

**EFEITO DO SILÍCIO NA INTENSIDADE DA  
CERCOSPORIOSE (*Cercospora coffeicola* Berk.  
& Cooke) EM MUDAS DE CAFEEIRO (*Coffea  
arabica* L.)**

**DEILA MAGNA DOS SANTOS**

**2002**

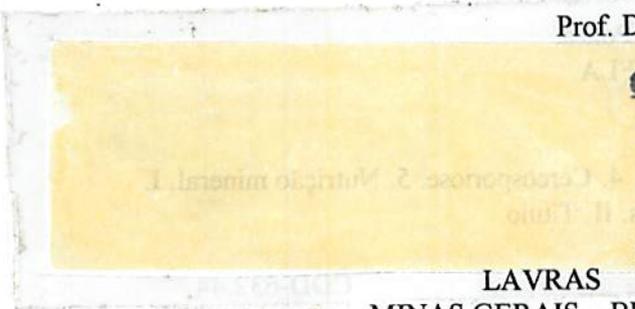
DEILA MAGNA DOS SANTOS

**EFEITO DO SILÍCIO NA INTENSIDADE DA CERCOSPORIOSE**  
*(Cercospora coffeicola Berk. & Cooke) EM MUDAS DE CAFEEIRO*  
*(Coffea arabica L.)*

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

Orientador:

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza



LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

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

Santos, Deila Magna dos

Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) / Deila Magna dos Santos. -- Lavras : UFLA, 2002.

43 p. : il.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.

Dissertação (Mestrado) -- UFLA.

Bibliografia

1. Silício. 2. Mudas. 3. Café. 4. Cercosporiose. 5. Nutrição mineral. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-632.44

-633.73944

- 633.73891

**DEILA MAGNA DOS SANTOS**

**EFEITO DO SILÍCIO NA INTENSIDADE DA CERCOSPORIOSE  
(*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) EM MUDAS DE CAFEIEIRO  
(*Coffea arabica* L.)**

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

Aprovada em 01 de agosto de 2002

Profª. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza	UFLA
Prof. Dr. Luiz Antônio Maffia	UFV
Prof. Dr. Mário Sobral de Abreu	UFLA

  
Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza  
Departamento de Fitopatologia/UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,  
por sua bondade infinita,  
**agradeço**

Ao meu noivo, Cesar Elias,  
minha fonte de apoio, amor e carinho,  
**dedico**

Aos meus pais, Geraldo e Geralda,  
meus exemplos de vida e humildade,  
e aos meus irmãos, Cristiane Meire, Estelamares,  
Marcos Augusto e Verônica, pelo amor que nos une  
**ofereço**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo apoio financeiro.

Ao professor Edson Ampélio Pozza, pela orientação, sugestões e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pela amizade e os ensinamentos transmitidos.

À Adélia Aziz Alexandre Pozza, por sua paciência e valiosa ajuda na redação do trabalho.

Ao Márcio Marcos (Manguinha), pelo apoio.

Ao professor Carlos Spaggiari, pelo companheirismo.

Às colegas de república, Joseane, Alessandra e Cíntia, pelo carinho e compreensão.

Aos colegas do Departamento de Fitopatologia, Ricardo Tadeu, Gleiber, Daniel Garcia, Luis Henrique, Simone, Enia, Florisvalda, Cristiano, Graciela, Flávio Linhares, Viviane, Marcos Roberto, Maria Eloisa Salustiano, Carlos Alberto, Frederico, Gilvane, Nilvanira, e os demais colegas.

Aos funcionários do Departamento, em especial à Eloisa, Marco e Ana.

Ao estagiário Sidney, pela ajuda na condução do experimento.

Aos meus familiares, principalmente minhas primas Fabiane, Carmem Lúcia, Lilian e Leonor, pelo carinho dispensado.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para execução deste trabalho.

**Muito Obrigada!!!!**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 A cercosporiose no cafeeiro .....	3
2.2 O silício no solo .....	4
2.3 O silício nas plantas .....	5
2.4 O silício no controle de doenças .....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1 Implantação do experimento .....	11
3.2 Obtenção das mudas .....	11
3.3 Inoculações .....	11
3.4 Avaliações da doença e de caracteres agronômicos .....	12
3.4.1 Análise nutricional das plantas .....	13
3.4.2 Determinação do teor de lignina nas plantas .....	14
3.5 Análise estatística .....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4.1 Avaliação da intensidade da cercosporiose .....	15
4.1.1 Incidência .....	15
4.1.2 Severidade .....	16
4.2 Matéria seca .....	18
4.3 Área foliar total .....	19
4.4 Índice de área foliar (LAI) e duração da área foliar sadia (HAD) .....	20
4.5 Silício .....	20
4.6 Lignina .....	21
4.7 Teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares .....	23
4.7.1 Nitrogênio, fósforo e potássio .....	23
4.7.2 Cálcio, magnésio e enxofre .....	24
4.7.3 Boro, cobre e ferro .....	27
4.7.4 Manganês e zinco .....	29
5 CONCLUSÕES .....	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
ANEXOS .....	37

## RESUMO

SANTOS, Deila Magna dos. Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2002. 43 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG \*

O objetivo deste trabalho foi avaliar a intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro, cultivar Catuai IAC 99, em função das doses de silicato de cálcio e de sódio. O experimento foi conduzido no viveiro do Departamento de Fitopatologia/UFLA. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por nove plantas. Foi utilizado esquema fatorial 4 x 2, com quatro doses de silicato - SiO<sub>2</sub> (0; 0,315; 0,63 e 1,26 g kg<sup>-1</sup> de substrato) e duas fontes (silicato de cálcio e silicato de sódio). As mudas foram inoculadas com esporos de *C. coffeicola* (1,5 x 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup>). Foram realizadas cinco avaliações quinzenais para obter a área foliar das plantas, o número de plantas doentes, o número de folhas lesionadas, número de lesões por folha, o número total de lesões por planta e severidade. Os valores dessas avaliações foram transformados em proporções de área abaixo da curva de progresso (AACP), exceto área foliar, cujos valores foram utilizados para calcular o índice de área foliar (LAI) e a duração da área foliar sadia (HAD). Ao término das avaliações, foram mensuradas a área foliar total dos tratamentos, a área foliar lesionada (AFL), a matéria seca das raízes, da parte aérea e a matéria seca total. Foram determinadas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si e o teor de lignina contida nas folhas. A interação fonte x doses proporcionou aumento linear da área foliar total quando a fonte utilizada foi silicato de sódio. A área abaixo da curva de progresso do total de lesões (AACPTL) também foi influenciada pela interação fonte x doses, com menor valor observado na dose de 0,84 g de silicato de sódio. As doses de silicato (SiO<sub>2</sub>) influenciaram tanto a área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD) como a concentração de lignina nas folhas. Observou-se decréscimo linear para AACPPD e aumento na concentração de lignina até a dose de 0,52 g de silício. O teor de SiO<sub>2</sub> no caule apresentou maior média para a fonte silicato de sódio e aumento na concentração do elemento a partir da dose de 0,52g de SiO<sub>2</sub>.

---

\*Comitê Orientador: Edson Ampélio Pozza - UFLA (Orientador) Janice Guedes de Carvalho e Paulo Estevão de Souza - UFLA (Co-orientadores)

## ABSTRACT

SANTOS, Deila Magna dos. **Effect of silicon in the intensity of the brown eye spot (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) in coffee seedlings (*Coffea arabica* L.).** 2002. 43 p. Dissertation (Mater in Phytopatology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG \*

The objective of this work was to evaluate the intensity of the brown eye spot (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) in coffee seedlings, cultivar Catuaí IAC 99, in terms of the doses of calcium and sodium silicate. The experiment was conducted in the nursery on the Phytopatology Department/UFLA. The experimental design utilized was that of randomized blocks with eight treatments and four replicates, the experimental plot being made up of nine plants. A 4 x 2 factorial scheme, with four doses of silicate – SiO<sub>2</sub> (0, 0.315, 0.63 and 1.26 g kg<sup>-1</sup> of substrate) and two sources (calcium silicate and sodium silicate) were utilized. The seedlings were inoculated with a conidial suspension of *C. coffeicola* (1.5 x 10<sup>-4</sup> conidia mL<sup>-1</sup>). Five fortnightly evaluations to obtain leaf area, number of diseased plants, number of wounded plants, number of lesions per leaf, total number of lesions per plant and severity. The values of those evaluations were transformed into ratios of area under the disease progress curve (AUDPC), except leaf area. This values were utilized to calculate the leaf area index (LAI) and the healthy leaf area duration (HAD). At the completion of the evaluations the total leaf area of the treatments, wounded leaf area (WLA), dry matter of roots shoot and total dry matter were measured. The concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn and Si and the lignin content contained in the leaves were determined. The source x dose interaction provided a linear increase of the total leaf area when the source utilized was sodium silicate. The area under the disease progress curve of the total of lesions (AUDPCTL) was also influenced by the source x dose interaction, with the lowest value observed at the dose of 0.84 g of sodium silicate. The doses of silicate (SiO<sub>2</sub>) influenced both the area under the disease progress curve of the number of diseased plants (AUDPCDP) and the concentration of lignin in the leaves. A linear decrease for AUDPCDP and increase at the concentration of lignin up to the dose of 0.52 g of sodium silicate were found. SiO<sub>2</sub> content in the stem presented a higher mean to the source of sodium silicate and increase in the concentration of the element from the dose of 0.52g of SiO<sub>2</sub>.

---

\*Advising Committee: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Advisor) Janice Guedes de Carvalho and Paulo Estevão de Souza - UFLA (Co-adviser)

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do café no Brasil é uma das principais fontes de divisas para o país. Devido à maior competição no mercado interno e externo, além dos elevados custos de produção, existe a necessidade de se eliminar quaisquer fontes de perdas nas lavouras (Matiello & Almeida, 1997). Entre os fatores responsáveis por perdas, desde o viveiro até o estádio de produção, destacam-se as doenças. No viveiro, a cercosporiose, ou “mancha-de-olho-pardo” (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke), constitui uma das principais doenças, responsável por intensa desfolha.

A intensidade da doença pode agravar-se em decorrência da deficiência hídrica prolongada e da adubação insuficiente e desequilibrada (Fernandez-Borrero et al., 1966). Em viveiros de mudas, a incidência ocasiona intensa desfolha, redução no desenvolvimento e raquitismo, tornando as mudas impróprias para o plantio (Fernandez-Borrero et al., 1966). O controle químico é a medida de manejo mais utilizada.

Contudo, as preocupações com o meio ambiente, bem como a segurança dos aplicadores, a saúde pública, o custo de produção e a resistência a pesticidas, estimularam as tentativas para reduzir a quantidade de fungicidas utilizados na agricultura e a busca de métodos alternativos de controle das principais doenças das plantas cultivadas (Shtienberg et al., 1994) (A resistência das plantas às doenças, apesar de ser geneticamente controlada, pode ser influenciada por fatores ambientais. A nutrição mineral é um fator ambiental passível de ser manipulado com relativa facilidade e utilizada como complemento ou método alternativo no controle de doenças (Marschner, 1995).)

Entre os nutrientes estudados no controle de doenças, o silício (Si) tem proporcionado resultados positivos. Pesquisas realizadas com diversas culturas

confirmaram o potencial do silício na redução da intensidade de doenças. Esse nutriente não é considerado integrante do grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas, de acordo com os conceitos de essencialidade dos nutrientes minerais estabelecidos por Arnon & Stout (1939). Segundo Epstein (1999), plantas em ambiente enriquecido com Si diferem das cultivadas com deficiência do elemento, principalmente quanto à composição química, resistência mecânica das células, características de superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico e a ocorrência de pragas e doenças.

Bowen et al. (1992) verificaram redução de 14% no número de colônias de *Uncinula necator* (oidio) em folhas de videira inoculadas com o patógeno nos tratamentos em que as folhas foram pulverizadas com 17mM de silicato de potássio, 24 horas antes da inoculação. De acordo com os autores, a redução ocorreu possivelmente pelo efeito inibitório do silício na germinação do conídio. Chérif & Bélanger (1992), estudando o efeito do silicato de potássio em solução nutritiva na supressão de *Pythium ultimum* em pepino, observaram redução na mortalidade e podridão das raízes das plantas quando a solução foi suplementada com 100 ou 200 ppm do silicato.

O uso do silício como um produto natural alternativo na redução de inúmeras doenças tem potencial comercial elevado. Cabe à pesquisa indicar qual o binômio doença/cultura e propor maneiras de esta tecnologia ser aplicada com êxito em condições comerciais.

Com base nessas informações, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do silicato de cálcio e silicato de sódio na redução da intensidade da cercosporiose e na nutrição mineral em mudas de cafeeiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cercosporiose no cafeeiro

A cercosporiose, também denominada “mancha-olho-de-pomba”, “mancha-parda” ou “mancha-de-olho-pardo”, tem como agente etiológico o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke. O fungo é capaz de esporular em toda a região abaxial do limbo foliar (principalmente das folhas mais velhas) e nos frutos de café, formando esporódóquios septados eretos e de cor parda. Os conidióforos produzem conídios largos, multiseptados e hialinos (Echandi, 1959).

Nas folhas, o primeiro sintoma da doença são manchas, em geral, de forma circular ou ligeiramente oval e de cor marrom-escuro com a zona central de cor acinzentada (D’utra, 1902). Nos frutos as lesões aparecem geralmente nos mais maduros. Na maioria dos casos, iniciam-se nas regiões dos frutos expostas ao sol, com depressão de tamanho variável, sem necrose aparente. Posteriormente, adquire coloração café-escuro, resultando na necrose total dos tecidos da área lesionada (Echandi, 1959).

De acordo com Fernandes-Borrero (1966), a cercosporiose infecta principalmente plântulas em formação e mudas no viveiro e provoca intensa desfolha. No campo, o patógeno pode ocasionar grandes perdas na produção e notável redução na qualidade dos grãos. Adubação equilibrada e a utilização de substrato de boa qualidade são práticas recomendadas para prevenir a doença. Pozza (1999), em experimento com mudas de cafeeiro crescendo em solução nutritiva com diferentes doses de potássio (3, 5, 7 e 9 mmol L<sup>-1</sup>) e nitrogênio (3, 7, 11 e 15 mmol L<sup>-1</sup>), observou o aumento nas áreas abaixo da curva de progresso do total de lesões (AACPTL) e do número de lesões por folha

(AACPLF) com acréscimo das doses de potássio. As altas doses de K induziram à deficiência de Ca. Como este elemento é constituinte essencial da lamela média, barreira para entrada de patógenos pela ação de pectatos de cálcio, a intensidade da doença aumentou. Já com o aumento das doses de nitrogênio, foi encontrada redução na desfolha ocasionada por *C. coffeicola*. O efeito da nutrição mineral na intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro também foi observado por Garcia Júnior (2002). Nos tratamentos constituídos por diferentes doses de cálcio (2, 4, 6 e 8 mmol L<sup>-1</sup>) e potássio (1, 3, 5 e 7 mmol L<sup>-1</sup>) o autor verificou redução linear na incidência de *C. coffeicola* nas folhas das mudas de cafeeiro com acréscimo das doses de cálcio. A área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) decresceu linearmente com aumento das doses de cálcio. Este resultado confirma a hipótese da competição do cálcio com potássio também verificada por Pozza (1999).

## 2.2 O silício no solo

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, superado apenas pelo oxigênio. Esse elemento ocorre principalmente em mineral inerte das areias, quartzo (SiO<sub>2</sub> puro), caulinita, micas, feldspato e em outros minerais de argilas silicatadas (Mengel & Kirkby, 1987).

O silício está presente na solução do solo como ácido monossilícico, a maior parte na forma não dissociada (pK<sub>1</sub>=9,6), o qual é prontamente absorvido pelas plantas (Raven, 1983). Solos tropicais e subtropicais sujeitos à intemperização e lixiviação, com cultivos excessivos, tendem a apresentar baixos níveis de Si trocável, devido à dessilicificação (Lima Filho, 1999). Para repor estas perdas, as principais fontes de ácido silícico presentes na solução dos solos são a decomposição de resíduos vegetais, a dissociação do ácido silícico

polimérico, a liberação de Si dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, a dissolução de minerais cristalinos, a água de irrigação e os fertilizantes silicatados.

As fontes de silício comercialmente utilizadas são os metassilicatos de sódio e de potássio (preferidos em cultivos hidropônicos e aplicações foliares devido à alta solubilidade) e ácido silícico, com efeitos semelhantes. Outra opção são as escórias básicas de siderurgia (silicatos de cálcio e magnésio), que constituem excelentes fontes de silício a baixo custo, além do possível uso como corretivos do solo, devido à sua basicidade (Korndörfer & Datnoff, 1995; Piau, 1995). A wollastonita (silicato de cálcio natural) é freqüentemente empregada em trabalhos de pesquisa envolvendo o elemento silício, por ser livre de contaminantes como o ferro e o fósforo (Rodrigues, 2000).

O silício é essencial para alguns organismos marinhos, como diatomáceas, radiolárias e silicoflagelados, na construção de seus exoesqueletos (Werner & Roth, 1983). Nas plantas, os membros da família Cyperaceae, como por exemplo a cavalinha (*Equisetum arvense*), possuem altos teores de Si na matéria seca, sendo essencial para a cultura. Entretanto, o silício não é considerado essencial para plantas, pois suas características não se enquadram nos conceitos de essencialidade estabelecidos por Arnon & Stout (1939).

Mesmo assim, inúmeros benefícios agrônômicos foram atribuídos ao silício, sendo considerado por alguns autores como benéfico ou útil (Marschner, 1995; Malavolta, 1980).

### **2.3 O silício nas plantas**

A absorção de Si da solução do solo para a planta dá-se de forma passiva, com o elemento acompanhando a absorção da água pela planta, como ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ). Algumas plantas da família Poaceae absorvem o

silício na mesma proporção da transpiração (Jones & Handreck, 1967). Dentro da planta, mais de 90% do silício existente encontra-se insolúvel na forma de sílica-gel ou opala ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) (Parry & Smithson, 1964). Após absorvido com a água, esta é evaporada e o silício é depositado no tecido da planta, não ocorrendo translocação para os tecidos mais novos (MA & Takahashi, 1990; Miyake & Takahashi, 1983).

Miyake & Takahashi (1985) caracterizaram as plantas em três tipos, quanto à absorção de silício: i) acumuladoras, com teor bastante elevado de Si, sendo a absorção ligada a respiração aeróbia (o arroz é o exemplo típico desse grupo de plantas); ii) não acumuladoras, caracterizadas por um baixo teor de Si, mesmo com altos níveis deste elemento no meio, indicando um provável mecanismo de exclusão; iii) intermediárias, as quais apresentam uma quantidade considerável de Si, quando a concentração do elemento é alta. As cucurbitáceas e a soja enquadram-se nesse grupo, pois translocam o silício livremente das raízes para a parte aérea.

O Si é um elemento químico envolvido em funções físicas de regulação da evapotranspiração e capaz de formar uma barreira de resistência mecânica a invasão de fungos para o interior da planta, dificultando também, a ação de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1999).

Adatia & Besford (1986), observaram vários efeitos em plantas de pepino devido à adição de Si ( $100 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ao meio nutritivo como 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 horizontais.

## 2.4 O silício no controle de doenças

A adubação silicatada está envolvida na resistência de plantas a diversas doenças (Jones & Handreck, 1967).

A aplicação de silicato de cálcio (0, 5, 10 e 15 t ha<sup>-1</sup>) em solo orgânico deficiente de silício na Flórida proporcionou redução linear da brusone e mancha parda em plantas de arroz, com aumento das doses de silicato. A severidade da brusone e da mancha parda diminuíram 30,5% e 15%, respectivamente, em relação à testemunha. Outro benefício observado foi que o resíduo de silicato no solo contribuiu para diminuir a severidade dessas doenças nos cultivos posteriores (Datnoff et al., 1991). Os mesmos autores fizeram comparação entre o efeito da aplicação de benomyl e o efeito da adubação silicatada (0 e 2 t ha<sup>-1</sup>) na incidência da brusone (*Magnaporthe grisea*) em plantas de arroz. A incidência da doença foi de 73% na testemunha, 27% nas plantas tratadas com benomyl e 36% nos tratamentos com silício. Nas condições avaliadas, o tratamento químico e a adubação silicatada não apresentaram diferença significativa no controle da brusone (Datnoff et al., 1997).

Na África, aplicações de 18,7 g de Si m<sup>-2</sup> na forma de metassilicato de sódio em solo intemperizado duplicaram a concentração de silício na planta de arroz e reduziram significativamente a severidade da escaldadura das folhas, da brusone e da mancha-dos-grãos (Winslow, 1992).

A adubação silicatada (0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup> de wollastonita) aplicada ao solo teve efeito na severidade da queima-das-bainhas (*Rhizoctonia solani*) do arroz. A severidade e o comprimento relativo das lesões foram significativamente reduzidos em 52% e 25%, respectivamente, com a maior dose de wollastonita utilizada (8 t ha<sup>-1</sup>) (Rodrigues, 2000).

O efeito inibitório do silício no desenvolvimento de doenças não é restrito às gramíneas, espécies típicas acumuladoras desse elemento. Pesquisas

realizadas com algumas dicotiledôneas (pepino, soja e videira) mostraram bons resultados no manejo de doenças com a adição de silício ao meio (Marschner, 1995).

Chérif & Bélanger (1992) estudaram a supressão de *Pythium ultimum* em pepineiros com uso de silicato de potássio nas doses de 100 e 200 ppm em solução nutritiva. O silicato reduziu significativamente a mortalidade e podridão das raízes. No entanto, não houve aumento de produtividade da cultura, sugerindo possível ação do silicato de potássio mais eficaz como agente supressor de doença do que como fertilizante.

Plantas de pepino inoculadas com *Pythium aphanidermatum* apresentaram menor mortalidade e redução na intensidade da doença quando a solução nutritiva continha 1,7 mM (100 ppm) de silicato de potássio (Chérif et al., 1994b).

Resultados promissores foram encontrados por Lima (1998) na redução da intensidade do Cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*), em plantas de soja cultivadas em solução nutritiva. A adição de 40 mg kg<sup>-1</sup> de Si ao meio diminuiu as lesões ocasionadas pelo fungo na planta em até 90%.

Plantas de pepino inoculadas com *Sphaerotheca fuliginea* e cultivadas em solução nutritiva suplementada com silicato de sódio apresentaram menor número de colônias por folha, menor área da colônia e redução no poder germinativo dos conídios quando comparadas aquelas onde o Si não foi adicionado à solução nutritiva (Menzies et al., 1991).

A intensidade do oídio da videira (*Uncinula necator*) foi significativamente diferenciada e menor em plantas pulverizadas com silicato de potássio em relação à testemunha (Bowen et al., 1992). Com uso de microscopia eletrônica, foi possível verificar uma espessa camada de Si na superfície das folhas pulverizadas, impedindo o crescimento da hifa do patógeno. A redução da severidade do oídio da videira foi atribuída a essa barreira física encontrada na

folha e os autores concluíram que a resistência envolve a translocação do Si e seu depósito nos sítios de penetração do fungo.

A aplicação de silicato de potássio em solução nutritiva, bem como em pulverizações foliares aumentou significativamente o período latente de *Sphaerotheca fuliginea* em folhas de abóbora, além de reduzir o número de colônias desse fungo nas folhas (Menziés et al., 1992).

O mecanismo de supressão do patógeno pelo hospedeiro com adição de Si ao meio ainda não é conhecido. Existem duas hipóteses propostas para explicar esta supressão, o acúmulo do silício na parede celular impede o crescimento e penetração do fungo nos tecidos da planta (Bowen et al., 1992) e o silício estimula os mecanismos naturais de defesa da planta como, por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (Chérif et al., 1994a; Fawe et al., 1998; Epstein, 1999).

A resistência induzida pelo silício apresenta similaridade com SAR (Resistência Sistêmica Adquirida). Em ambos os casos, o potencial de defesa da planta aumenta e é maximizada após a infecção. Entretanto, a resistência induzida pelo silício é rapidamente perdida quando este nutriente é removido do meio, enquanto a SAR é caracterizada por efeito durável (Fawe et al., 1998). Essa diferença pode ser o resultado das propriedades do silício dentro da planta, requerido na forma solúvel, mas apresenta-se na forma polimerizada dentro da planta.

O papel do silício no aumento das reações de defesa em plantas de pepino infectadas com *Sphaerotheca fuliginea* foi estudado por Samuels et al. (1994). As plantas crescendo em solução nutritiva adicionada com 1,7 mM (100 ppm) de silicato de potássio foram inoculadas com conídios do fungo, seis semanas após a germinação. Com o uso de técnicas como microscopia de luz, microscopia de transmissão eletrônica acoplada a análise de raio X e análise de imagem nas folhas doentes, os autores puderam observar silício na papila, na

parede celular do hospedeiro e ao redor do haustório do fungo. Essa deposição foi atribuída a algum mecanismo responsável por modificar a parede celular durante o processo infectivo.

No entanto, para a obtenção de bons resultados do efeito do Si no aumento da resistência de plantas a patógenos, é necessário suprimento contínuo desse elemento. Pepineiros infectados com *Sphaerotheca fuliginea*, transferidos para meio contendo Si, apresentaram rápida silificação do tecido foliar, principalmente nas bases dos tricomas, e ao redor dos pontos de infecção, aumentando a resistência ao patógeno. Mas, a transferência de plantas suplementadas com Si para um meio deficiente no elemento não manteve a resistência ao fungo, e a silificação do tecido hospedeiro ao redor da hifa, apesar da existência de Si residual na base dos tricomas (Samuels et al., 1991).

Com base nesses resultados, pode-se observar o potencial do Si na redução de diversas doenças. Pesquisas devem ser feitas para verificar o efeito deste elemento no controle de doenças. Os resultados positivos proporcionarão maior sustentabilidade da agricultura, com menor uso de agroquímicos.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Implantação do experimento

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Departamento de Fitopatologia (DFP) da Universidade Federal de Lavras, localizado a uma altitude de 918 metros, latitude sul de 21°14' longitude oeste de 45°00', no período de agosto de 2001 a maio de 2002.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, obedecendo-se a um arranjo fatorial 2 x 4, com duas fontes de silício: silicato de cálcio (CaO- 18%, SiO<sub>2</sub>- 63%) e silicato de sódio (Na<sub>2</sub>O- 18%, SiO<sub>2</sub>- 63%) e quatro doses (0; 0,5; 1 e 2 g de silicato de cálcio e sódio, as quais correspondem a 0; 0,315; 0,63 e 1,26 g de SiO<sub>2</sub> por quilo de substrato, respectivamente). A unidade experimental foi composta por nove plantas, uma por recipiente.

### 3.2 Obtenção das mudas

Sementes de cafeeiro cultivar Catuai Vermelho IAC 99 foram semeadas em recipientes (11x20 cm) com substrato constituído por 300 litros de esterco, 700 litros de solo, 5 quilos de superfosfato simples m<sup>-3</sup> de substrato e 500 gramas de cloreto de potássio m<sup>-3</sup> de substrato (CFSEMG, 1999). O substrato foi fumigado com brometo de metila (150 mL m<sup>-3</sup> de substrato). Os silicatos foram misturados posteriormente de forma homogênea no substrato, antes do plantio das sementes.

### 3.3 Inoculações

As mudas foram inoculadas com *Cercospora coffeicola* quando apresentavam três pares de folha, aproximadamente 150 dias após plantio. Para preparo do inóculo, folhas infectadas com *Cercospora coffeicola*, em cafezais no

campus da Universidade Federal de Lavras, foram coletadas e submetidas à câmara úmida por 48 horas para o patógeno esporular. Com auxílio de pincel e água, os conídios foram retirados e quantificados em câmara de 'Newbauer' para concentração de  $1,5 \times 10^4$  conídios mL<sup>-1</sup>, (Pozza, 1999).

A suspensão foi aplicada em todas as folhas com pulverizador 'De Vilbiss nº 15', até o ponto de escorrimento. Foram realizadas três inoculações com intervalo de 7 dias.

### 3.4 Avaliações da doença e de caracteres agronômicos

A intensidade da cercosporiose foi quantificada por avaliações quinzenais da incidência e da severidade. A incidência foi avaliada pela porcentagem de plantas com sintomas de *C. coffeicola* na parcela e pelo número de folhas com lesões por planta. A análise da incidência foi feita pela área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD) e área abaixo da curva de progresso do número folhas lesionadas na planta (AACPNFL).

A severidade foi avaliada pela contagem do número total de lesões por planta, do número de lesões por folha e da área foliar lesionada. Também foi utilizada, para quantificar a severidade, a escala de notas proposta por Oliveira et al. (2001). A análise da severidade da cercosporiose foi realizada por meio da área abaixo da curva de progresso para o total de lesões (AACPTL), número de lesões por folha (AACPLF) e severidade (AACPS) avaliada pela escala de notas. A AACPPD, AACPNFL, AACPLF, AACPTL e AACPS foram determinadas com a equação proposta por Campbell & Maden (1990).

Na última avaliação, as lesões de *C. coffeicola* dos tratamentos foram desenhadas em lâmina de transparência com o uso de caneta de retroprojeter. A área foliar lesionada foi determinada utilizando o programa Image Tool®

(UTHSCA – E.U.A). Para cálculo da porcentagem de área foliar lesionada utilizou-se a fórmula:

$$\text{AFL}(\%) = \frac{\text{AFL}}{\text{AFT}} * 100$$

em que:

AFL(%) = área foliar lesionada em porcentagem;

AFL = área foliar lesionada em cm<sup>2</sup>;

AFT = área foliar total em cm<sup>2</sup>.

A área foliar de três plantas por parcela foi determinada quinzenalmente por análise não destrutiva. Utilizou-se régua para medir o comprimento e largura. Posteriormente, obteve-se a área foliar pelo método da constante de Barros & Maestri (1973). De posse desse dado, foram calculados o índice de área foliar (LAI) e a duração da área foliar sadia (HAD) de acordo com Waggoner & Berger (1987). Ao final do experimento, determinou-se a área foliar total dos tratamentos utilizando medidor laser de área foliar (Laser Area Meter CI-203 – CID Incorp.).

Com o término das avaliações, realizou-se a colheita das folhas, das raízes e dos caules, os quais foram lavados, acondicionados separadamente em sacos de papel e secos em estufa com ventilação forçada a 60°C. O peso da matéria seca foi determinado após quatro dias na estufa.

### 3.4.1 Análise nutricional das plantas

A parte aérea das plantas, posteriormente à determinação da matéria seca, foi moída e as amostras enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras para

determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de cada tratamento, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

As amostras foram submetidas a digestão nitroperclórica para a determinação dos teores de macro e micronutrientes, exceto nitrogênio e boro, cujas amostras foram submetidas à digestão via seca. As concentrações de cálcio e magnésio foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica; o potássio por fotometria de chama; fósforo e boro por colorimetria; enxofre por turbidimetria e o nitrogênio pelo método de Kjeldahl (Malavolta, 1997).

Os teores de silício nos tratamentos foram determinados por método colorimétrico do "azul-de-molibdênio" proposto por Furlani & Galo (1978).

#### **3.4.2 Determinação do teor de lignina nas plantas**

Para determinar o teor de lignina das folhas, seguiu-se a metodologia proposta por Silva (1981). A lignina é oxidada por meio de uma solução tamponada de ácido acético e permanganato de potássio, contendo ferro trivalente e prata monovalente, como catalisadores. Os óxidos de ferro e manganês depositados são dissolvidos numa solução alcoólica contendo os ácidos oxálico e clorídrico (solução de desmineralização), deixando no cadinho apenas celulose e minerais insolúveis. A lignina foi calculada por diferença de peso, após estes tratamentos.

#### **3.5 Análise estatística**

A análise estatística do experimento foi realizada utilizando o programa Sisvar<sup>®</sup> - versão 4.3 (Build 42). As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de F ( $P < 0,05$ , ou regressão, de acordo com a natureza dos dados, qualitativos (fontes) ou quantitativos (doses).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação da intensidade da cercosporiose

#### 4.1.1 Incidência

A área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD) somente apresentou diferença para as doses utilizadas de silício (Tabela 1A). Observou-se decréscimo linear de 10,8% na dose 1,26 g kg<sup>-1</sup>, na porcentagem de plantas doentes com aumento das doses de SiO<sub>2</sub> aplicadas ao substrato (Figura 1). Na maior dose de silício (1,26 g kg<sup>-1</sup> de substrato) ocorreu a menor AACPPD. Possivelmente, a aplicação de doses superiores às utilizadas poderá reduzir ainda mais a incidência da cercosporiose. A redução na incidência pode ter ocorrido pela ativação de compostos fenólicos que migraram para o sítio de infecção, limitando, dessa forma, a atividade do patógeno (Chérif et al., 1994a). O mecanismo de proteção do silício em relação às plantas não é totalmente conhecido, mas existem evidências de indução de resistência. Pepineiros adubados com silício apresentaram estimulação na atividade da quitinase e rápida ativação de peroxidases e polifenoloxidasas após infecção com *Pythium* spp. Esses resultados associaram Si com reações de defesa específica da planta (Chérif et al., 1994a). Segundo esses autores, essas reações parecem ser constituídas de multicomponentes e a resistência está associada à ativação de uma seqüência de mudanças bioquímicas associadas.

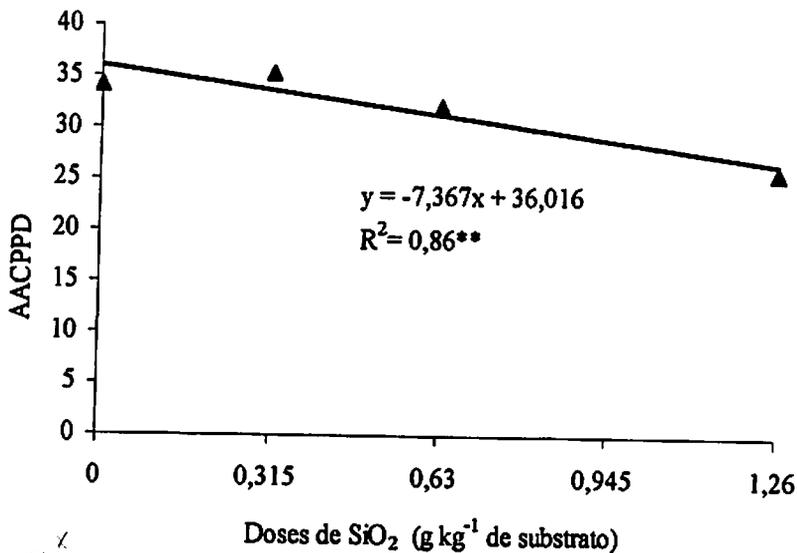


FIGURA 1. Área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes, em função das doses de silicato aplicadas ao substrato.

A área abaixo da curva de progresso do número de folhas lesionadas na planta (AACPNFL) não apresentou diferença significativa com adição de silício ao substrato (Tabela 1A).

#### 4.1.2 Severidade

Não houve diferença significativa para a área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPLF), a área abaixo curva de progresso da severidade (AACPS) avaliada pela escala de notas e para área foliar lesionada (AFL%) com os tratamentos utilizados (Tabela 1A). Já a área abaixo da curva de progresso do total de lesões (AACPTL) diferiu com as doses de silicato e com a interação fonte x dose. No desdobramento da interação

verificou-se o efeito somente do silicato de sódio interferindo positivamente na redução total lesões por folha (Figura 2). A AACPTL apresentou comportamento quadrático, sendo o menor valor observado na dose 0,84g, a partir do qual o número total de lesões começou a aumentar. Possivelmente, o silício ativou genes para produzir enzimas relacionadas aos mecanismos de defesa da planta.

Rodrigues (2000), em estudo visando verificar o efeito de doses de wollastonita (0, 2, 4, 6, 8 t ha<sup>-1</sup>) na severidade da queima-das-bainhas em plantas de arroz, observou comportamento semelhante na análise do número total de lesões (NTL). Com o aumento das doses, as cultivares METICA-1, RIO FORMOSO e CICA-8 apresentaram redução na doença com efeito quadrático. Os menores NTL por planta, 6, 8 e 5, em relação aos tratamentos sem wollastonita, foram obtidos nas doses 7,0; 5,2 e 7,3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente nos cultivares METICA-1, RIO FORMOSO e CICA-8. O autor atribuiu esse resultado não apenas à formação de barreira física abaixo da epiderme, mas também a uma possível indução dos mecanismos de resistência no hospedeiro.

Lima (1998) observou redução de até 90% nas lesões das plantas de soja infectadas com o fungo *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*, agente etiológico do cancro-da-haste. A redução da lesão foi linear até a adição de 40 mg kg<sup>-1</sup> de Si ao meio nutritivo.

A adubação silicatada parece induzir o mecanismo de defesa da planta em resposta à invasão do patógeno. A indução é expressa por reações em cadeia de várias mudanças bioquímicas associadas, responsáveis por limitar a ação do patógeno (Chérif et al., 1994a). Essa característica explica a não especificidade da resistência induzida pelo silício, em vários patógenos.

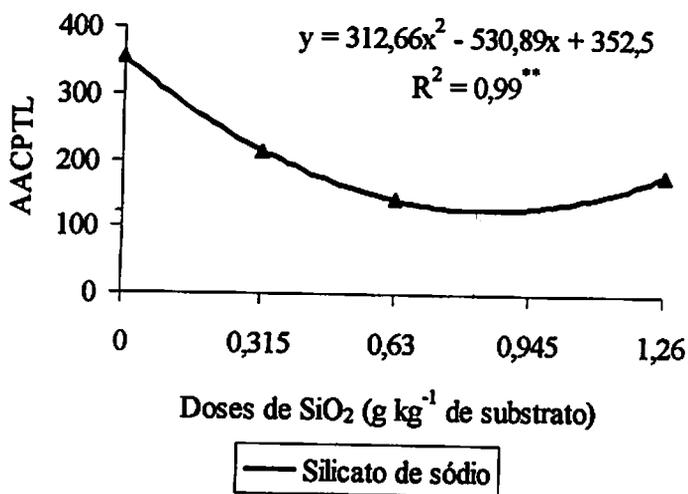


FIGURA 2. Área abaixo da curva de progresso do número total de lesões em função das doses de silicato de sódio aplicadas ao substrato.

#### 4.2 Matéria seca

A matéria seca das raízes e a total não foram influenciadas pela adição de silício ao substrato. Já para matéria seca da parte aérea houve diferença significativa para interação fonte x dose (Tabela 2A). No entanto, não foi possível determinar um modelo de regressão que pudesse explicar satisfatoriamente a variação da matéria seca da parte aérea em função da interação estudada no presente trabalho. Adatia & Besford (1986), estudaram o efeito do Si em solução nutritiva no crescimento de plantas de pepino, pertencente à classe dicotiledônea assim como cafeeiro. Os autores observaram o aumento na matéria seca das plantas com a maior dose de SiO<sub>2</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>) na forma de silicato de potássio.

### 4.3 Área foliar total

A área foliar total das mudas foi influenciada significativamente pela interação fontes x doses (Tabela 3A). Na análise do desdobramento pode-se verificar apenas a influência do silicato de sódio no aumento da área foliar total (Figura 3). Esse aumento pode ter ocorrido devido à maior atividade da enzima rubisco, responsável pela fotossíntese. Essa hipótese baseia-se nos resultados obtidos por Adatia & Besford (1986), nos quais a atividade dessa enzima foi 50% maior em folhas de plantas de pepino crescendo em solução nutritiva suplementada com silício ( $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$ ), aumentando também o conteúdo de clorofila a + b nestas folhas. Com maior área foliar, as plantas cresceram mais e tornam-se mais vigorosas.

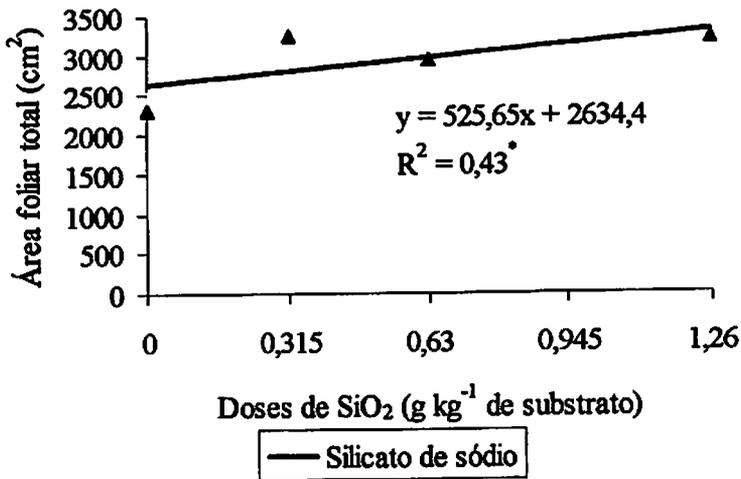


FIGURA 3. Efeito das doses de silicato de sódio na área foliar total ( $\text{cm}^2$ ).

#### **4.4 Índice de área foliar (LAI) e duração da área foliar sadia (HAD)**

O índice de área foliar e a duração da área foliar sadia não apresentaram diferença significativa com o uso da adubação silicatada (Tabela 3A).

#### **4.5 Silício**

O teor de silício no caule foi influenciado pelas fontes e doses de silício estudadas (Tabela 4A). A fonte silicato de sódio proporcionou maior média para a concentração de  $\text{SiO}_2$  no caule (Tabela 1). Este resultado é explicado pela maior solubilidade do produto quando comparado ao silicato de cálcio. Dessa forma, o Si é mais facilmente absorvido pela planta sendo translocado via xilema para outras partes dela. Com relação às doses, o teor de  $\text{SiO}_2$  no caule apresentou comportamento quadrático, ocorrendo redução na concentração até a dose de 0,53 g com posterior incremento (Figura 4). O Si em doses menores deve apresentar distribuição uniforme na planta, com translocação para a folha. Com aumento das doses ocorreu acúmulo do elemento no caule.

O teor de  $\text{SiO}_2$  nas folhas não foi significativamente influenciado pelos tratamentos utilizados (Tabela 4A). Bezerra (2000), em trabalho conduzido com cafeeiros adultos visando verificar o efeito do silício na intensidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*), também não encontrou diferença nos teores de Si nas folhas. Este resultado pode ser atribuído às baixas doses de silicato de cálcio utilizadas (0, 125, 250, 500 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparadas com pesquisas que utilizam esta fonte de Si aplicada via solo.

TABELA 1. Teor de silício no caule ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em mudas de cafeeiro

Fontes de silício	Média <sup>1</sup>
Silicato de sódio	0,65 A
Silicato de cálcio	0,44 B

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ )

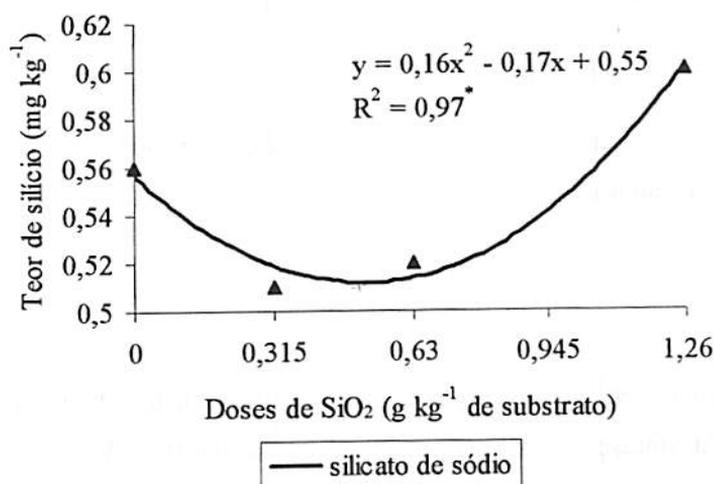


FIGURA 4. Teor de silício no caule em função das doses de silicato de sódio ( $\text{g kg}^{-1}$  de substrato)

#### 4.6 Lignina

O teor de lignina nos tecidos foliares apresentou diferença significativa com aumento das doses de silício (Tabela 4A). Observou-se aumento na concentração até a dose de 0,52 g, reduzindo após (Figura 5).

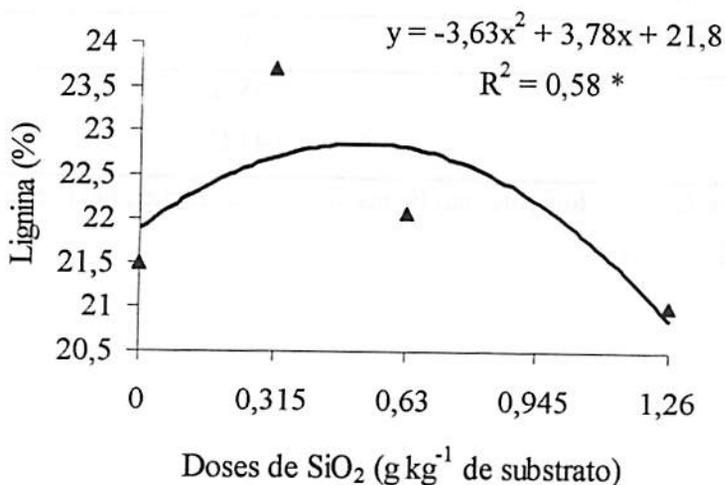


FIGURA 5. Teor de lignina nos tecidos foliares em função das doses de silício aplicadas ao substrato.

Nas doses menores, o silício, possivelmente, foi translocado para as folhas e estimulou a síntese de enzimas precursoras da lignina. A partir do momento que o silício aumentou sua concentração no caule, reduzindo a translocação para folha (Figura 4), a síntese de lignina caiu. Chérif et al. (1994a) verificaram aumento na atividade da peroxidase e polifenoloxidase em plantas suplementadas com silício. Essas oxidases são importantes precursoras na formação da lignina. Ligninas são substâncias de estruturas complexas, macromoléculas tridimensionais de origem fenilpropanóidica constituídas de unidades básicas de p-hidroxifenil-propano, guaiacilpropano e siringilpropano, encontradas, na maioria das plantas superiores, em concentração mais alta na lamela média (Abreu & Oertel, 1999). A lignina é um componente importante na

resistência de plantas a patógenos, pois limita a ação destes pela formação de uma barreira física. Como a adição de silício ao substrato pode ter estimulado aumento da síntese de lignina, provavelmente o maior teor de lignina nas folhas favoreceu a redução na intensidade da cercosporiose nas mudas de cafeeiro (Figuras 1 e 2).

#### **4.7 Teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares**

##### **4.7.1 Nitrogênio, fósforo e potássio**

O teor de nitrogênio (N) foi influenciado significativamente pelas doses de  $\text{SiO}_2$  (Tabela 5A). Observou-se decréscimo na concentração do nutriente até a dose de 0,85 gramas, aumentando após (Figura 6). Deren (1997), encontrou resultados semelhantes em plantas de arroz adubadas com silício. A concentração de N nas plantas foi significativamente mais alta na testemunha quando comparada aos tratamentos com adição de Si e o autor atribuiu esse resultado ao possível efeito de diluição em plantas com alto teor de Si. Os teores encontrados nos tecidos foliares, variando de 21,4 a 26,1 g  $\text{kg}^{-1}$ , estão abaixo dos valores encontrados por Pozza (1999) em mudas de cafeeiro, de 30,4 a 32,9 g  $\text{kg}^{-1}$ . Mesmo com estes teores baixos, as mudas de cafeeiro avaliadas não apresentaram sintomas de deficiência de nitrogênio.

As concentrações de fósforo e potássio não foram influenciadas pelos tratamentos utilizados (Tabela 5A).

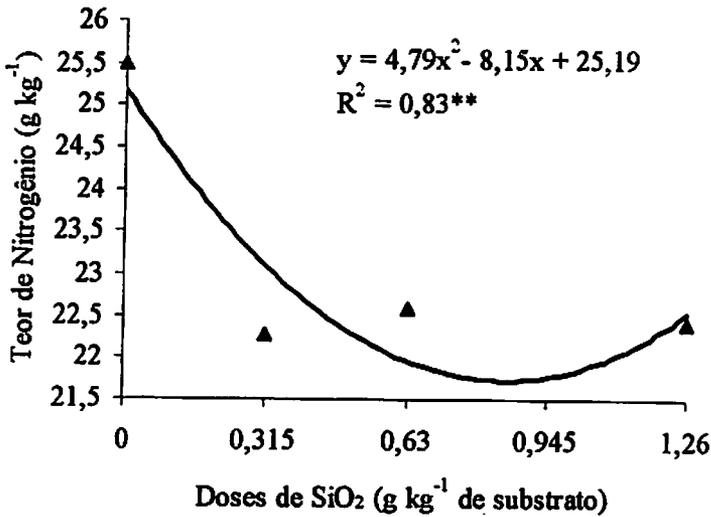


FIGURA 6. Concentrações de nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) encontradas nos tecidos foliares em função das doses de silício aplicadas ao substrato.

#### 4.7.2 Cálcio, magnésio e enxofre

Os teores de cálcio nos tecidos foliares foram influenciados pelas fontes e doses de silicato (Tabela 5A). A maior concentração de cálcio foi encontrada quando a fonte utilizada foi silicato de cálcio (Tabela 2). Esse resultado é justificado pela composição da fonte, que possui 18%  $\text{Ca}^{2+}$ . Com relação às doses, ocorreu aumento na concentração até a dose de 0,68 g e posteriormente diminuiu (Figura 7). As concentrações de cálcio presentes nos tecidos foliares, de 10,4 a 12,9  $\text{g kg}^{-1}$ , se enquadram na faixa de teores encontrados por Garcia Júnior (2002) em plantas jovens de cafeeiro, de 5,4 a 14,5  $\text{g kg}^{-1}$ , e o autor considerou-os adequados.

TABELA 2 .Teor de cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nos tecidos foliares de mudas de cafeeiro

Fontes de silício	Média <sup>1</sup>
Silicato de sódio	11,21 B
Silicato de cálcio	11,75 A

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ )

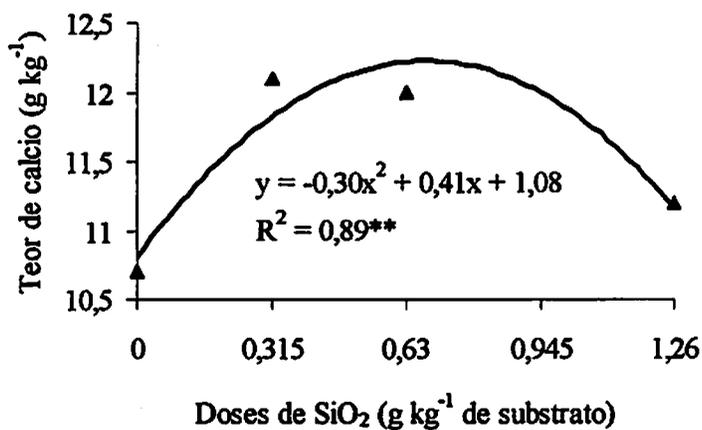


FIGURA 7. Teor de cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função das doses de silício aplicadas ao substrato.

A suscetibilidade de plantas à alguns patógenos é inversamente relacionada com o teor de cálcio nos tecidos vegetais. Este nutriente é essencial para a formação de poligalacturonatos de cálcio, que são requeridos na lamela média para estabilidade da parede celular. Muitos fungos fitopatogênicos, no processo de penetração, produzem enzimas pectolíticas extracelulares, como a poligalacturonase, cuja função é dissolver a lamela média. A atividade desta enzima é drasticamente inibida pelo cálcio, explicando a alta correlação entre conteúdo de cálcio nos tecidos e a resistência da planta às doenças (Marschner, 1995). Para *C. coffeicola*, concentrações de cálcio adequadas na planta são importantes, pois Castaño (1956) comprovou a penetração deste fungo por estômatos e diretamente através da cutícula, local onde o cálcio é componente estrutural de grande importância.

O teor de magnésio foi afetado significativamente pelas fontes de silício, pelas doses e pela interação fonte x dose (Tabela 5A). A concentração de magnésio reduziu até a dose de 0,72 g de silicato de cálcio e depois tendeu a aumentar. Para o silicato de sódio, o teor de magnésio reduziu até a dose de 0,30 g e, após esta dose, aumentou (Figura 8). Na literatura há muitas referências ao “antagonismo” entre magnésio e cálcio; em que o aumento na concentração de um no meio implica na diminuição da absorção do outro (Malavolta, 1980). Os teores de magnésio encontrados nos tecidos foliares, variando de 2,1 a 3,6 g kg<sup>-1</sup>, estão próximos aos encontrados por Pozza (1999), de 2,7 a 3,6 g kg<sup>-1</sup> em cafeeiros até 6,5 meses de idade.

Os teores de enxofre (S) não diferiram com o aumento das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato (Tabela 5A).

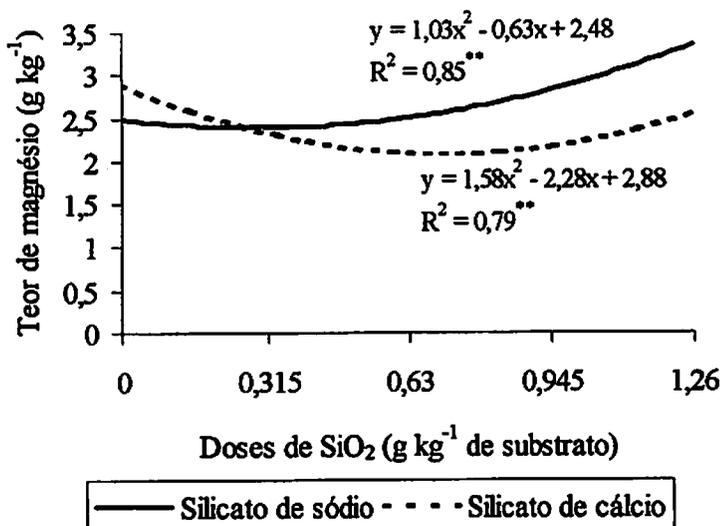


FIGURA 8. Concentração de magnésio nos tecido foliares em função das doses de silício aplicadas ao substrato.

#### 4.7.3 Boro, cobre e ferro

O teor de boro (B) não diferiu significativamente com tratamentos utilizados (Tabelas 6A).

A concentração de cobre foi influenciada significativamente pela interação fonte x dose (Tabela 6A). No entanto, não foi possível determinar um modelo de regressão para explicar satisfatoriamente a influência da adubação silicatada nos teores de cobre. As concentrações encontradas nas folhas, variando de 21,6 a 44,00 mg kg<sup>-1</sup>, estão acima dos valores encontrados por Pozza (1999), de 1,30 a 5,79 mg kg<sup>-1</sup>. A autora, cujo trabalho visou verificar a

influência da adubação nitrogenada e potássica na intensidade da cercosporiose, cita como um dos prováveis efeitos no aumento da doença em seu experimento, os baixos teores de cobre encontrados nas mudas avaliadas. O cobre é um importante cofator enzimático, sendo responsável pela ativação de enzimas como oxidase do ácido ascórbico e complexo oxidase do citocromo (Malavolta, 1980). Plantas deficientes em cobre são mais suscetíveis à ocorrência de doenças, possivelmente pela inibição da lignificação, redução metabolismo de fenóis, acúmulo de carboidratos e senescência precoce (Marschner, 1995).

A concentração de ferro foi significativamente influenciada pelas doses de  $\text{SiO}_2$  (Tabela 6A). Com aumento das doses de silicato, ocorreu decréscimo nos teores até dose de 0,52 g, aumentando depois (Figura 9). Os teores encontrados as folhas foram altos, 172,31 a 287,90  $\text{mg kg}^{-1}$ , quando comparados com as concentrações encontradas por Pozza (1999), de 138,47 a 172  $\text{mg kg}^{-1}$  e por Rodrigues (1997), de 70 a 200  $\text{mg kg}^{-1}$  em mudas de cafeeiro com 6,5 meses de idade. Mesmo com alta concentração desse nutriente nos tecidos foliares, nenhum sintoma de toxidez foi observado nas plantas. De acordo com Zambolin & Ventura (1993), estudos com plantas sugerem o possível efeito do íon ferro na ativação de enzimas necessárias à síntese de compostos antifúngicos. A ausência de íon ferro nas células resulta na maior suscetibilidade das plantas às doenças devido à menor síntese dos compostos antifúngicos, responsáveis pela inibição da ação de agentes patogênicos às plantas.

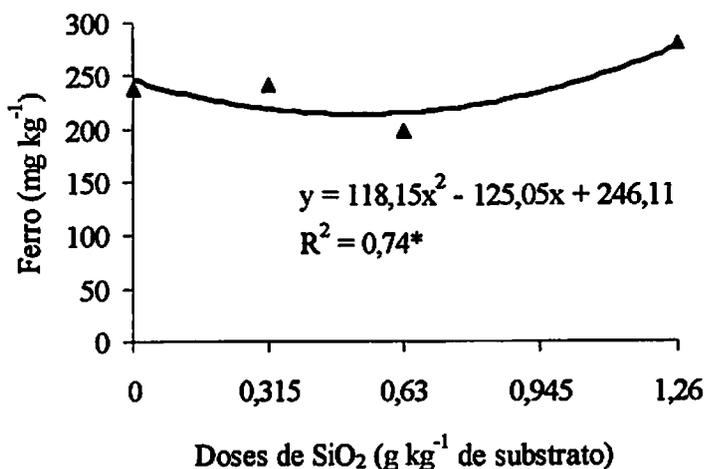


FIGURA 9. Teor de ferro (mg kg<sup>-1</sup>) em função das doses de silício aplicadas ao substrato

#### 4.7.4 Manganês e zinco

O teor de manganês foi influenciado pelas doses de SiO<sub>2</sub> utilizadas (Tabela 6A). A concentração desse nutriente aumentou até a dose de 0,48 g de SiO<sub>2</sub> e, a partir dessa dose, tendeu a diminuir (Figura 10). A redução nos teores de manganês observada com o aumento das doses de silício é explicada pela presença do cálcio (Ca<sup>+2</sup>) e do sódio (Na<sup>+</sup>) na composição dos silicatos utilizados como fonte de silício. Segundo Malavolta (1980), o manganês é absorvido ativamente pela planta como Mn<sup>+2</sup>. A quantidade absorvida na unidade de tempo é diminuída pelo aumento das concentrações de K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup> no meio. Os valores deste nutriente encontrados nos tecidos foliares, de 94,29 a

146,45 mg kg<sup>-1</sup>, se enquadram na faixa de concentrações encontrada por Rodrigues (1997), a qual foi de 50 a 150 mg kg<sup>-1</sup> para plantas de café com 6,5 meses de idade. Uma das funções do manganês na planta é como cofator, ativando aproximadamente 35 enzimas diferentes. Esse nutriente afeta a fenilalanina amonia liase (PAL) e estimula peroxidases requeridas na biossíntese de lignina, componente importante na resistência de plantas à patógenos (Marschner, 1995). Desta forma, plantas bem nutridas com Mn, apresentam menor suscetibilidade a doenças.

Os teores de zinco (Zn) não diferiram com o aumento das doses de silicato de cálcio e sódio aplicadas ao substrato (Tabelas 6A).

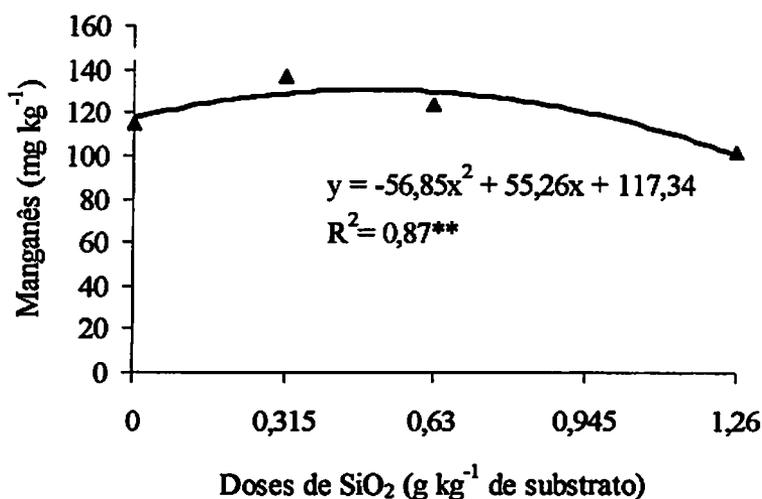


FIGURA 10. Teor foliar de manganês(mg kg<sup>-1</sup>), em função das doses de silício aplicadas ao substrato.

## 5 CONCLUSÕES

- A adição de  $\text{SiO}_2$  ao substrato proporcionou redução linear na área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes.
- O silicato de sódio diminuiu a área abaixo da curva de progresso do total de lesões (AACPTL) e aumentou a área foliar total.
- A concentração de silício no caule reduziu até a dose de 0,53 g de silicato de sódio, com posterior incremento.
- Com aumento das doses de  $\text{SiO}_2$  no substrato aumentou o teor de lignina nas folhas até a dose de 0,52 g.
- O incremento de  $\text{SiO}_2$  no substrato reduziu o teor de nitrogênio nas folhas até a dose de 0,84 g.
- A adição de silicato de cálcio ao substrato aumentou a concentração de cálcio nas folhas e reduziu a concentração de magnésio.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H. S. dos; OERTEL, A. C. da. Estudo químico da lignina de *Paullinia rubiginosa*. *Cerne*, Lavras, v. 5, n. 1, p. 52-60, 1999.

ADATIA, M. H.; BESFORD, A. 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.

ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, Lancaster, v. 14, p. 371-375, Apr. 1939.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área foliar de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, jan./mar. 1973.

BEZERRA, H. R. Estudo do silício no controle da ferrugem e na produtividade do cafeeiro. 2000. 36 p. (Monografia em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

BOWEN, P.; MENZIES, J.; EHRET, D. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 117 n. 6, p. 906-912, Nov. 1992.

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

CASTAÑO, J. J. Mancha de hierro del café. *Cenicafé*, Chinchina, v. 7, n. 4, p. 313-327, abr. 1956.

CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R. R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long english cucumber. *Plant Disease*, St. Paul, v. 76, n. 10, p. 1008-1013, Oct. 1992.

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. 1994a.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; BOGDANOFF, C.; BÉLANGER, R. R. Yield of cucumber infect with *Pythium aphanidermatum* when grown with soluble silicon. *Hortscience*, Alexandria, v. 29, n. 8, p. 896-897, Aug. 1994b.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Flórida. *Crop Protection*, Oxford, v. 16, n. 6, p. 525-531, Sept. 1997.

• DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on bruzone and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, St. Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, July 1991.

DEREN, W. Changes in nitrogen and phosphorus concentrations of silicon-fertilized rice grown on organic soil. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 20, n. 6, p. 765-771, 1997.

D'UTRA, G. As manchas das folhas dos cafeeiros. *Boletim da Agricultura*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-13, 1902.

ECHANDI, E. La Chasparria de los Cafetos causada por el hongo (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke). *Turrialba*, Turrialba, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon - mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. *Phytopatology*, St Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, May 1998.

FERNADEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A. M.; DUQUE, S. L. Efecto de la fertilizacion en la incidência de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. *Cenicafé*, Chinchiná, v. 17, n. 1, p. 5-16, ene./mar. 1966.

FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Determinação de silício em material vegetal, pelo método colorimétrico do "azul-de-molibdênio" *Bragantia*, Campinas, v. 37, n. 16, p. V- XI, dez. 1978. (Nota , n. 2)

- GARCIA JÚNIOR, D. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função das doses de potássio e cálcio em solução nutritiva. 2002. 59 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants and animals. *Advances in Agronomy*, New York, v. 19, n. 1, p. 107-149, 1967.
- KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: Uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 70, p. 1-3, jun. 1995.
- LIMA, M. T. G. de. Interrelação Cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. 1998. 58 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.
- 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.
- MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. *Plant and Soil*, The Hague, v. 126, p. 115-119, 1990.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. New York: Academic Press, 1995. 887 p.
- MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Controle associado de doenças de cafeeiro. *Correio agrícola*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 25-27, 1997.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. p. 557-582.

MENZIES, J.; BOWEN, P.; EHRET, D. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 117, n. 6, p. 902-905, Nov. 1992.

MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWERD, F. Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 81, n. 1, p. 84-88, Jan. 1991.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 29, n. 1, p. 71-83, 1983.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean in a solution culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 31, p. 625-636, 1985.

OLIVEIRA, C. A.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, V. B.; SANTOS, R. C.; CHAVES, Z. M. Escala diagramática para avaliação da severidade de cercosporiose em folhas de cafeeiro. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. Resumos... Vitória: Embrapa café, 2001. p. 80

PARRY, D. W.; SMITHSON, F. Types of opaline silica depositions in the leaves of British grasses. *Annals of Botany*, London, v. 28, n. 109, p. 169-185, 1964.

PIAU, W. C. Efeito de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.). 1995. 124 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

POZZA, A. A. A. Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro. 1999. 70 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. *Biological Review*, New York, v. 58, n. 2, p. 179-207, 1983.

RODRIGUES, F. A. de. Fertilização silicatada na severidade da queima-das-bainhas (*Rhizoctonia solani* Kühn) do arroz. 2000. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, L. A. Crescimento e composição mineral na parte aérea e nas raízes de duas variedades de café em resposta à calagem na subsuperfície do solo. 1997. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 14, n. 5, p. 485-492, June 1991.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L. Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, London, v. 44, p. 237-242, 1994.

SHTIENBERG, D.; RAPOSO, R.; BERGERON, S. N.; LEGARD, D. E.; DYER, A. T.; FRY, W. E. Incorporation of cultivar resistance in a reduced-sprays strategy to suppress early and late blights of potato. *Plant Disease*, St. Paul, v. 78, n. 1, p. 23-26, Jan. 1994.

SILVA, D. J. da. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1981.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). *Inorgânic plant nutrition*. New York: Spring-Verlag, 1983. p. 682-694.

• 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.

WAGGONER, P. E.; BERGER, R. D. Defoliation, disease and growth. *Phytopathology*, St. Paul, v. 77, n. 3, p. 393-398, Mar. 1987.

• ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v. 1, p. 275-318, 1993.

## ANEXOS

Página

<b>TABELA 1A</b>	<b>Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD), número de folhas lesionadas (AACPNFL), número lesões por folha (AACPLF), total de lesões (AACPTL), severidade (AACPS) e área foliar lesionada (AFL%).....</b>	<b>38</b>
<b>TABELA 2A</b>	<b>Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores de produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e matéria seca total (MST), em função das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato.....</b>	<b>39</b>
<b>TABELA 3A</b>	<b>Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área foliar total (AFT), índice de área foliar (LAI) e duração área foliar sadia (HAD), em função das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato.....</b>	<b>40</b>
<b>TABELA 4A</b>	<b>Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores do teor de lignina nos tecidos foliares e concentração de SiO<sub>2</sub> (mg kg<sup>-1</sup>), no caule e na folha de mudas de cafeeiro, em função das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato.....</b>	<b>41</b>
<b>TABELA 5A</b>	<b>Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, em g kg<sup>-1</sup>, das análises químicas realizadas nas folhas, de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), em função das doses de silicato de cálcio e de sódio aplicadas ao substrato.....</b>	<b>42</b>
<b>TABELA 6A</b>	<b>Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, em mg kg<sup>-1</sup>, das análises químicas realizadas nas folhas, de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em função das doses de silicato de cálcio e de sódio aplicadas ao substrato.....</b>	<b>43</b>

TABELA 1A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD), número de folhas lesionadas (AACPNFL), número lesões por folha (AACPLF), total de lesões (AACPTL), severidade (AACPS) e área foliar lesionada (AFL%).

FV	GL	AACPPD	AACPNFL	AACPLF	AACPTL	AACPS	AFL
Bloco	3	199,83 *	139892,64 <sup>ns</sup>	2311,24 <sup>ns</sup>	18876,54 *	1483,49 *	1,93 <sup>ns</sup>
Fontes	1	11,78 <sup>ns</sup>	38047,30 <sup>ns</sup>	90,92 <sup>ns</sup>	69,59 <sup>ns</sup>	403,56 <sup>ns</sup>	6,03 <sup>ns</sup>
Doses	3	144,81 *	194336,18 <sup>ns</sup>	658,79 <sup>ns</sup>	18099,47 *	189,59 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>
linear	1	377,04 **	543176,59 <sup>ns</sup>	541,71 <sup>ns</sup>	29168,64 *	107,84 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>
quadr.	1	45,39 <sup>ns</sup>	32463,26 <sup>ns</sup>	1366,73 <sup>ns</sup>	25040,96 *	395,65 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
Fontes X doses	3	34,70 <sup>ns</sup>	139387,82 <sup>ns</sup>	415,47 <sup>ns</sup>	15596,37 *	158,34 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		20,11	43,72	25,33	28,60	17,92	44,69

\*significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> não-significativo.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores de produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e matéria seca total (MST), em função das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato.

FV	GL	MSPA	MSR	MST
Bloco	3	5,83 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
Fontes	1	9,15 <sup>ns</sup>	5,44 <sup>ns</sup>	54,23 <sup>ns</sup>
Doses	3	6,44 <sup>ns</sup>	8,42 <sup>ns</sup>	24,69 <sup>ns</sup>
Fontes X doses	3	38,02*	8,29 <sup>ns</sup>	46,74 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		17,08	22,50	18,28

\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> não-significativo.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área foliar total (AFT), índice de área foliar (LAI) e duração área foliar sadia (HAD), em função das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato.

FV	GL	AFT	LAI	HAD
Bloco	3	336565,07 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	247,34 <sup>ns</sup>
Fontes	1	87978,37 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	6,64 <sup>ns</sup>
Doses	3	342974,43 <sup>ns</sup>	2,64 <sup>ns</sup>	1131,68 <sup>ns</sup>
Fontes X doses	3	684736,04 *	1,56 <sup>ns</sup>	613,97 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		15,75	18,19	19,46

\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> não-significativo.

TABELA 4A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores do teor de lignina nos tecidos foliares e concentração de SiO<sub>2</sub> (mg kg<sup>-1</sup>), no caule e na folha de mudas de café, em função das doses de silicato de cálcio e silicato de sódio aplicadas ao substrato.

FV	GL	% Lignina	SiO <sub>2</sub> caule	SiO <sub>2</sub> folha
Bloco	2	4,78 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Fontes	1	0,17 <sup>ns</sup>	0,32 *	0,08 <sup>ns</sup>
Doses	3	12,36 *	0,01 *	0,01 <sup>ns</sup>
linear	1	4,75 *	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Quadra.	1	9,80 *	0,02 *	0,00 <sup>ns</sup>
Fontes X Doses	3	2,06 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		3,70	11,87	19,29

\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> não significativo.

TABELA 5A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, em g kg<sup>-1</sup>, das análises químicas realizadas nas folhas, de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), em função das doses de silicato de cálcio e de sódio aplicadas ao substrato.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,2 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	5,23 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Fonte	1	3,25 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	12,25 <sup>ns</sup>	2,36*	0,38 *	0,00 <sup>ns</sup>
Dose	3	18,93**	0,00 <sup>ns</sup>	4,21 <sup>ns</sup>	5,37**	0,96 **	0,02 <sup>ns</sup>
linear	1	24,72**	0,00 <sup>ns</sup>	6,39 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,43 *	0,06 <sup>ns</sup>
Quadra.	1	22,64**	0,00 <sup>ns</sup>	6,22 <sup>ns</sup>	13,52**	1,70 **	0,00 <sup>ns</sup>
Fonte X dose	3	0,41 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	4,84 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,52 **	0,03 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		4,83	11,73	6,02	5,98	9,75	12,08

\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> não significativo.

TABELA 5A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações, em g kg<sup>-1</sup>, das análises químicas realizadas nas folhas, de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), em função das doses de silicato de cálcio e de sódio aplicadas ao substrato.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,2 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	5,23 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Fonte	1	3,25 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	12,25 <sup>ns</sup>	2,36*	0,38*	0,00 <sup>ns</sup>
Dose	3	18,93**	0,00 <sup>ns</sup>	4,21 <sup>ns</sup>	5,37**	0,96**	0,02 <sup>ns</sup>
linear	1	24,72**	0,00 <sup>ns</sup>	6,39 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,43*	0,06 <sup>ns</sup>
Quadra.	1	22,64**	0,00 <sup>ns</sup>	6,22 <sup>ns</sup>	13,52**	1,70**	0,00 <sup>ns</sup>
Fonte X dose	3	0,41 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	4,84 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,52**	0,03 <sup>ns</sup>
C.V. (%)		4,83	11,73	6,02	5,98	9,75	12,08

\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> não significativo.



