

# ASPECTOS ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DE MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) COM CERCOSPORIOSE (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.) ADUBADAS COM ÁCIDO SILÍCICO

Deila Magna dos Santos Botelho<sup>1</sup>, Edson Ampélio Pozza<sup>2</sup>, Eduardo Alves<sup>3</sup>,  
Antônio Eduardo Furtini Neto<sup>4</sup>, João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa<sup>5</sup>, Daniel Melo de Castro<sup>6</sup>

(Recebido: 7 de outubro de 2008; aceito: 17 de junho de 2009)

**RESUMO:** Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito do ácido silícico em características fisiológicas e anatômicas de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) inoculadas com *Cercospora coffeicola* Berk. & Cook. Os tratamentos consistiram de seis doses de ácido silícico no solo (0, 0,5; 1; 2; 4 e 6 g kg<sup>-1</sup>), em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por 12 mudas de cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 99. Nas folhas, foram avaliados os conteúdos de clorofila *a*, clorofila *b* e de carotenoides, acúmulo de lignina e presença de cera epicuticular. A fotossíntese potencial foi medida em plantas com e sem sintomas visuais da cercosporiose, na maior dose de ácido silícico (6,0 g kg<sup>-1</sup> de solo) e na testemunha. Cortes transversais foram feitos no caule das mudas de cafeeiro para avaliar a espessura da epiderme, do câmbio vascular, do xilema, do floema e do parênquima esponjoso. Os conteúdos de clorofila *a*, *b*, carotenoides e lignina, bem como as características anatômicas do caule, não foram influenciados pelos tratamentos. Observou-se maior presença de cera epicuticular nas folhas de mudas cultivadas nos tratamentos 2 g e 6 g de ácido silícico. A maior dose de ácido silícico (6 g kg<sup>-1</sup> de solo) proporcionou a menor fotossíntese potencial em folhas de plantas sem sintomas de cercosporiose.

**Palavras-chave:** Fotossíntese potencial, clorofila, microscopia eletrônica de varredura.

## ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.) WITH BROWN EYE SPOT (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.) CULTIVATED WITH SILICIC ACID

**ABSTRACT:** Our objective was to verify how silicic acid can influence physiological and anatomical characteristics of coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings inoculated with *Cercospora coffeicola* Berk. & Cook. The treatments were six silicic acid doses amended to the soil (0, 0.5, 1, 2, 4 and 6 g kg<sup>-1</sup> of soil) using a complete randomized block experimental design with four replicates. The experimental unit was composed of 12 coffee seedlings from the cultivar Catuaí Vermelho IAC 99. We evaluated the leaves by their chlorophyll *a*, *b*, carotenoids and lignin content as well as by the presence of epicuticular wax. The photosynthetic potential was evaluated in seedling with and without symptoms of brown eye spot in the highest silicic acid dose (6.0 g kg<sup>-1</sup>) and control. Transversal stem cuts were performed for measurements of the epidermal, cambium, xylem, phloem and spongy parenchyma thickness. The content of leaf pigments and lignin as well as the stem's anatomical characteristics were not influenced by the increasing silicic acid amendment. The presence of epicuticular wax was observed in leaves of plants grown in the 2g and 6g silicic acid. The highest silicic acid dose showed the lowest photosynthetic potential capacity in seedlings without symptoms of brown eye spot.

**Key words:** Potential photosynthesis, chlorophyll, scanning electron microscopy.

### 1 INTRODUÇÃO

Opções de manejo acessíveis que possam reduzir a intensidade de pragas e doenças e também melhorar as características agrônômicas da cultura são importantes tanto para a redução no custo de produção quanto para o aumento de produtividade. Entre essas opções, têm-se o uso de controle biológico

de pragas e doenças, seleção de variedades resistentes e adubação com silício (SAVANT et al., 1999).

O silício é um elemento classificado como benéfico ou útil para plantas (MARSCHNER, 1995) e, de acordo com Epstein (1999), as plantas cultivadas em ambiente enriquecido com silício diferem das cultivadas na ausência desse elemento, principalmente

<sup>1</sup> EPAMIG, CTSM, Campus UFLA, Caixa Postal 176 – 37200-000 Lavras, MG – deilamagna@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor, Dr., Departamento de Fitopatologia/UFLA, Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG, eapozza@ufla.br

<sup>3</sup> Professor, Dr., Departamento de Fitopatologia/UFLA, Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG, ealves@ufla.br

<sup>4</sup> Professor, Dr., Departamento de Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG, afurtini@ufla.br

<sup>5</sup> Professor, Dr., Departamento de Biologia/UFLA, Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG, delfinojp@gmail.com

<sup>6</sup> Professor, Dr., Departamento de Biologia/UFLA, Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, MG, danielmec@hotmail.com

quanto à composição química, resistência mecânica das células, características de superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico e menor ocorrência de pragas e doenças.

De acordo com Raven (1983), a adubação com fontes de silício tem como benefício para as plantas a melhoria na interceptação da luz solar, aumentando, dessa forma, a fotossíntese, devido à melhor arquitetura das plantas adubadas com silício. Adatia & Besford (1986) observaram que a adição de silicato de potássio em solução nutritiva proporcionou aumento de aproximadamente 50% na clorofila total (clorofila *a+b*) em plantas de pepino, além de acréscimo no peso de maior matéria seca. No entanto, é importante salientar que Korndörfer & Pereira (2006) citam a possibilidade de os sintomas do declínio em citrus serem resultado da acumulação e polimerização de Si ao longo dos anos, tendo como consequência a obstrução do sistema vascular das plantas.

Em mudas de café, algumas modificações decorrentes da adubação com silício são relatadas. Pozza et al. (2004), utilizando a técnica de microscopia eletrônica de varredura, verificaram uma camada de cera epicuticular bem desenvolvida em folhas de mudas cultivadas em substrato com 1 g de silicato de cálcio. Posteriormente, Amaral (2005) também observou a formação de cutícula mais espessa em folhas de mudas de café pulverizadas com 1,5 mL L<sup>-1</sup> de silicato de potássio, quando comparadas àquelas pulverizadas com 0,75 mL L<sup>-1</sup>. De acordo com o autor, os estômatos, nas mudas não pulverizadas com silicato de potássio, eram mais visíveis, comparativamente às mudas pulverizadas com 1,5 mL L<sup>-1</sup>.

Além dessas modificações, Botelho et al. (2005) e Amaral et al. (2008), verificaram maior conteúdo de lignina em mudas de café com a adição de fontes de silício ao substrato de plantio.

Com base nessas informações, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito do ácido silícico na fisiologia e anatomia de mudas de café com sintomas de cercosporiose.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Condições experimentais

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitopatologia (DFP), no câmpus

da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de setembro de 2005 a maio de 2006. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Foram aplicadas ao solo seis doses de ácido silícico (Carlo Erba®): 0; 0,5; 1; 2; 4 e 6 g.kg<sup>-1</sup> de solo. A parcela experimental foi constituída por 12 plantas.

As sementes de café (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 foram colocadas em bandejas de plástico com areia autoclavada e diariamente irrigadas até o surgimento das folhas cotiledonares. Posteriormente, foram transferidas para sacos de polietileno (15 x 20 cm) contendo Latossolo Vermelho Típico com 13,6 mg dm<sup>-3</sup> de Si. Foram adicionadas ao solo doses de ácido silícico: 0,5; 1; 2; 4 e 6 g do produto por quilo de solo. A testemunha não recebeu ácido silícico. O solo foi irrigado com água destilada até atingir a capacidade de campo e permaneceu reagindo por 20 dias. Após esse período, os teores de Si nos diferentes tratamentos foram novamente quantificados, apresentando valores de 32,9; 38,1; 70,7; 94,9 e 117,8 mg dm<sup>-3</sup> de Si para as doses de 0,5; 1; 2; 4 e 6 g de ácido silícico por quilo de solo, respectivamente.

Foi realizada adubação com 300 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio (N), 300 mg dm<sup>-3</sup> de potássio (K), 200 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo (P), 30 mg dm<sup>-3</sup> de magnésio (Mg), 50 mg dm<sup>-3</sup> de enxofre (S), 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de boro (B), 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de cobre (Cu), 3,0 mg dm<sup>-3</sup> de manganês (Mn), 0,1 mg dm<sup>-3</sup> de molibdênio (Mo) e 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de zinco (Zn). O cálculo da necessidade de calagem (NC) baseou-se na análise química prévia, visando a atingir saturação por base de 50%, conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

Durante todo período de condução do experimento, a irrigação das mudas foi realizada somente com água destilada, para evitar adição de silício à testemunha.

Ao atingirem três pares de folhas definitivas, as mudas de café foram inoculadas com suspensão de 1,4 x 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup>, segundo metodologia utilizada por Pozza (1999).

### 2.2 Avaliação do conteúdo de pigmentos cloroplastídicos e lignina

Quando as mudas atingiram cinco pares de folhas (aproximadamente 40 dias após a inoculação),

foram coletadas oito folhas de cada tratamento, que foram armazenadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  até a realização das análises de determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, de carotenoides e de lignina.

A análise de pigmentos foi efetuada em quatro repetições de 0,2 g do material armazenado. Os tecidos foliares foram macerados em nitrogênio líquido e colocados em acetona 85%, por 24 horas. Em seguida, o material foi centrifugado a 8.000 x g, por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado para a determinação em espectrofotômetro dos conteúdos de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila } a = (13,7 \times \text{Abs}_{664\text{nm}}) - (5,76 \times \text{Abs}_{647\text{nm}})$$

$$\text{Clorofila } b = (25,80 \times \text{Abs}_{647\text{nm}}) - (7,60 \times \text{Abs}_{664\text{nm}})$$

$$\text{Carotenoides} = (4,75 \times \text{Abs}_{455\text{nm}}) - (\text{Chl } a + \text{Chl } b) \times 0,226$$

A concentração de lignina foi determinada pela metodologia descrita por Monties (1989).

### 2.3 Observação da presença de cera epicuticular em microscópio eletrônico de varredura (MEV)

A coleta das amostras foliares para a observação em MEV foi realizada na mesma época da análise de pigmentos cloroplastídicos e lignina. O preparo e a observação das amostras em MEV foram realizados no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultra-Estrutural (LME), no Departamento de Fitopatologia da UFLA, seguindo a metodologia descrita por Alves (2004).

Os espécimes obtidos foram montados em suportes de alumínio “stubs” com fita de carbono, revestidos por uma película de papel alumínio, cobertos com ouro e observados em MEV LEO Evo 40. Diversas imagens das amostras foram registradas digitalmente, em aumentos variáveis, e processadas no Software Photopaint do pacote Corel Draw 9.

### 2.4 Avaliação da fotossíntese potencial

A fotossíntese potencial foi determinada pelo método de evolução do oxigênio, utilizando uma câmara de Clark de fase gasosa (Hansatech) e um eletrodo de oxigênio acoplado a uma caixa de controle de fluxo elétrico (Hansatech), seguindo a metodologia utilizada por Delieu & Walker (1983), com as seguintes alterações: solução de KCl saturada e  $\text{NaHCO}_3$  ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ). As medições foram

realizadas à temperatura de  $22^{\circ}\text{C}$  e  $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA). A determinação do volume da câmara foi realizada com método de injeção (DELIEU & WALKER, 1981). Como fonte de DFFFA, utilizou-se uma lâmpada de halogênio, e o controle foi realizado por quantômetro acoplado a um porômetro (modelo 1600M; LI-COR, Lincoln.Neb).

As avaliações da fotossíntese potencial foram realizadas em folhas com e sem sintomas visuais de cercosporiose, na maior dose de ácido silícico ( $6 \text{ g kg}^{-1}$  de solo) e na testemunha. Na coleta das folhas doentes, foram padronizadas folhas com a mesma porcentagem de severidade (16%), de acordo com escala determinada por Fernandes (1988).

### 2.5 Anatomia do caule de mudas de cafeeiro cultivadas em diferentes doses de ácido silícico

Ao término das avaliações de pigmentos, lignina, fotossíntese potencial e microscopia, os caules das mudas de cafeeiro do experimento foram coletados e acondicionados em frascos contendo álcool etílico 70%, para fixação. Foram utilizados três caules por tratamento, nos quais foram realizados cortes transversais na inserção do primeiro nó, utilizando micrótomo de mesa. As seções transversais foram clarificadas em hipoclorito de sódio 1%, durante 1 minuto e enxaguadas em água destilada por 5 minutos. Posteriormente, as seções foram coradas com azul de astra e safranina, seguindo metodologia descrita por Kraus & Ardiun (1997). As lâminas com duas seções coradas foram montadas com água glicerinada, sendo preparada uma lâmina por caule, totalizando 6 seções transversais para medição por tratamento. Mediu-se a espessura da epiderme, do câmbio vascular, do xilema, do floema e do parênquima esponjoso em Microscópio Leica DME.

### 2.6 Análise dos dados

A análise de variância dos dados coletados foi realizada no software Sisvar, versão 4.6 (Build 6.1) (FERREIRA, 2000). As variáveis quantitativas significativas no teste F foram submetidas à análise de regressão, e as qualitativas, ao teste de médias de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses crescentes de ácido silícico aplicadas ao solo não alteraram os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides nas mudas de cafeeiro. Resultados semelhantes foram relatados por Amaral et al. (2008) em mudas de cafeeiro inoculadas com *C. coffeicola* e pulverizadas com silicato de potássio.

De maneira semelhante ao observado com relação aos pigmentos cloroplastídicos, o conteúdo de lignina não diferiu entre os tratamentos estudados. Esse resultado corrobora com Nojosa (2003), ao quantificar o teor de lignina em mudas de cafeeiro pulverizadas com silicato de potássio, acibenzolar S metil éster e ácido salicílico e verificar que os tratamentos não diferiram da testemunha para essa característica. O autor relata a possibilidade de esses indutores não favorecerem o acúmulo de lignina em cafeeiros. Contudo, Botelho et al. (2005) observaram que a adição de silicato de cálcio e de silicato de sódio ao solo (0; 0,5; 1 e 2 g kg<sup>-1</sup> de substrato) proporcionaram aumento do teor de lignina em mudas de cafeeiro inoculadas com *C. coffeicola*, até a dose de 0,52 g kg<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub> substrato. De acordo com Guével et al. (2007), a absorção primária de silício, se não exclusiva, é a radicular, sendo esta necessária para efeito profilático no controle de doenças.

Observou-se presença de cera epicuticular nos tratamentos com 2 g e 6 g de ácido silícico por quilo de solo (Figuras 1D e 1F, respectivamente). Outros autores também relataram a influencia do silício na formação de camada de cera em plantas de cafeeiro. Pozza et al. (2004) verificaram, com auxílio da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), que a adição de silicato de cálcio no substrato de plantio de mudas de cafeeiro resultou no espessamento de cutícula das folhas nas três cultivares de cafeeiro estudadas (Catuaí, Mundo Novo e Icatu). Observou-se a presença de uma cutícula mais espessa na epiderme abaxial da folha das plantas tratadas com 1 g de silicato de cálcio, principalmente devido à camada de cera epicuticular mais desenvolvida. Entre as cultivares estudadas, a 'Catuaí' apresentou camada de cera epicuticular mais espessa, quando comparada às cultivares Icatu e Mundo Novo. Amaral (2005) também verificou formação de cutícula mais espessa em folhas pulverizadas com 1,5 mL L<sup>-1</sup> de silicato de potássio, quando comparadas àquelas pulverizadas com 0,75 mL L<sup>-1</sup>. De acordo com o autor, os estômatos

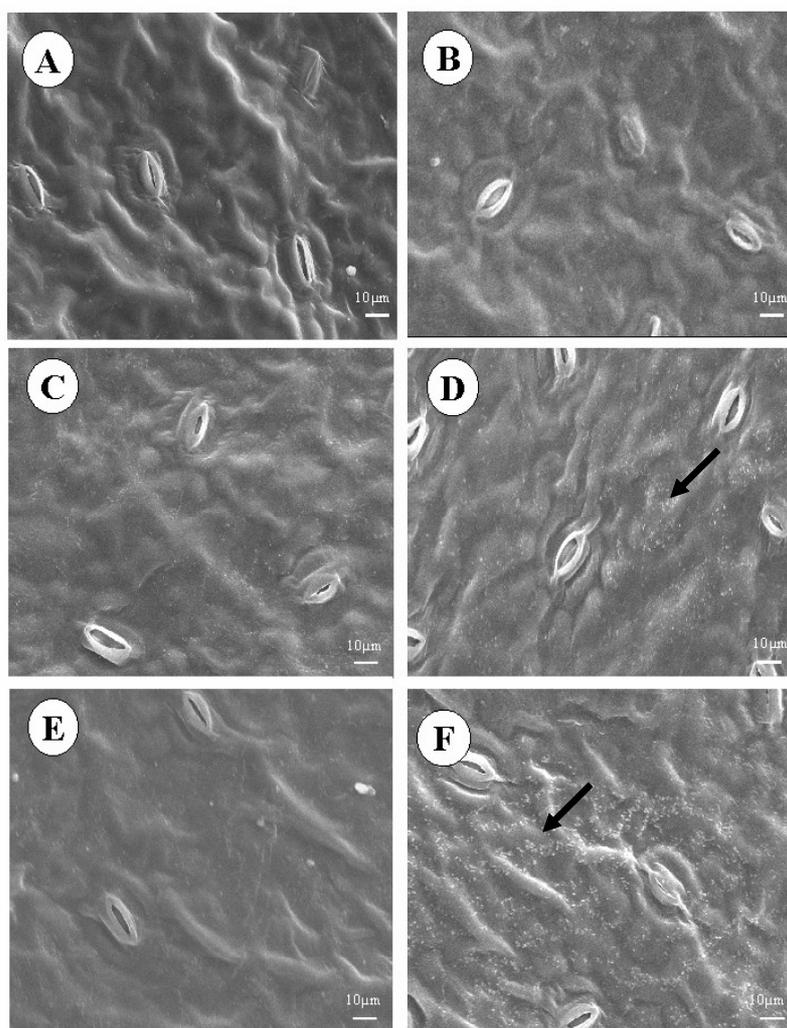
em plantas não pulverizadas com Si foram mais visíveis que os das plantas tratadas com 1,5 mL L<sup>-1</sup> de silicato de potássio. Plantas de soja suplementadas com silicato de potássio, via solução nutritiva, também apresentaram camada de cera epicuticular mais desenvolvida, comparadas com plantas que não receberam silicato na solução (LIMA, 2006).

A importância da camada de cera no processo de doença é que ela pode tornar a superfície da planta hidrofóbica, impedindo a formação de filme de água, importante para os processos vitais de patogênese, como a germinação dos esporos de fungos (PASCHOLATI & LEITE, 1995).

As espessuras da epiderme, câmbio vascular, parênquima esponjoso, floema e xilema (µm) das mudas de cafeeiro não diferiram com o aumento das doses de ácido silícico adicionadas ao solo. Possivelmente, as obstruções dos vasos condutores de plantas de cítrus ocasionadas pela polimerização de Si, observada por Korndorfer & Pereira (2006), ocorreram após um longo tempo de adubação com silicatos e, provavelmente, a ocorrência dessas obstruções varie entre espécies de plantas.

Com relação à taxa fotossintética potencial, observou-se que folhas de plantas sem sintomas de cercosporiose adubadas com 6 g de ácido silícico apresentaram menores valores de taxa fotossintética potencial (Figura 2). Essas constatações estão de acordo com os resultados apresentados por Nojosa (2003), que também observou redução na taxa fotossintética em plantas de cafeeiro pulverizadas com silicato de potássio. A fotossíntese potencial foi significativamente maior nas folhas de plantas pulverizadas com silicato de potássio e inoculadas com *Hemileia vastatrix* Berk & Br., comparadas às folhas que somente receberam a pulverização de silicato de potássio. O autor relata a possibilidade de esse indutor ter efeito danoso sobre a fotossíntese de cafeeiros.

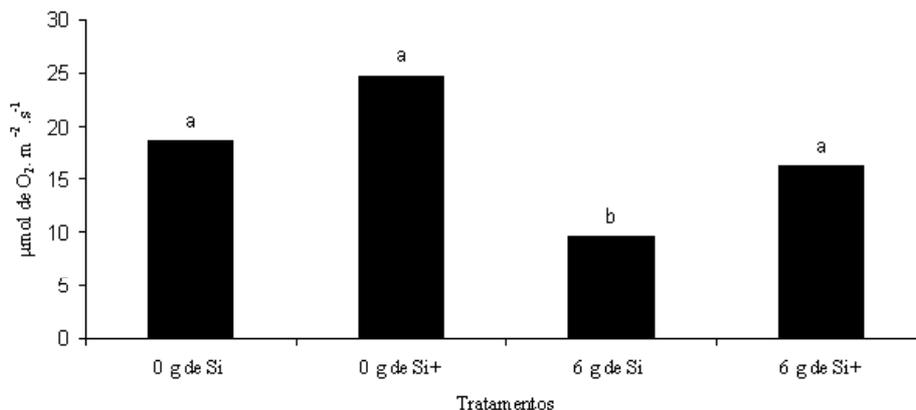
Outra possibilidade que pode estar associada à redução da fotossíntese potencial observada nas mudas de cafeeiro adubadas com a maior dose de ácido silícico é o espessamento da camada de cera que, cobrindo os estômatos, influenciou negativamente a fotossíntese potencial, por dificultar o processo difusivo de trocas gasosas. Essa camada de cera mais espessa em mudas de cafeeiro tratadas com silicato foi observada tanto na aplicação de silicato via solo (POZZA et al., 2004) quanto via foliar (AMARAL,



**Figura 1** – Eletromicrografias de varredura de folhas de cafeeiro, cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, adubadas com as doses de ácido silícico 0 (A); 0,5 (B); 1,0 (C); 2,0 (D); 4,0 (E) e 6,0 (F) g kg<sup>-1</sup> de solo.

2005). Em ambos os trabalhos, cita-se a cobertura parcial dos estômatos pela camada de cera epicuticular. Embora o aumento da camada de cera em plantas adubadas com silicato de cálcio tenha resultado em menor número de lesões de *C. coffeicola* em mudas de cafeeiro, cultivares Catuaí e Mundo Novo (POZZA et al., 2004), o efeito benéfico na redução da doença parece ser antagônico à fotossíntese potencial. Provavelmente, a menor condutividade estomática devido ao espessamento da camada de cera resultou em menor assimilação de CO<sub>2</sub>, interferindo negativamente na taxa fotossintética potencial.

A maior taxa fotossintética observada em plantas inoculadas pode ser justificada pelo estímulo inicial que a doença causa na planta. Esse estímulo foi de aproximadamente 5 μmol O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, nas plantas com sintomas da cercosporiose, independentemente da adição de ácido silícico ao solo (Figura 2). De acordo com Pascholati & Leite (1995), ocorre um aumento da atividade fotossintética no início do processo da doença por um período reduzido, seguido, invariavelmente, pela redução da taxa de fotossíntese, devido ao aumento do surgimento de áreas cloróticas e necrosadas.



**Figura 2** – Fotossíntese potencial em tecidos foliares de mudas de cafeeiro, cultivar Catuaí Vermelho IAC 99. 0 g de Si = 0 g de ácido silícico por quilo de solo, 6 g de Si = 6 g de ácido silícico por quilo de solo. + = folhas com sintomas de *C. coffeicola*. Tratamentos com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, a 5%.

#### 4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que a adição de ácido silícico ao solo de plantio das mudas de cafeeiro proporciona aumento na camada de cera epicuticular das folhas nas doses 2g e 6 g de ácido silícico por quilo de solo. A dose de 6 g de ácido silícico por quilo de solo apresenta efeito negativo na fotossíntese potencial em mudas de cafeeiro. A adição de ácido silícico ao solo não altera a anatomia do caule nem a concentração de lignina, clorofila *a*, *b* e carotenoides.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon in cucumber plants grown in recirculation nutrient solution. *Annals Botany*, London, v. 58, n. 3, p. 343-357, Sept. 1986.

ALVES, E. **Curso introdutório de microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 43 p. (Texto acadêmico).

AMARAL, D. R. **Indução de resistência em cafeeiro contra *Cercospora coffeicola* por eliciadores abióticos e extratos vegetais**. 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

AMARAL, D. R.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; BOREL, J. C.; MACLEOD, R. E. O.; PÁDUA, M. A. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra

*Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 425-431, 2008.

BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G. de; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 582-588, nov./dez. 2005.

DELIEU, T.; WALKER, D. A. Polarographic measurement of photosynthesis oxygen evolution by leaf discs. **New Phytologist**, Cambridge, v. 89, n. 2, p. 165-178, 1981.

DELIEU, T.; WALKER, D. A. Simultaneous measurement of oxygen evolution and chlorophyll fluorescence from leaf pieces. **Plant Physiology**, Rockville, v. 73, n. 3, p. 534-541, 1983.

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

FERNANDES, C. D. **Efeito de fatores do ambiente e da concentração de inóculo sobre a Cercosporiose do cafeeiro**. 1988. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Versão 4.1. Lavras: UFLA, 2000. Software.

*Coffee Science*, Lavras, v. 4, n. 2, p. 93-99, jul./dez. 2009

- GUÉVEL, M. H.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 119, p. 429-436, 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; VENEGAS, V. H. A.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. S.; MALAVOLTA, E.; CORREA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. Cafeeiro. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 289-302.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. **Possíveis interações entre o silício e o Declínio**. Disponível em: <[http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Arquivos%20Papers/Rev.Citric.Atual%202002%20-%20Interacoes%20Si%20x%20Declinio%204\(27\)12-13.pdf](http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Arquivos%20Papers/Rev.Citric.Atual%202002%20-%20Interacoes%20Si%20x%20Declinio%204(27)12-13.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2006.
- KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1997. 198 p.
- LIMA, L. M. de. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) com fungicidas e silício**. 2006. 81 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.
- MONTIES, B. Lignins. In: DEY, P. M.; HARBONE, J. B. (Eds.). **Methods in plant biochemistry**. New York: Academic, 1989. p. 113-158.
- NOJOSA, G. B. A. **Efeito de indutores na resistência de *Coffea arabica* L. a *Hemileia vastatrix* Berk & Br. e *Phoma costarricensis* Echandi**. 2003. 102 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e Conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 417-453.
- POZZA, A. A. A. **Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.) em mudas de cafeeiro**. 1999. 70 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.
- POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G. de; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 185-188, mar./abr. 2004.
- RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 58, n. 2, p. 179-207, 1983.
- SAVANT, N. K.; KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 22, p. 1853-1903, 1999.