada dessa forma devido a quantidade de clorofila na folha ser afetada diretamente pela exposição ao sol. Com isso ter-se-á nas Figuras 1 e 2 os teores de clorofila A, B e relação A/B no lado da planta exposto diretamente ao sol (Figura 1) e do lado sombreado (Figura 2), respectivamente, tanto do terço superior quanto do mediano das plantas. A avaliação foi feita com o céu completamente limpo.

Em relação ao lado exposto ao sol, os teores de clorofila A no terço superior das plantas apresentaram variação significativa com as doses do K_2SiO_3 aplicado via foliar e com a interação entre as doses de K_2SiO_3 e o número de aplicações dos fungicidas (Figura 1A). Já, os teores de clorofila B e relação A/B no terço superior não apresentaram alteração significativa com as fontes de variação estudadas (Figura 1C e 1E). O incremento nos teores de clorofila A não foram suficientes para apresentar alteração significativa na relação A/B (Figura 1E e 1F). Ainda do lado das plantas expostas diretamente ao sol, mas no terço médio das plantas os teores de clorofila A apresentaram variação significativa em função do número de aplicações de fungicidas e da interação entre esse fator e as doses de K_2SiO_3 (Figura 1B), semelhante ao observado no terço superior da planta (Figura 1A). No terço médio os teores de clorofila B e relação A/B não apresentaram alteração significativa com as fontes de variação estudadas (Figura 1D e 1F).

Do lado sombreado do tomateiro os teores de clorofila A no terço superior das plantas apresentaram variação significativa com as dose do K_2SiO_3 aplicado via foliar (Figura 2A). No terço médio os teores de clorofila A variaram significativamente somente com as doses de K_2SiO_3 (Figura 2B). Os teores de clorofila B, no terço superior, apresentaram variação significativa em função de todas as fontes de variação, doses de K_2SiO_3 , número de aplicações de fungicidas e a interação entre esses (Figura 2C). Os teores de clorofila B, no terço médio não apresentaram alteração significativa com as fontes de variação estudadas (Figura 2D). As alterações nos teores de clorofila A e B não resultaram em alteração significativa na relação A/B em função das fontes de variação estudadas (Figura 2E e 2F).

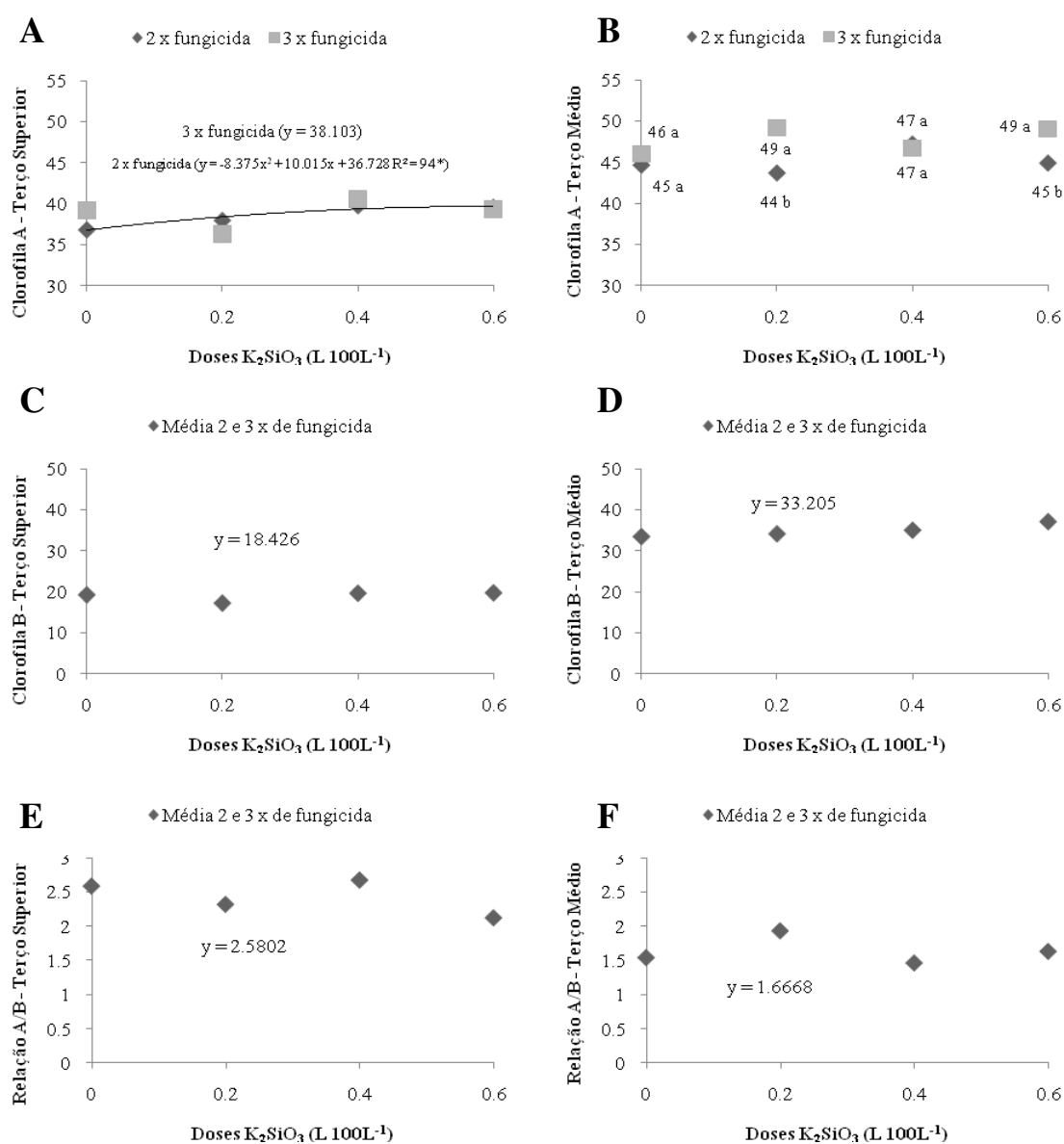


Figura 1 – Teores de Clorofila A e B e relação A/B em folhas do terço superior e médio do tomateiro exposto à luz direta do sol sob diferentes doses de K_2SiO_3 e número de aplicação de fungicidas, Uberlândia-MG, 2008.

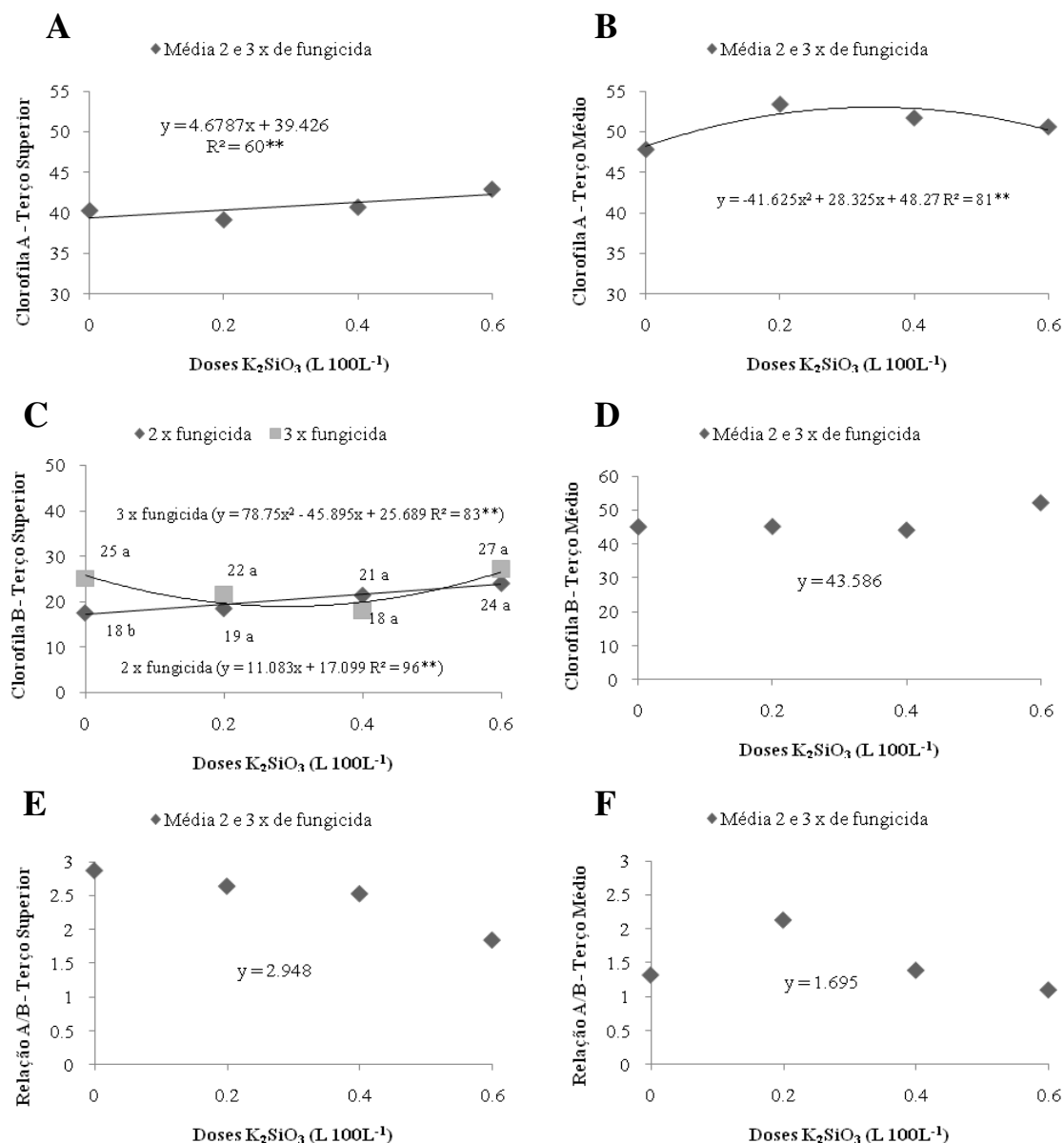


Figura 2 – Teores de Clorofila A e B e relação A/B em folhas do terço superior e médio do tomateiro sombreado sob diferentes doses de K_2SiO_3 e número de aplicação de fungicidas, Uberlândia-MG, 2008.

As Figuras 1 e 2 mostram que há uma possível interação entre o Si e a posição de avaliação. Com o objetivo de avaliar esse efeito, foi realizada análise de variância com fatorial triplo, sendo os fatores, doses de K_2SiO_3 ; posição de avaliação na planta (terço médio e superior) e posição em relação ao sol nascente (posição exposto à luz e sombreada). A linha de plantio da lavoura estava na posição sudoeste nordeste. Devido o sentido da linha de plantio do tomate, no período de avaliação a face da lavoura voltada para leste estava exposta à luz e a face voltada para oeste estava sombreada. Os fatores doses de K_2SiO_3 , posição de avaliação na planta (terço médio e superior) e posição em relação ao sol nascente (posição

exposto à luz e sombreada) e toda interação entre esses apresentou variação significativa pelo teste de F. Foi verificado que na área sombreada se obteve os maiores valores de clorofila tanto A quanto B, independente do terço da planta avaliado.

A biossíntese de clorofila é uma reação bioquímica dependente de luz (TAIZ; ZEIGER, 2004; BUCHANAN, 2000). Todavia vários fatores influenciam na biossíntese e, ou, degradação da clorofila. De maneira geral, vários estudos têm demonstrado que a aplicação de silício tem resultado em incrementos nos teores de clorofila A e B e os autores justificam esse efeito como sendo resultado de aumento da atividade fotossintética. Adatia e Besford (1986) relataram aumento no teor de clorofila total, ou seja, A + B e atividade da rubisco em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva com Si. Segundo os autores, a atividade da rubisco foi 50% superior em relação às plantas não fertilizadas com Si. Gong et al. (2005) relataram que plantas de trigo fertilizadas com Si apresentaram aumento da atividade fotossintética e também aumento nos teores de clorofila A, B, A+B e carotenóides.

Realmente, com o aumento nos teores de clorofila há um aumento na absorção de luz e conseqüentemente aumento na transmissão de elétrons na fase fotoquímica da fotossíntese. Todavia, Taiz e Zeiger (2004) e Buchanan (2000) relatam que o excesso de luz pode causar estresse oxidativo. O estresse oxidativo é a formação de oxigênio reativo que é fitotóxico para as plantas. Segundo os mesmos autores uma das principais reações da planta sob condições de estresse oxidativo é a redução da biossíntese e, ou, degradação da clorofila. Provavelmente, nos trabalhos citados a indução na biossíntese de clorofila não chegou ao ponto de causar estresse oxidativo, mesmo porque foram realizados os testes de casa de vegetação e em condições de clima temperado, ou seja, baixa incidência direta dos raios solares.

No presente trabalho foi verificado, em geral, que com o aumento das doses de silicato de potássio houve incremento nos teores de clorofila A, tanto em condições de alta incidência de luz, como no terço superior do lado exposto diretamente ao sol (Figura 1A), quanto em condições de baixa luminosidade, como no terço médio do lado sombreado (Figura 2B), com valores máximos de 40 e 53, respectivamente. Observa-se nessas Figuras (1 e 2) que os modelos matemáticos ajustados em função das doses de K_2SiO_3 foi o mesmo, quadrático. Todavia, as hipóteses dos mecanismos bioquímicos envolvidos nessas respostas podem ser totalmente distintos por se considerar condições extremas de disponibilidade de luz, sendo esse fator limitante para a biossíntese da clorofila. O que pode ser observado é que para a obtenção dos máximos valores de clorofila A numa condição de baixa luminosidade a quantidade de K_2SiO_3 aplicado foi inferior ($0,34 \text{ L } 100\text{L}^{-1}$) do que a dose de K_2SiO_3 para obtenção do máximo valor numa condição de baixa luminosidade ($0,59 \text{ L } 100\text{L}^{-1}$). Os fatores

envolvidos nessa diferença são de difícil discussão, pois, o presente trabalho não apresenta dados suficientes para embasamento.

Em relação à clorofila B foi verificada influência das doses de K_2SiO_3 somente no terço superior das plantas sombreadas (Figura 2C). Todavia, também, houve interação com o número de aplicação dos fungicidas. Com três aplicações semanais de fungicidas houve redução dos teores de clorofila B (19) até na dose de $0,29 L ha^{-1}$ (Figura 2C). Com duas aplicações semanais de fungicidas houve ajuste linear para as doses de K_2SiO_3 , sendo máximo valor de clorofila B igual a 24. Todavia se considerar a dose que proporcionou a máxima produção de frutos AA ($0,38 L ha^{-1}$), observa-se que tanto com duas quanto com três aplicações de fungicida os valores de estimados de clorofila B são semelhantes, 21,3 e 20, respectivamente. Nessa condição (Figura 2B) observa-se que foi verificada diferenças entre os teores de clorofila somente no tratamento com ausência de K_2SiO_3 , onde com três aplicações semanais de fungicida foi observado maiores teores de clorofila B.

Em geral se sabe que os fungicidas, dependendo da dose e do grupo químico, influencia o metabolismo das plantas. No presente trabalho os principais fungicidas utilizados pertencem aos grupos das estrubilurinas, ditiocarbamatos e cúpricos (hidróxidos e sulfatos de cobre).

Experimentos revelaram que cereais tratados com piraclostrobina (estrubilurina) mostraram um aumento significativo em produção, superior ao que seria devido apenas ao seu efeito fungicida (KÖEHLE et al., 2003). A piraclostrobina é um fungicida do grupo das estrubilurinas que atua através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c_1 (complexo III), interferindo na formação de ATP (AMMERMANN et al., 2000). O complexo citocromo BC1 persiste em todos os eucariotos, uma inibição parcial no transporte de elétrons também deve ser esperado nas células vegetais depois da absorção dos fungicidas (VENACION et al., 2003). Quanto a Absorção, Redução e Assimilação de Nitrogênio foi observado em campo que em comparação com os demais fungicidas que controlam diferentes fungos patogênicos, pode-se quantificar maior absorção de N com o uso da piraclostrobina (ROUSE et al., 1974). As parcelas tratadas com a piraclostrobina apresentaram maiores valores de índice de vitalidade NDVI relacionado com o aumento do potencial de produção (ROUSE et al., 1974). A piraclostrobina causou uma pequena mudança no ponto de compensação de CO_2 das plantas tratadas. Este ponto de compensação de CO_2 alterado favorece o aumento da produção de biomassa, criando uma maior demanda por assimilação de nitrogênio, que corresponde ao principal efeito na produção causada pela piraclostrobina (KÖEHLE et al., 2002). A

estrobilurina inibiu a biossíntese do etileno através da redução da atividade de aminociclopropano-carboxílico-sintase (ACC), em tecidos de trigo (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997). Esta está relacionada com o atraso da senescência das folhas e, como resultado, um prolongamento da atividade fotossintética do tecido verde e uma melhor gestão do stress (KÖEHLE et al., 1997; GROSSMANN; RETZLAFF, 1997; GROSSMANN et al., 1999). O ambiente desfavorável pode estimular a formação de radicais, especialmente das formas reativas de oxigênio e aumento do metabolismo oxidativo potenciais em tecidos vegetais (BARTOSZ, 1997; WINGSLE et al., 1999). Plantas resistentes ao estresse oxidativo respondem com aumento na atividade antioxidante das enzimas, como a super-dismutases, catalases e peroxidases (LARSON, 1997).

Quanto aos ditiocarbamatos Gordon (1958) relaciona a influência dos mesmos com sua concentração no meio. Segundo Bennet (1956) e Van Der Kaar et al (1955) o uso de ditiocarbamatos tem ação semelhante ao ácido indol acético (AIA) funcionando como regulador de crescimento em células do coleótilo de aveia. Foi observado também um alongamento das células, e deformação das folhas. O ácido indol acético é considerado a principal auxina encontrada nas plantas. Segundo Taiz e Zeiger (2004) essa substância é produzida principalmente no meristema apical do caule e transportada através das células do parênquima até as raízes. Ele também confirma que os efeitos das auxinas sobre os vegetais são muito diversificados, dependendo do local de atuação e concentração podem apresentar efeitos completamente antagônicos.

Fungicidas cúpricos além de terem sua ação sobre o fungo também interferem na fisiologia das plantas por se tratar de um nutriente reconhecidamente essencial. Segundo Faquin (2001) a principal função do cobre no metabolismo vegetal é como ativador ou componente de enzimas que participam de reações de oxi-redução. Entre elas algumas atuam no transporte de elétrons com mudança de valência como a plastocianina, lacase, oxidase do ácido ascórbico e complexo da oxidase do citocromo, e no transporte eletrônico sem mudança de valência como a oxidase da amina, tirosina, oxidase da galactose. Assim, o cobre participa de uma série de processos metabólicos nos vegetais. Em plantas deficientes em cobre, a taxa fotossintética é reduzida por uma série de razões. Mais de 50% do cobre localizado nos cloroplastos estão ligados à plastocianina, que é um componente da cadeia transportadora de elétrons do fotossistema I, o qual tem sua atividade drasticamente afetada em plantas deficientes no elemento. O cobre é componente de outras enzimas nos cloroplastos. É requerido para a síntese da plastoquinona e ativador da enzima RuBP-carboxilase. As influências do efeito destes fungicidas sobre o teor de clorofila é de difícil discussão, em

função da grande diversidade de fungicidas utilizados, suas doses, princípios ativos, inertes e seus respectivos efeitos, exigindo maiores esclarecimentos em posteriores trabalhos.

A evolução de produção do tomate classe AA apresentou variação significativamente somente em função das doses de K_2SiO_3 (Figura 3). A produção de tomate classe A (Figura 3B) e total (Figura 3C) apresentou alteração significativa em função das doses de K_2SiO_3 e do número de aplicações de fungicida. Tanto para frutos classe AA quanto para produção total (Figura 3A e 3C), apresentaram ajuste quadrático em função das doses de K_2SiO_3 , duas aplicações semanais de fungicidas apresentou maior incremento de produção de frutos, classe A e total, em detrimento de três aplicações. A dose de K_2SiO_3 que proporcionou o máximo valor para AACPP da classe AA (404,7) e total (463,3) foi de 0,37 e 0,33 L 100L⁻¹ de K_2SiO_3 , respectivamente (Figura 3A e 3C). A evolução da produção de tomate classe A não apresentou nenhum ajuste de modelo matemático em função das doses foliares de K_2SiO_3 (Figura 3B).

A produção de tomate classe AA variou significativamente em função somente das doses de K_2SiO_3 aplicado via foliar (Figura 4A). A produção de tomate classe A e total variou significativamente em função das doses de K_2SiO_3 e do número de aplicações de fungicida (Figura 4B e 4C). Em geral a produção do tomateiro, tanto para frutos classe AA quanto para produção total (Figura 4A e 4C), apresentaram ajuste quadrático em função das doses de K_2SiO_3 e que duas aplicações semanais de fungicidas apresentou maior produção de frutos, classe A e total (Figura 4B e 4C), em detrimento de três aplicações. A dose de K_2SiO_3 que proporcionou a máxima produção de frutos classe AA (97,8 Mg ha⁻¹) e total (112,8 Mg ha⁻¹) foi de 0,38 e 0,33 L 100L⁻¹ de K_2SiO_3 , respectivamente. A produção de tomate classe A não apresentou nenhum ajuste de modelo matemático em função das doses foliares de K_2SiO_3 (Figura 4B).

A porcentagem de frutos classe AA em relação ao total apresentaram alteração significativa com as doses de K_2SiO_3 foliar, número de aplicação de fungicidas e a interação entre esses fatores (Figura 5). No entanto, nenhum modelo matemático foi ajustado à porcentagem de cada classe de fruto em função das doses de K_2SiO_3 aplicado via foliar. Somente com a aplicação da dose de 0,4 L 100L⁻¹ de K_2SiO_3 via foliar apresentou alteração significativa da proporção de frutos da classe AA em função do número de aplicações dos fungicidas. Nessa dose houve maior propoção de frutos AA.

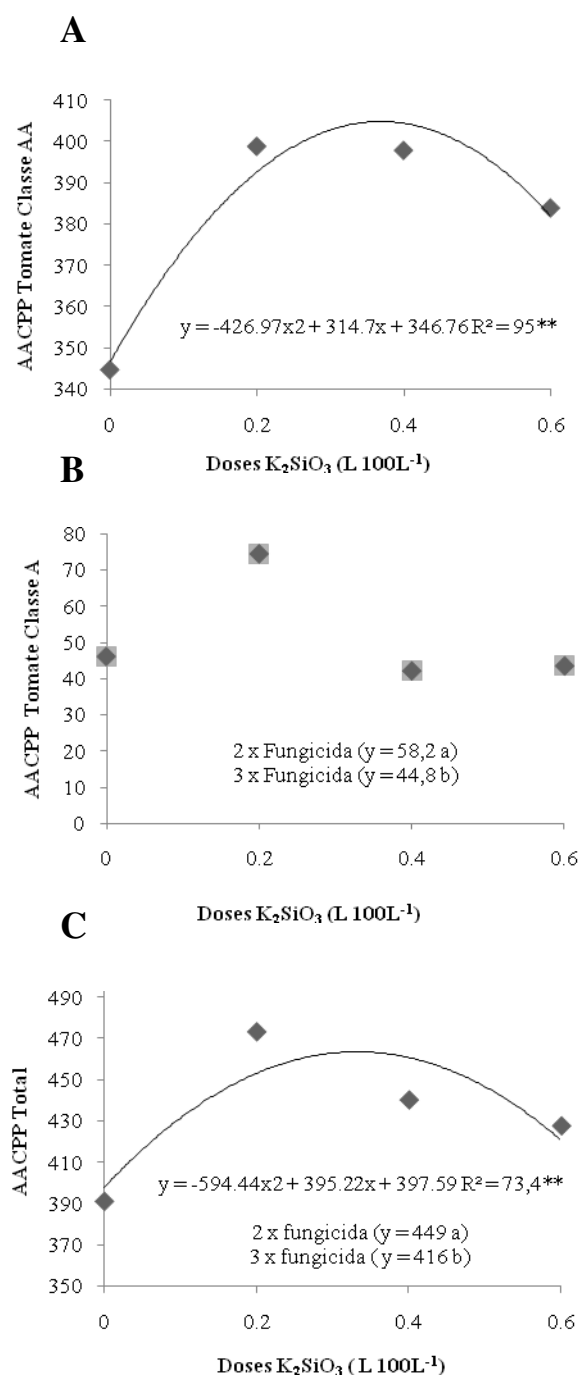


Figura 3 – Área Abaixo da Curva de Progressão de Produção (AACPP) de tomate Classe AA, Classe (A) e Total (cv. Dominador) com diferentes doses de K_2SiO_3 com duas e três aplicações semanais de fungicidas. Letras distintas diferem os tratamentos entre si (Scott Knott 5%), Uberlândia-MG, 2008.

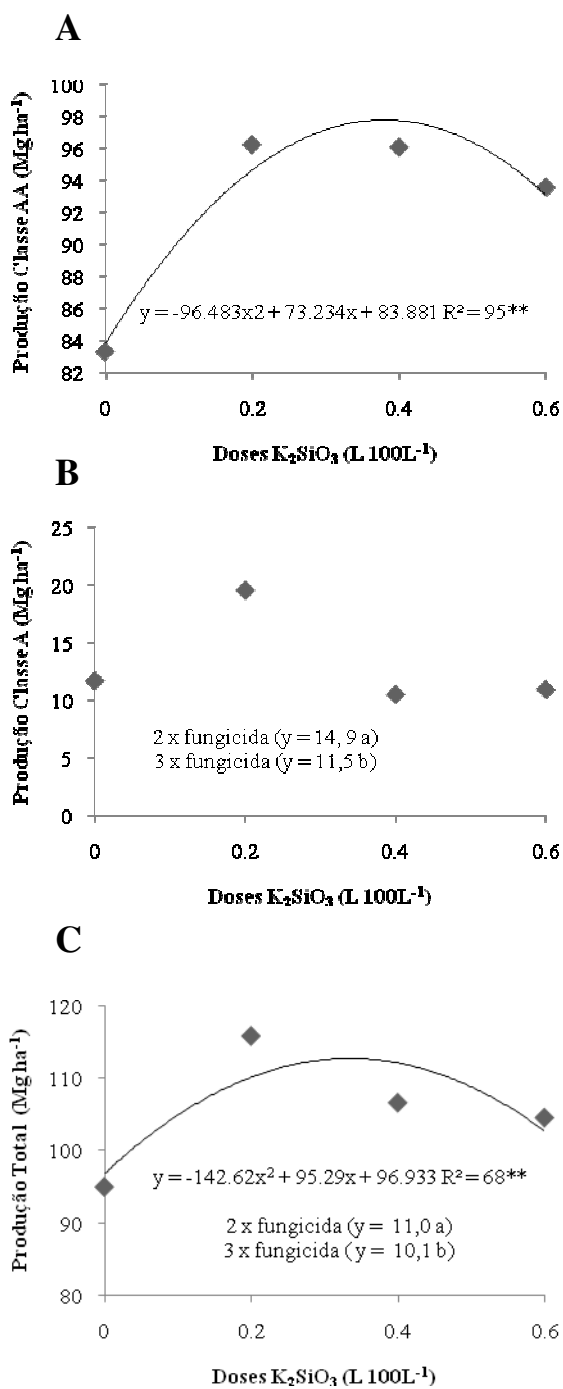


Figura 4 – Produção de tomate Classe AA, Classe A e Total (cv. Dominador) com diferentes doses de K₂SiO₃ com duas e três aplicações semanais de fungicidas. Letras distintas diferem os tratamentos entre si (Scott Knott 5%), Uberlândia-MG, 2008.

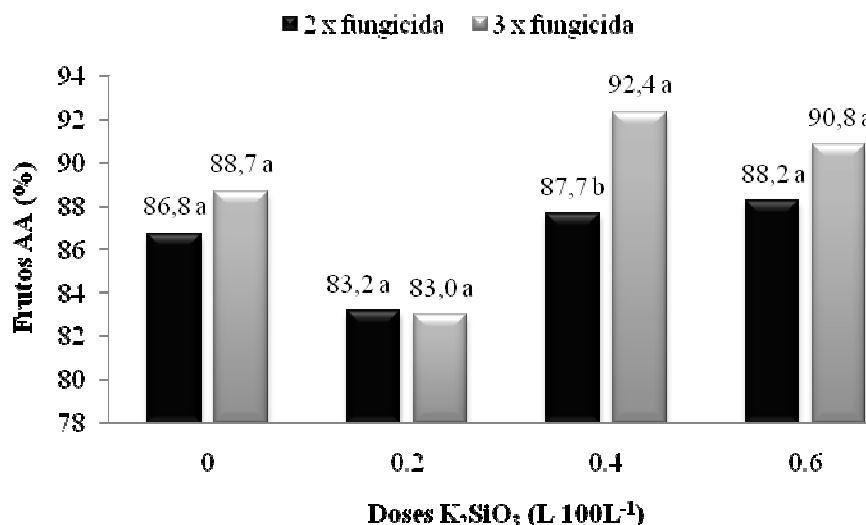


FIGURA 5 – Proporção de produção de frutos classe AA em função de doses foliares de K_2SiO_3 e número de aplicações de fungicidas, Uberlândia-MG, 2008.

No presente trabalho observou-se uma maior evolução da produção de frutos tipo A e total com duas aplicações semanais de fungicidas em detrimento a três aplicações. Resultado semelhante ocorreu quanto a produtividade. Foi demonstrado certo efeito fitotóxico de três aplicações semanais, interferindo na produção. Quanto a classificação dos frutos os fungicidas influenciaram no resultado somente na interação com a dose de de 0,4 L 100L⁻¹ de K_2SiO_3 . Resultado inverso da produção, ou seja, com três aplicações semanais de fungicida se teve uma maior proporção de frutos de primeira qualidade. Hipótese de efeito fitotóxico na fase reprodutiva, menor emissão de novos botões florais, menor quantidade de frutos, menos dreno, frutos maiores.

De maneira geral, o silicato de potássio proporcionou incrementos na produção do tomateiro, o que pode ser atribuído à efeito fisiológico e em específico na fotossíntese. Todavia, não é só o silício e o potássio no silicato que afetam a fotossíntese. Os fungicidas, de maneira geral, apresentam efeito na fisiologia da planta o que também pode afetar a fotossíntese. No presente trabalho, foi verificado efeito de ambos os fatores, tanto do silicato de potássio quando dos fungicidas. Todavia dos dados obtidos não foram suficientes para isolar o efeito de cada fator, silício, potássio, estrobirulinas, ditiocarbamatos e cúpricos, sendo assim, necessários estudos futuros com esses efeitos isolados.

5 CONCLUSÕES

Concluiu-se que as doses de K_2SiO_3 proporcionaram incrementos nos teores de clorofila A; os teores de clorofila B e relação A/B não apresentaram variação significativa; com duas aplicações semanais de fungicida houve melhor classificação dos frutos, porém com três aplicações semanais se teve uma maior produção de frutos; as doses de K_2SiO_3 proporcionaram incrementos na produção do tomateiro sendo que a dose de $0,38 \text{ L } 100\text{L}^{-1}$ proporcionou a máxima produção AA e a dose $0,33 \text{ L } 100\text{L}^{-1}$ de frutos total.

REFERÊNCIAS

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.

AMMERMANN, E.; LORENZ, G.; SCHELBERGER, K.; MUELLER, B.; KIRSTGEN, R.; SAUTER, H. BAS 500 F – the new broad-spectrum strobilurin fungicide. PROCEEDINGS OF THE BRIGTON CROP PROTECTION CONFERENCE ON PESTS AND DISEASES, 2000, Farnham Surrey, UK, 22, p.541-548.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004, 400p.

AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.J.; SHI, Q.H. Influence of silicon suplí on chlorophyll content, chlorophyll fluorescent and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress, **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.27, p. 2101-2115, 2004.

BARTOSZ G. Oxidative stress in plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Berlin, v. 19, p. 47-64. 1997.

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

BENNET-CLARK, T. A. Salt accumulation and mode of action of auxin. R. L. WAIN; F. WIGHTMAN. **The Chemistry and Mode of Action of Plant Growth Substance**: (Ed.) Butterworths, London, 1956, 284-291 p.

BOWEN, P.; MENZIES, J.G.; EHRET, D.L. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.117, p.906-912, 1992.

BRASIL. Decreto nº. 4954, de 14 de janeiro de 2006. Aprova o regulamento da lei nº. 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Normas jurídicas** (Texto Integral) - DEC 004954. 27 p.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Ed.). **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: ASPP. 2000.1408p.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. Wiley. 1990. 532 p.

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**, Brasília, DF, v.20, n.2,p. 402-407, julho, 2002. Suplemento 2.

COMISSAO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.

Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação, Viçosa, 1999. 359p.

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

DEREN, L. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Variable silicon content of rice cultivars grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 11, p. 2363-2368, 1992.

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

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p. 641-646. 1999.

EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 46, n. 1/2, p. 37-39, Nov. 1995.

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

FAO-FAOSTAT. **Database Results.** Disponível em:<<http://www.apps.fao.org>>. Acesso em: 12 dez. 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: **45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria.** UFSCar, São Carlos, 2000, p. 255-258.

FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. da. **Nutrição e adubação de hortaliças.** Piracicaba: Potafos, 1993. 480 p.

FIGUEIREDO, F.C.; RODRIGUES, C.R. Silício líquido solúvel: a sinergia entre a nutrição e defesa de plantas. **Revista Campo e Negócio**, Uberlândia, v.47, p. 12-15. 2007

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura.** 3. ed. Viçosa: UFV. 2008. 201 p.

FONTES, P.C.R. (Ed.) **Olericultura: teoria e prática.** Viçosa: UFV, 2005. 486 p.

GAMA, A.J.M.; KORNDÖRFER, G.H.; JULIATTI, F.C.; NOLLA, A.; BUCK, G.B.; ARAÚJO, L.S. Controle de doenças fúngicas na cultura do algodão com adubação de silício via solo e foliar. In: FERTBIO, 2004, Lages-SC, **Resumos...**, Lages-SC, 2004. CD-ROM. 2004.

GONG, H. J.; ZHU, X. Y.; CHEN, K. M.; WANG, S. M.; ZHANG, C. C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, Limerick, v. 169, n. 2, p. 313-321, Aug. 2005.

GORDON, S. A.; R. A. MOSS. The activity of S- (carboxymethyl) dimethyldithiocarbamate as an auxin. **Physiology Plantarum**. Copenhagen, v. 11, p. 208-214. 1958.

GROSSMANN K.; KWIATKOWSKI J.; RETZLAFF G. Regulation of Phytohormone Levels, Leaf Senescence and Transpiration by the Strobilurin Kresoxim-methyl in Wheat (*Triticum aestivum*), **Journal of Plant Physiology**, New York, v. 154, 1999, p. S.805-8.

JULIATTI, F.C.; RAMOS, H.F.; KORNDÖRFER, G.H.; OLIVEIRA, R.G.; AMADO, D.F.; CARNEIRO, L.M. e S.; LUZ, J.M.Q. Controle da queima das folhas de cenoura pelo uso do silício. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, XXXVI, 2003, Uberlândia. **Resumos...**Uberlândia, 2003. CD-ROM. 2003.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M.;KAISER, W.; GLAAB, J.;CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE et al. (Eds), Modern Fungicides and Antifungal Compounds III. **AgroConcept GmbH**, Bonn. p. 61-74. 2002.

KORNDÖRFER, G. H. Eficiência do silício como corretivo do solo. **Revista Campo e Negócio**, Uberlândia, Ano 4, n.42, p.84-85, Agosto 2006.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CARMARGO, M.S. de. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. UFU/ICIAG, 2002. (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim Técnico 01, 23p.

KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Papel do silício na produção de cana de açúcar. In: SECAP 200, SEMINÁRIO DE CANA DE AÇÚCAR DE PIRACICABA, 5, **Anais...** Piracicaba, Julho/2000.

LANA, R.W.Q.; CÉSAR, E.U.R.; KORNDÖRFER, G.H.; ZANÃO JÚNIOR, L.A. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro, **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.2, julho, 2002. Suplemento 2.

LANNING, F. C. Nature and distribution of silica in strawberry plants. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 76, p. 349-358, Dec. 1960.

LARSON, R. A.; **Naturally Occurring Antioxidants**, Lewis Publishers, New York, 1997, 7 p.

LEME, E.; GAMA, A.J.M.; KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A.; BITTENCOURT, M.F.; PACHECO, L.P. Eficiência do silício (NaSiO₃) aplicado via foliar na nutrição de plantas de algodão. In: FERTBIO, 2004, Lages-SC, **Resumos...**, Lages-SC, 2004. CD-ROM. 2004.

LIANG, Y.C.; DING, R.X.; LIU, Q. Effects of silicon on salt tolerance of barley and its mechanism. **Scientia Agricultura Sinica**, Pequim, v.32, p.75-83, 1999.

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. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p.17-39.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. p. 638.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

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

MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; GLASS, A.D.M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWERD, F. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*, **Physiological Molecular Plant Pathology**, London, v.39, p.403-414, 1991.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. **O Tomateiro**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397p.

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

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth of solution cultured cucumber plants, **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.29, p.71-83, 1983.

NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. Uptake of boron and silicon by barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 1, p. 83-90, July 1990.

PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800 p.

POZZA, A.A.A.; ALVES, E.; POZZA, E.A.; CARVALHO, J.G. de; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P.T.; SANTOS, D.M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro, **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, p.185-188, 2004.

POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A. Manejo de doença de plantas com macro e micronutrientes, **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p.52-54, 2003.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK, R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 151, n. 4, p. 497-501, Oct. 1997.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, Ano 2, n.24, p.34-40. 2007a.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Silício: Experimentos comprovam eficiência de Sili-k®. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, Ano 4, n.58, p.35-40. 2007b.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type 111, Final Report, Greenbelt, MD. 1974, 371p.

RUIZ, W.F.R. **Atividade de superóxido dismutase, catalases e peroxidase durante o desenvolvimento de micorrizas arbusculares em feijoeiro, sob condições de baixo e alto nível de fosfato**. 1998. 50 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SAMUELS, A.L.; GLASS, A.D.M.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. The effect of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. **Annals of Botany**, London, v.72, p.433-440, 1993.

SANTOS, D.M. dos. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.169 p.

SOBRINHO, R.R. de L.; ARAÚJO, J.L.; RODRIGUES, T.M.; TREVISAN, D.; RODRIGUES, C.R.; FAQUIN, V. Crescimento da alface americana em solução nutritiva sob diferentes concentrações e formas de aplicação de silício. In: FERTBIO, 2004, Lages-SC, **Resumos...**, Lages-SC, 2004. CD-ROM. 2004.

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

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.

TAKAHASHI, F.; MIYAKE, Y. Silica Plant Growth. In: SEMINARY SOIL ENVIRONMENT FERTILIZER MANAGEMENT IN AGRICULTURE, 1977. **Proceedings**. Japan: Society of the Science of Soil Manure, 1977. p. 603 – 611.

VAN DER KERK, G. J. M., M. H. VAN RAAITE, A. K. SIJPESTEIJN. 1955. A new type of plant growth-regulating substances. **Nature**, London, v. 176, p. 308-310.

VIDHYASEKARAN, P. **Fungal pathogenesis in plant and crops – molecular biology and host defense mechanisms**. New York: Marcel Dekker, 1997. 553p.

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

WAGNER, F. Die bedeutung der Kieselsäure für das Wachstum einiger Kulturpflanzen ihren Nährstoffhaushalt und ihre Anfälligkeit gegen echte Mehltäupilze, **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.12, p.427-429, 1940.

WANG, S.Y.; GALLETTA, G.J. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants, **Journal of Plant Nutrition**, Dekker, v.21, p.157-167, 1998.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bulletin National Institute of Agriculture an Science**, Ser. B., v.15, p.1-58, 1975.

YOSHIDA, S.; NAVASERO, S. A.; RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant, **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 31, n. 1, p. 48-56, 1969.

WINSLOW, M. D. Silicon, disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 5, p. 1208-1213, Sept./Oct. 1992.

WINGSLE G.; KARPINSKI, S.; HALLGREN, J. E. Low temperature, high light stress and antioxidant defense mechanisms in higher plants. **Phyton: Annales Rev. Botanicae**. Oxford v. 39, 1999, p. 253-268.