

ROBERTO PENA BORJA

**O SILÍCIO NA RESISTÊNCIA DO CAFEIEIRO A
DOENÇAS**

LAVRAS - MG

2010

ROBERTO PENA BORJA

O SILÍCIO NA RESISTÊNCIA DO CAFEIEIRO A DOENÇAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Cafeicultura, para a obtenção do título de especialista em Cafeicultura.

Orientador

Prof. Edson Ampelio Pozza

LAVRAS - MG

2010

ROBERTO PENA BORJA

O SILÍCIO NA RESISTÊNCIA DO CAFEIEIRO A DOENÇAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Cafeicultura, para a obtenção do título de especialista em Cafeicultura.

APROVADO em ____ de _____ 2010

Prof. _____

Prof. _____

Prof. Edson Ampelio Pozza
Orientador

LAVRAS - MG
2010

AGRADECIMENTOS

À EMATER-MG, com seu programa de valorização de pessoas, que me propiciou fazer este curso.

À gerente da EMATER-MG, Uregi/Uberlândia, Patrícia Beatriz Freitas, que me estimulou a fazer o curso, bem como me apoiou em sua realização.

Aos professores do curso pela atenção, conhecimento demonstrado e competência para transmiti-lo.

À equipe de apoio do curso pela atenção e dedicação, facilitando o nosso trabalho.

À equipe da EMATER-MG de Monte Carmelo que me propiciou o ambiente necessário para a execução deste trabalho.

Ao ex-funcionário da EMATER-MG, professor universitário, médico veterinário Bemvindo Almeida de Aguiar pelo apoio incondicional.

À estudante universitária Sandra Rodrigues que me apoiou na formatação final deste trabalho.

RESUMO

Essa pesquisa bibliográfica reuniu trabalhos científicos que avaliaram o efeito do silício na resistência do cafeeiro a doenças. Verificou-se, que a maioria dos estudos realizados utilizou como fonte deste nutriente, silicatos que possuem em sua composição cálcio e potássio, nutrientes com influência no progresso de doenças. Diante disso, fica patente a necessidade de se fazer mais pesquisas utilizando fontes puras de silício, como o ácido silícico, para se avaliar melhor qual a real influência do silício no controle de doenças do cafeeiro. Como o cafeeiro é uma planta não acumuladora de silício e como experimento realizado em 2004 na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Lavras, encontrou picos de silício nas folhas de mudas de 7 meses de idade e outro trabalho realizado na Universidade Federal de Lavras, em 2009, não encontrou picos em mudas de 4 meses, seria interessante que se realizassem mais microanálises de raios X em folhas de cafeeiro, após adição de silício ao solo.

Palavras-chave: silício, cafeeiro, resistência a doenças, silicatos, microanálise de raios-X.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

A cultura do café (*Coffea arabica L.*) 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 et al., 2002). A cafeicultura impõe um constante desafio aos produtores, devido ao grande número de doenças e pragas que ocorrem durante praticamente todo o ciclo. Como toda cultura em geral, está sujeita à incidência de problemas fitossanitários de origem biótica e abiótica que atacam as diferentes partes da planta, influenciando direta ou indiretamente na produção. As limitações fitossanitárias têm-se acentuado com a expansão da cultura nos mais variados tipos de clima e solo.

A nutrição mineral é um fator ambiental passível de ser manipulado pelo homem com relativa facilidade e utilizada como complemento ou método alternativo no controle de doenças (MARSCHNER, 1995). Entre os elementos minerais, o silício tem proporcionado resultados promissores no controle de doenças em plantas, embora não atenda aos critérios de essencialidade. O silício é considerado elemento útil ou benéfico para as plantas (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995) e segundo Epstein (1999), plantas em ambiente enriquecidos com silício 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.

O silício é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, depois do oxigênio.

Nos solos, o silício solúvel ou disponível para as plantas (H_4SiO_4 – ácido monossilícico) pode ter origem nos processos de intemperização dos minerais primários e particularmente dos minerais secundários como os argilo-silicatos.

Na planta, o Si absorvido tem efeitos benéficos relacionados principalmente com o aumento da resistência ao ataque de pragas, nematóides e doenças, diminui a taxa de transpiração e confere maior eficiência fotossintética.

Apesar de o silício não ser considerado um elemento essencial, os benefícios da utilização desse elemento na agricultura vêm sendo cada vez mais reconhecidos e comprovados por cientistas de todo o mundo.

Um número grande de materiais tem sido utilizado como fonte de Si para as plantas: escórias de siderurgia, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio (serpentinito) e silicato de potássio (KORNDORFER et al., 2004).

O controle de doenças do cafeeiro da maneira convencional (com uso indiscriminado de agrotóxicos) constitui-se num importante componente na composição do custo final do produto, além de ser fonte de contaminação ambiental e intoxicação humana. Desta forma, é importante pesquisar e divulgar alternativas de controle sustentáveis para compor o esquema de manejo dessas doenças.

Os mecanismos de supressão dos patógenos pelo hospedeiro tratado com silício ainda não são muito bem conhecidos. Existem duas propostas para explicar essa supressão: o acúmulo do silício na parede celular, que impede a penetração do fungo nos tecidos da planta (BOWEN et al., 1992) e a ativação dos mecanismos naturais de defesa da planta, como por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina. Além disso, há uma possível interação entre as barreiras físicas e químicas.

A presença do silício tem sido relacionada, principalmente, ao aumento da resistência contra pragas e doenças e tolerância à toxidez. Os efeitos do Si são usualmente expressos sob condições de estresse, tanto abiótico como biótico. Estruturalmente, proporcionam mudanças anatômicas nos tecidos, como células epidérmicas com a parede celular mais espessa devido à deposição de sílica, favorecendo a melhor arquitetura das plantas, além de aumentar a capacidade fotossintética e resistência às doenças. O Si ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários do metabolismo, como os polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa, além da produção suplementar de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras ao patógeno.

A resistência de um hospedeiro, dentro do contexto da fisiologia do parasitismo, pode ser definida como a capacidade da planta em atrasar ou evitar a entrada e/ ou a subsequente atividade de um patógeno em seus tecidos. Cada interação hospedeiro-patógeno pode ser encarada como uma luta entre dois organismos pela sobrevivência. Os fatores de resistência incluem aqueles já presentes nas plantas antes do contato com os patógenos ou os que se mostram ausentes ou presentes em baixos níveis antes da infecção, sendo produzidos ou ativados em resposta à presença dos patógenos. Dentre esses fatores estão as respostas bioquímicas que ocorrem nas células do hospedeiro produzindo substâncias que se mostram tóxicas ao patógeno ou criam condições adversas para o crescimento do mesmo no interior da planta. Neste contexto, várias enzimas têm sua produção e/ ou atividade alteradas nas plantas em resposta à presença de patógenos (PEREIRA, 2007).

A resistência induzida pelo silício é expressa de diversas formas localmente no sítio de ataque do patógeno e sistemicamente em partes não infectadas da planta. Os mecanismos de defesa envolvidos incluem a combinação de mudanças físicas tais como lignificação da parede celular, formação de papilas ou indução de várias proteínas de defesa. Dentre as enzimas

de defesas da planta, a peroxidase, uma proteína relacionada à patogênese muito estudada, catalisa um grande número de reações. Sua atividade é frequentemente aumentada em respostas aos estresses, sendo a proteção celular contra reações oxidativas, uma das principais funções destas enzimas. A oxidação de alcoóis hidroxicinâmicos, precursores imediatos de lignina, é catalizada por peroxidases, resultando na produção de radicais fenoxi-mesoméricos que reagem espontaneamente durante a deposição de lignina na parede celular, aumentando sua resistência. Outra importante enzima de defesa, também muito estudada, é a polifenoloxidase. Essa enzima é liberada dos tilacóides após a ruptura da célula pelo processo de penetração do patógeno, oxidando os compostos fenólicos à quinonas, as quais são muito mais tóxicas aos microrganismos do que o próprio fenol original. As polifenoloxidases também participam do processo de lignificação durante a invasão pelo patógeno.

Pozza et al. (2004) observaram que o aumento da resistência do cafeeiro à cercosporiose deveu-se ao maior espessamento da cutícula e ao aumento da absorção de micronutrientes pelas plantas tratadas com silício. Estes autores obtiveram imagens em microscopia eletrônica de varredura, nas quais observaram a presença de uma cutícula mais espessa cobrindo parcialmente os estômatos na superfície inferior da folha das mudas de cafeeiro tratadas com silicato de cálcio no solo. Os autores observaram que o espessamento da cutícula, devido principalmente à formação de uma camada de cera epicuticular mais espessa, dificultou a penetração diretamente através da cutícula ou por estômatos. Essa camada de cera epicuticular pode ter tornado a superfície mais hidrofóbica, impedindo a formação do filme de água, importante para os processos vitais da patogênese como a germinação e a penetração, além de permitir o acúmulo de substâncias antifúngicas na cutícula.

O objetivo desta pesquisa foi reunir trabalhos científicos que estudaram o efeito do silício na resistência do cafeeiro a doenças na busca de formas de controle sustentáveis do ponto de vista econômico-ambiental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pozza et al. (2004) avaliaram a aplicação de silício (1g de silicato de cálcio incorporada em 1kg de substrato utilizado para encher os tubetes) no controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em três variedades de cafeeiro (catuaí, mundo novo e icatú). Neste experimento foram observadas interações significativas entre as variedades e a presença de silício em relação à intensidade da doença. As plantas da variedade catuaí com silício incorporado ao substrato apresentaram 63,2% menos folhas lesionadas e 43% menos lesões, quando comparadas à testemunha. Também houve diferença significativa entre as variedades. A catuaí e a mundo novo apresentaram maior número médio de folhas doentes e lesões por planta do que a icatú (Tabela 1).

Tabela 1 Porcentagem de folhas de café (*Coffea arabica*), lesionadas por *Cercospora coffeicola*, por planta e total de lesões por planta, nas variedades catuaí, mundo novo e icatú, com e sem aplicação de silicato ao substrato para mudas em tubetes.

Variedade	Folhas lesionadas por planta (%)			Total de lesões por planta		
	Com silicato	Sem silicato	Média	Com silicato	Sem silicato	Média
Catuaí	16,0 a	25,3 b	20,6 B	18,8 a	43,3 b	31,1B
Mundo Novo	22,9 ns	23,3 ns	23,1 B	24,2 ns	30,5 ns	27,4 B
Icatú	14,5 ns	16,0 ns	15,3 A	13,3 ns	21,8 ns	19,1 A

ns – não significativo. Letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si (Tukey, 5%)

Segundo Matiello e Almeida (1997), a variedade icanú apresentou maior resistência à cercosporiose. Plantas resistentes à doença apresentam menor resposta à aplicação de silício, desta forma, a resposta da variedade icanú foi semelhante à proporcionada pelo silício nas variedades catuaí e mundo novo. Rodrigues et al. (2001) também encontraram menores respostas à aplicação de CaSiO_3 nas variedades resistentes de arroz, para o controle da rizoctoniose causada por *Rhizoctonia solani* Khum.

Na Universidade Federal de Lavras, Botelho et al. (2005) avaliaram o efeito dos silicatos de cálcio e de sódio sobre a intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*), cultivar Catuaí IAC 99, nas doses 0; 0,32; 0,64; 1,26g de SiO_2/kg de substrato. Neste experimento chegaram à conclusão que a área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD) apresentou diferença significativa para as doses de silício. Observou-se decréscimo linear de 10,8% na porcentagem de plantas doentes com aumento das doses de SiO_2 aplicadas ao substrato. Na maior dose de silício (1,26g/kg substrato) ocorreu a menor AACPPD (Figura 1).

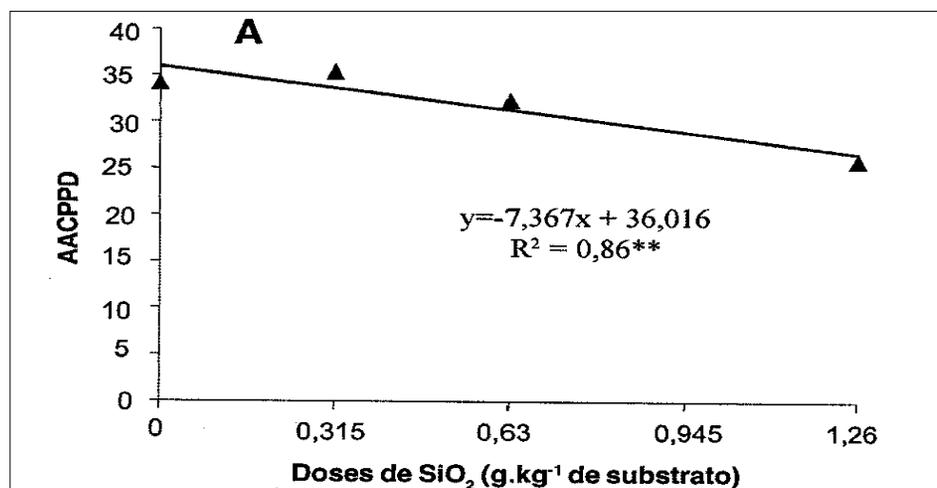


Figura 1 Área abaixo da curva de progresso do número de plantas doentes (AACPPD) para a cercosporiose do cafeeiro, em função das doses crescentes de silício aplicadas ao substrato.

O experimento de Cogo et al. (2008) corrobora com a pesquisa de Pozza et al. (2004) e Botelho et al. (2005). Os autores avaliaram o efeito de diferentes dosagens do silicato de cálcio e magnésio (0; 75; 150; 225; 300g/m²) via solo no controle da cercosporiose em mudas de cafeeiro em viveiro. Ao analisarem os dados das porcentagens médias de plantas afetadas pelo fungo, verificaram que o uso de silicato de cálcio e magnésio em viveiro diminuiu, estatisticamente, o número de plantas doentes. Concluíram, então, que nas condições em que foi realizado o experimento, o uso de silicato de Ca e Mg, via solo, é eficiente no controle da doença em viveiro de mudas e que a dosagem de maior eficiência é 198,7g/m² (Figura 2).

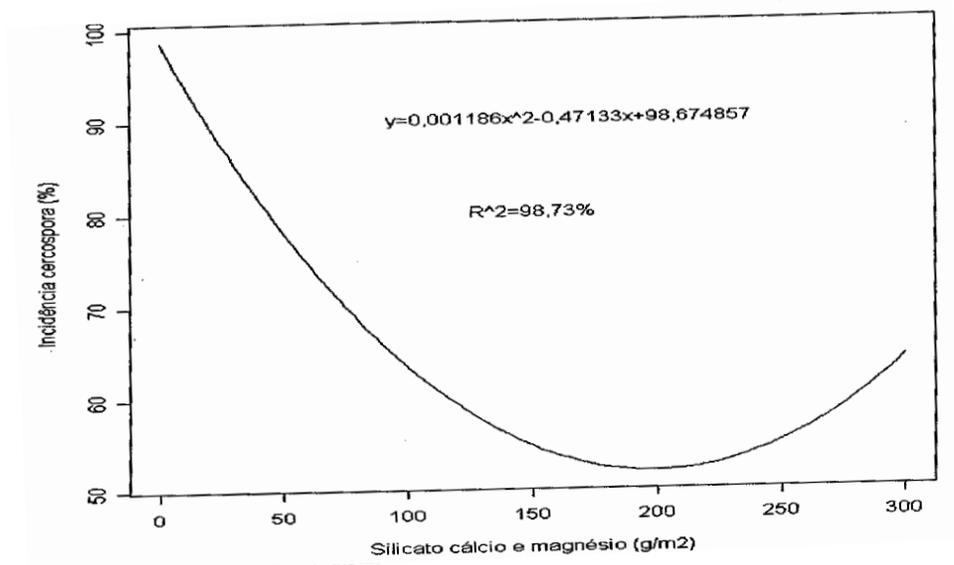


Figura 2 Representação gráfica da equação de regressão e coeficiente de determinação da incidência da *Cercospora coffeicola* em função das doses de silicato de cálcio e magnésio.

Já Amaral et al. (2008) estudaram o efeito de doses de silicato de potássio, em pulverizações foliares, na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola* em condições de casa de vegetação e campo. Utilizou-se em casa de vegetação o silicato de potássio nas doses de 0,75; 1,5; 3,0; 6,0ml/l de água, sendo que a dose de 1,5ml/l proporcionou maior proteção da cercosporiose em mudas de cafeeiro, sendo esta dose utilizada no campo. No campo, o silicato de potássio proporcionou proteção de 31% em relação à testemunha, ao passo que o fungicida epoxiconazole+piraclostrobin (Opera) proporcionou proteção de 61%. Em casa de vegetação, o decréscimo da doença observado foi da ordem de 47% da dose 1,5ml para a testemunha. Para as maiores doses de silicato de potássio, foi observada maior severidade da doença (Figura 3).

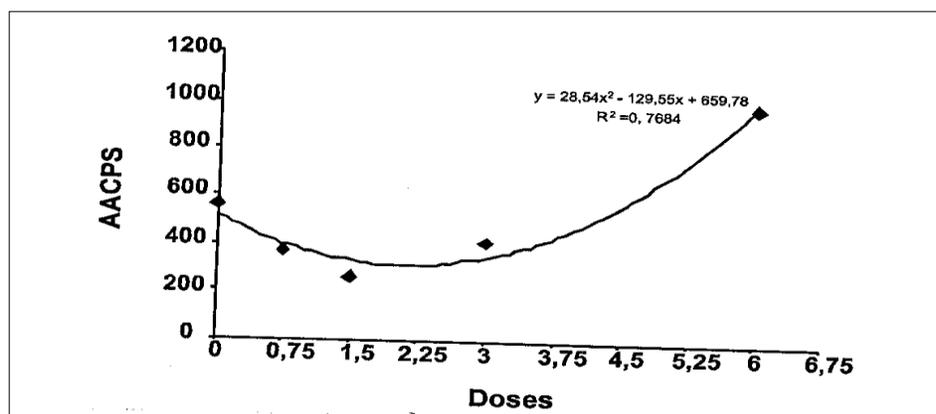


Figura 3 Efeito de doses de silicato de potássio na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), em casa de vegetação.

Esta maior severidade pode ser explicada pelo aumento de potássio nas plantas. Pozza et al. (2001) e Garcia Junior et al. (2003) observaram que o aumento nas doses de potássio proporcionou maior incidência e severidade de cercosporiose do cafeeiro. De acordo com Marschner (1995), o K presente em elevadas quantidades nos tecidos vegetais, pode interferir na translocação e na disponibilidade fisiológica do Mg e do Ca, resultando em desordens metabólicas e levando a maior severidade de doenças.

De forma semelhante ao que ocorreu em relação à cercosporiose do cafeeiro, observou-se que o aumento das doses de silício proporcionou diminuição linear da severidade da ferrugem do cafeeiro (MARTINATI et al., 2008).

Por outro lado, Reis et al. (2008) demonstraram que pulverizações foliares com silício líquido solúvel, em lavoura de café, não aumentaram o teor de silício nas folhas, mas que a associação do produto com o fungicida potencializou a ação deste, permitindo utilizar metade da dose recomendada do mesmo sem comprometer os resultados no controle da ferrugem e cercospora.

Também na Universidade Federal de Lavras, Botelho et al. (2009) estudaram o efeito do silício na intensidade da cercosporiose e na nutrição mineral de mudas de cafeeiro. Foi utilizado o ácido silícico nas dosagens 0; 0,5; 1; 2; 4 e 6 g/kg de solo.

Observou-se que a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI), a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e a área abaixo da curva de progresso do número de folhas lesionadas por planta (AACPNFL) não diferiram significativamente com a adição de doses crescentes de ácido silícico ao solo de plantio. No entanto, observou-se decréscimo linear na área abaixo da curva de progresso do número de lesões/folha (AACPNLF) com o aumento das doses de Si no solo, com redução de 29,5% da menor (0 g/kg) para a maior (6 g/kg) dose de ácido silícico, (Figura 4).

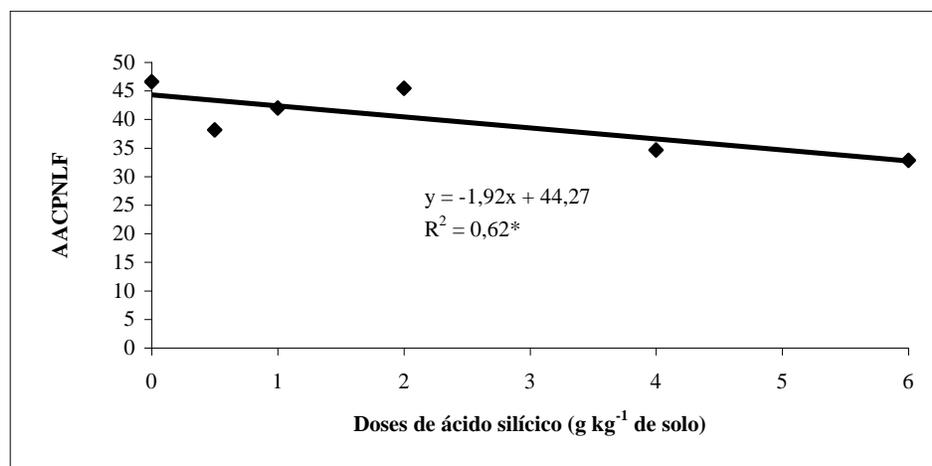


Figura 4 Área abaixo da curva de progresso do número de lesões de cercosporiose por folha (AACPNLF) de mudas de cafeeiro em função das doses de ácido silícico aplicadas via solo.

A adição de doses crescentes de ácido silícico ao solo de plantio não alterou os teores foliares de silício nas mudas de cafeeiro. Bezerra (2000),

estudando o efeito de silicato de cálcio em cafeeiros adultos na redução da intensidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*), não encontrou diferenças nos teores de Si nas folhas adubadas com silicato, quando comparadas com as da testemunha. O teor de fósforo nos tecidos foliares aumentou até a dose 0,18 g de ácido silícico, com posterior decréscimo. De acordo com Tisdale et al. (1985) há competição do fosfato e silicato pelos mesmos sítios de absorção, podendo o silicato deslocar o fosfato previamente adsorvido, melhorando desta forma a disponibilidade de fósforo para a planta. Observou-se aumento nos teores de enxofre, cobre e boro, sendo para o enxofre resposta linear e para o cobre e o boro a partir das doses 1 e 4 mg, respectivamente. Já o teor de magnésio decresceu linearmente com aumento das doses de ácido silícico adicionadas ao solo de plantio de mudas de cafeeiro.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o silício favoreceu a redução da cercosporiose em mudas de cafeeiro, são necessárias mais pesquisas utilizando fontes puras de silício, como o ácido silícico (H_4SiO_4), para avaliar o real efeito deste elemento na resistência do cafeeiro a doenças. É de suma importância que se intensifiquem as pesquisas no que diz respeito ao emprego da tecnologia baseada na suplementação com silício, que é uma técnica sustentável com enorme potencial para diminuir o uso de agroquímicos e aumentar a produtividade por meio de uma nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente na indução de resistência a doenças.

O uso de silicato de cálcio no substrato para a produção de mudas do cafeeiro pode ser uma importante ferramenta para auxiliar no controle da cercosporiose nesta fase da lavoura.

REFERÊNCIAS

AMARAL, D. R. et al. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 425-430, nov./dez. 2008.

BEZERRA, H. R. **Estudo do silício no controle da ferrugem e na produtividade do cafeeiro**. 2000. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

BOTELHO, D. M. S. et al. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 582-587, nov./dez. 2005.

BOTELHO, D. M. S. et al. **Silício na intensidade da cercosporiose e na nutrição mineral de mudas de cafeeiro**. 2009. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

COGO, F. D. et al. O efeito do uso de silício, via solo, no controle de cercospora (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiros. In: JORNADA CIENTÍFICA, 1.; FEIRA INTEGRADA DE PRODUTOS AGROINDUSTRIAIS, 6., 2008, Bambuí. **Anais...** Bambuí: CEFET, 2008.

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

GARCIA JÚNIOR, D. et al. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, maio/jun. 2003.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 28 p. (Boletim técnico, n. 1).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MARTINATI, J. C. et al. The potential use of a silicon source a component of an ecological management of coffee plants. **Journal of Phytopathology**, Bari, v. 156, p. 458-463, Apr. 2008.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **Variedades de café – como escolher, como plantar**. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ, 1997. 64 p.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil – novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ; Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2002.

PEREIRA, S. C. **Silício como potencializador da atividade de enzimas de defesa à ferrugem em plantas de café e soja**. 2007. 70 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

POZZA, A. A. A. et al. 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.

POZZA, A. A. A. et al. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2001.

REIS, T. H. P. et al. Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffe Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 76-80, jan./jun. 2008.

RODRIGUES, F. et al. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, n. 8, p. 827-832, Aug. 2001.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, D. J. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: MacMillan, 1985. 754 p.