



# Componentes epidemiológicos da ferrugem do cafeeiro afetados pela aplicação foliar de silicato de potássio

Vivian Carré-Missio<sup>1</sup>, Fabrício Ávila Rodrigues<sup>1</sup>, Daniel Augusto Schurt<sup>1</sup>, Dalilla Carvalho Rezende<sup>1</sup>, Wiler Ribas Moreira<sup>1</sup>, Gaspar Henrique Korndörfer<sup>2</sup> & Laércio Zambolim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, 38400-602, Uberlândia, MG, Brasil

Autor para correspondência: Fabrício A. Rodrigues, e-mail: fabricio@ufv.br

## RESUMO

A ferrugem, causada por *Hemileia vastatrix*, é a doença mais importante do cafeeiro. Existe uma necessidade urgente de se obter métodos alternativos de controle dessa doença que sejam menos nocivos ao meio ambiente. Este estudo avaliou o efeito da aplicação foliar de soluções de silicato de potássio (SP) nas doses de 0, 8, 20, 40 e 60 g/L, em pH 5,5 e 10,5, na intensidade da esporulação (IE) de *H. vastatrix*, número total de pústulas (NTP) por folha e severidade da ferrugem. Avaliou-se também o efeito dessas doses de SP, do fungicida oxiclóreto de cobre (7,5 g/L) e da água destilada estéril em pHs 5,5, 7,5 e 10,5 na inibição da germinação de uredósporos de *H. vastatrix*. A concentração foliar de silício (Si) e de potássio (K) também foi determinada. A IE, o NTP e a severidade responderam de forma quadrática e negativa às doses crescentes de SP em pH 5,5 ou 10,5. Para as doses crescentes de SP em pH 5,5 ou 10,5, a resposta da IE, do NTP e da severidade foi linear e negativa. A concentração foliar de Si respondeu de forma linear e positiva às doses crescentes de SP com pH 5,5. Não houve efeito significativo das doses crescentes de SP em pH 10,5 na concentração foliar de Si e nem das doses crescentes de SP, nos dois valores de pH, na concentração foliar de K. A inibição da germinação dos uredósporos de *H. vastatrix* respondeu de forma linear e positiva às doses crescentes de SP nos três valores de pH. O fungicida oxiclóreto de cobre reduziu significativamente a germinação dos uredósporos em comparação com as aplicações de SP. Os resultados desse trabalho apontam para a possibilidade da pulverização de solução de SP, em pH mais alcalino, visando reduzir a intensidade da ferrugem do cafeeiro.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, nutrição mineral.

## ABSTRACT

### Epidemiological components of coffee rust affected by foliar application of potassium silicate

Leaf rust, caused by *Hemileia vastatrix*, is the most important coffee disease. Alternative methods of management of this disease that are less damaging to the environment than fungicide applications are urgently needed. This study aimed at evaluating the effect of foliar applications of potassium silicate (PS) solutions at concentrations of 0, 8, 20, 40, and 60 g/L, at pHs 5.5 and 10.5, on sporulation intensity of *H. vastatrix* (SI), total number of pustules (TNP) per leaf, and on coffee leaf rust severity. The effect of the applications of PS at the selected rates, of copper oxychloride (7.5 g/L), and of sterile distilled water at pH 5.5, 7.5, and 10.5 on the inhibition of *H. vastatrix* uredospores germination was also tested and the foliar concentration of silicon (Si) and potassium (K) was determined. A quadratic regression model best described the effect of PS applications, at pH 5.5 or 10.5, on SI, TNP, and severity. The relationship between SI, TNP, or severity and PS applications, at pH 5.5 or 10.5, was linear and negative. Si concentration in leaves increased as the concentration of PS solutions utilized (at pH 5.5) increased from 0 to 60 g/L. There was no effect of PS applications, at pH 10.5, on Si concentration in leaves. K concentration did not change as the PS rates increased from 0 to 60 g/L, both at pHs 5.5 and 10.5. A linear regression model adequately described the relationship of inhibition of uredospores germination versus PS concentrations at the three pHs values. Copper oxychloride significantly reduced uredospore germination as compared with the PS applications. The results from this study highlight the possibility of using PS spray, in a more alkaline pH, as a treatment for reducing coffee leaf rust intensity.

**Key words:** *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, mineral nutrition.

## INTRODUÇÃO

A ferrugem, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berkeley et Broome, ocorre em todas as regiões produtoras de café (*Coffea arabica* L.) do Brasil. Os danos na produção,

em condições climáticas favoráveis para epidemias severas, variam de 35 a 50% (Zambolim et al., 2002). No Brasil, utiliza-se, em grande escala, a aplicação foliar de fungicidas cúpricos e sistêmicos para reduzir a intensidade da ferrugem (Matiello et al., 2002; Zambolim et al., 2002). Entretanto, o uso contínuo de fungicidas ocasiona o surgimento de populações do fungo resistentes a fungicidas. A utilização de cultivares resistentes à ferrugem é outra medida de controle de fácil utilização pelos cafeicultores, mas o

Parte da Tese de Doutorado da primeira autora. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa MG. 2008.

aparecimento de novas raças do fungo pode ocasionar a supressão da resistência desses cultivares (Várzea et al., 2002).

O uso do silício (Si) apresenta-se como uma alternativa viável no manejo de várias doenças em espécies de dicotiledôneas (Liang et al., 2005; Fauteux et al., 2006; Datnoff et al., 2007). Os estudos relacionados com a redução da intensidade de doenças pelo Si, em sua maioria, abordam o fornecimento desse elemento às raízes das plantas em ensaios conduzidos em solo e/ou solução nutritiva, havendo pouca informação a respeito da aplicação foliar de Si. A aplicação de silicato de potássio tem a capacidade de afetar o desenvolvimento de alguns patógenos através da formação de barreira física após a sua polimerização na superfície da folha ou pelo efeito osmótico devido à sua natureza alcalina (Kaiser et al., 2005; Liang et al., 2005; Guével et al., 2007).

A hipótese da barreira física tem sido considerada tanto para as dicotiledôneas como para as monocotiledôneas, embora apenas essas últimas sejam classificadas como acumuladoras de Si pela absorção passiva e ativa (Ma & Takahashi, 2002). Em estudos realizados com trigo, as plantas não foram eficientes em absorver o Si após a aplicação foliar de silicato de potássio, mas houve redução na severidade do oídio (Guével et al., 2007).

A aplicação foliar de silicato de potássio em folhas de videira reduziu em 14% o número de colônias de *Uncinula necator* e afetou a germinação dos conídios (Bowen et al., 1992). Liang et al. (2005) compararam o fornecimento do Si via foliar e em solução nutritiva e constataram que essas duas formas de fornecimento foram eficientes em controlar o oídio em pepineiro. Entretanto, quando o Si foi absorvido pelas raízes em solução nutritiva, a redução na severidade do oídio foi mais acentuada, devido ao aumento na atividade de peroxidases, polifenoloxidasas e quitinasas. Não houve aumento na atividade dessas enzimas em folhas de plantas que receberam a aplicação foliar de Si e a redução na severidade do oídio foi atribuída à barreira física formada pela polimerização do silicato e ao efeito osmótico.

Pozza et al. (2004) avaliaram o efeito do Si fornecido via solo no controle da cercosporiose do cafeeiro e observaram redução de 63,2% de folhas lesionadas e 43% no número de lesões em relação às plantas crescidas na ausência desse elemento. Carré-Missio et al. (2009a) observaram que em mudas de cafeeiro (cv. Catuaí 44) crescidas em solução nutritiva contendo Si não houve aumento no período de incubação e no período latente da ferrugem e nem mesmo redução no número de pústulas por folha, área pustular, expansão de pústulas e área abaixo da curva do progresso da ferrugem. Também não observaram aumento na atividade das enzimas quitinasas,  $\beta$ -1,3-glicanases e peroxidases. Pereira et al. (2009) relataram redução na severidade da ferrugem do cafeeiro com a aplicação foliar de solução de SP, em pH 5,5 e 10,5, porém não houve aumento na atividade das enzimas quitinasas,  $\beta$ -1,3-glicanase, peroxidases, polifenoloxidasas, fenilalanina amônia liases e lipoxigenases.

Considerando a importância da ferrugem na cultura do cafeeiro e a necessidade de se obter alternativas de controle que sejam menos nocivas ao meio ambiente que a aplicação de fungicidas, este trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação foliar de silicato de potássio em alguns componentes da resistência do cafeeiro à ferrugem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Condições de cultivo das mudas de cafeeiro

Sementes de café (*C. arabica*) da cultivar Catuaí vermelho 44 foram semeadas em leito de areia umedecida. Após 60 dias, as plântulas, no estágio de orelha de onça, foram transplantadas para vasos plásticos contendo 1 kg de substrato composto de uma mistura de solo deficiente em Si (Rezende et al., 2009), esterco de curral curtido e areia lavada na proporção de 2,5:1:0,5. A acidez do solo foi corrigida com 1,5 g de calcário dolomítico aos 30 dias antes do transplantio. As plântulas foram fertilizadas aos três dias após transplantio com 25 mL de solução nutritiva (Novais et al., 1991) e depois a cada sete dias.

### Efeito da aplicação foliar do silicato de potássio no desenvolvimento da ferrugem

O 2° e o 3° pares de folhas de cafeeiro, considerando-se como primeiro par as folhas abaixo da gema apical, foram pulverizados com soluções de silicato de potássio (SP) (Fertisil®, PQ Silicas Brazil Ltda, São Paulo, SP) nas doses de 0, 8, 20, 40 e 60 g/L com pH 10,5 e 5,5. O pH do SP foi reduzido de 10,5 para 5,5 pela adição de solução de ácido fosfórico 5 M. Em outro experimento, o 2° e o 3° pares de folhas de cafeeiro, considerando-se como primeiro par as folhas abaixo da gema apical, foram pulverizados com água destilada, o fungicida epoxiconazole (1 ml/L), SP (40 g/L) e hidróxido de potássio (6,5 g/L). O pH original da solução de hidróxido de sódio foi de 10,5 e foi reduzido para 5,5 pela adição de ácido fosfórico 5 M. O tratamento com hidróxido de sódio foi utilizado para equilibrar a concentração de potássio (K) com a quantidade presente na dose de 40 g/L de SP.

Após 24 h da aplicação dos tratamentos, foi realizada a inoculação da face abaxial dos 2° e 3° pares de folhas de mudas com quatro pares de folhas com uma suspensão de uredósporos (1 mg/mL) de *H. vastatrix*, utilizando-se atomizador Paasche (modelo VL-SET) alimentado por sucção. Folhas de cafeeiro (cv. Catuaí vermelho 44) da área experimental do Departamento de Fitopatologia foram utilizadas para a obtenção dos uredósporos de *H. vastatrix*. Os uredósporos foram recolhidos das folhas contendo pústulas, utilizando-se um pincel de cerdas macias, e mantidos em ampolas de vidro em dessecador a 4°C. A viabilidade dos uredósporos foi avaliada antes da inoculação das mudas. Para tal, uma alíquota de 50  $\mu$ L de uma suspensão de uredósporos (1 mg/mL) foi colocada em cinco placas de Petri contendo ágar-água a 2%. Em seguida, as placas foram mantidas a 22°C no escuro. Determinou-se o

percentual de uredósporos germinados, sob microscópio de luz, às 16 h após o início do teste, paralisando a germinação com lactofenol. Os uredósporos utilizados no preparo da suspensão tiveram germinação de 35%. Após a inoculação, as plantas foram transferidas para câmara úmida (UR > 95%,  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ), onde permaneceram no escuro por 48 h. Posteriormente, as mudas foram transferidas para câmara de crescimento a  $22^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 h com luz fluorescente ( $7,35 \text{ Wm}^{-2}$ ) até a finalização do experimento.

Avaliou-se a intensidade da esporulação (IE), o número total de pústulas (NTP) por folha e a severidade da ferrugem aos 40 dias após a inoculação (dai) das mudas. A IE foi avaliada de acordo com uma escala de notas de 1 a 3, em que: 1 - pústulas com pouca esporulação (coloração amarelo-claro); 2 - pústulas com esporulação intermediária (coloração amarelo-intenso); e 3 - pústulas com intensa esporulação (coloração alaranjado-intensa). A severidade da ferrugem foi avaliada no 2º e 3º pares de folhas, utilizando-se a escala proposta por Kushalappa (1978). Essa escala consiste em três diagramas de folhas de cafeeiro com 30, 50 e 70% de suas áreas marcadas que indicam a severidade, sendo que em cada folha uma quantidade conhecida de área com 1, 3, 5, 7 e 10% é ocupada por pústulas individuais que coalesceram.

As folhas das mudas inoculadas das repetições de cada tratamento foram coletadas no final do experimento, lavadas com água deionizada, secadas em estufa com ventilação forçada de ar a  $60^\circ\text{C}$  por 72 horas e trituradas em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh. A concentração foliar de Si foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004) e a de K por espectrometria de absorção atômica.

Os experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito repetições por tratamento. Cada repetição foi constituída por um vaso plástico contendo uma muda de cafeeiro. Os experimentos foram repetidos e os dados de cada variável avaliada foram combinados após a homogeneidade de variância ser confirmada pelo teste de Bartlett (Gomez & Gomez, 1994). Os dados da IE, NTP, severidade e concentração de Si e de K foram submetidos à análise de regressão em função das doses de SP utilizadas. As médias dos tratamentos água destilada, epoxiconazole, SP e hidróxido de sódio para as variáveis NTP, SEV e concentração de Si e de K foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### **Efeito de doses de SP na inibição da germinação de uredósporos de *H. vastatrix***

Os tratamentos utilizados para esse experimento foram: soluções de SP nas doses de 8, 20, 40 e 60 g/L com pH 5,5; 7,5 e 10,5; fungicida oxiclreto de cobre (7,5 g/L) e água destilada estéril (pH 5,5; 7,5 e 10,5). O oxiclreto de cobre e a água destilada estéril serviram como controles. O pH das soluções de SP foi alterado pela adição de ácido fosfórico 5 M. O pH da água foi reduzido ou aumentado

utilizando-se, respectivamente, soluções de ácido fosfórico e hidróxido de sódio, ambos a 5 M. Uma alíquota de 40  $\mu\text{L}$  de uma suspensão de uredósporos de *H. vastatrix* (1 mg/mL) e outra de 40  $\mu\text{L}$  de cada solução de SP, além de oxiclreto de cobre e água, foram colocadas em placas de Petri (4 cm de diâmetro) contendo ágar-água solidificado seguido de homogeneização com alça de Drigalsky. Em seguida, as placas de Petri foram deixadas a  $22^\circ\text{C}$ , no escuro, avaliando-se o percentual de germinação de uredósporos 16 h após o início do teste, quando a germinação dos uredósporos foi interrompida pela adição de lactofenol à superfície do meio. A superfície do meio em cada placa de Petri foi observada sob microscópio de luz. Considerou-se como uredósporo germinado aquele com tubo germinativo maior ou igual à sua largura. O experimento foi instalado em DIC com 16 tratamentos e cinco repetições. Cada repetição foi representada por uma placa de Petri. A porcentagem de inibição da germinação de uredósporos foi calculada para cada dose de SP em relação ao tratamento com água destilada estéril e os dados foram submetidos à análise de regressão. O experimento foi repetido e os dados de cada variável foram combinados após a homogeneidade da variância ser confirmada pelo teste de Bartlett (Gomez & Gomez, 1994).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para as doses crescentes de SP em pH 5,5, a concentração foliar de Si variou de modo linear e positivo (Tabela 1). A concentração foliar de Si não aumentou em função das doses crescentes de SP em pH 10,5 e o mesmo ocorreu para a concentração foliar de K independente do pH da solução de SP (Tabela 1). Os valores obtidos para a concentração foliar de Si no presente trabalho são considerados baixos em comparação com os relatos na literatura para diversas culturas (Rodrigues et al., 2001; Ma & Takahashi, 2002; Mitani & Ma, 2005). O arroz, a cana-de-açúcar e outras gramíneas, reconhecidas como acumuladoras de Si, chegam a apresentar até 5% de Si na matéria seca da parte aérea (Datnoff et al., 2007). Contrariamente, plantas de cafeeiro foram ineficientes em translocar o Si para a parte aérea quando cultivadas em solução nutritiva contendo 2 mmol Si/L (Carré-Missio et al., 2009a) ou absorver o Si da solução de SP em pH 10,5 pulverizada na parte aérea (Pereira et al. 2009).

Doses crescentes de Si reduziram os componentes epidemiológicos avaliados (IE, NTP e severidade). A redução teve tendência quadrática ( $P \leq 0,05$ ) às doses crescentes de SP com pH 10,5 (Tabela 2). Os menores valores para o IE, NTP e severidade ocorreram para as doses de 45, 42,5 e 36,7 g SP/L. Para as doses crescentes de SP em pH 5,5, houve redução dos componentes epidemiológicos estudados com tendência linear ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 2). A redução da intensidade de várias doenças, tanto em mono quanto em dicotiledôneas, tem sido obtida com o fornecimento de Si às plantas, via solo, solução nutritiva ou aplicação foliar

**TABELA 1** - Concentração foliar de silício (Si) e de potássio (K) em mudas de cafeeiro pulverizadas com doses de soluções de silicato de potássio (SP) com (pH 5,5) ou sem alteração (pH 10,5) do pH

Doses de SP (g/L)	Si (g/kg)		K (g/kg)	
	pH 5,5	pH 10,5	pH 5,5	pH 10,5
0	2,2	2,1	31,1	30,9
8	2,4	2,3	21,5	24,8
20	2,7	2,5	22,8	26,5
40	3,1	2,2	26,5	25,3
60	3,0	2,4	27,3	22,8
Significância	*	ns	ns	ns

\*significativo ( $P \geq 0,05$ ) com a equação de regressão  $Y = 2,13 + 0,03x$ ;  $R^2 = 0,81$ .

ns = não significativo.

**TABELA 2** - Índice de esporulação (IE), número total de pústulas (NTP) e severidade (SEV) da ferrugem em folhas de mudas de cafeeiro que receberam aplicação foliar de soluções de silicato de potássio com pH 10,5 e 5,5

Componentes epidemiológicos	Equações de regressão <sup>1</sup>	
	pH 10,5	pH 5,5
IE	$Y = 2,60 - 0,09x + 0,001x^2$ , $R^2 = 0,78$	$Y = 2,38 - 0,03x$ , $R^2 = 0,75$
NTP	$Y = 8,07 - 0,34x + 0,004x^2$ , $R^2 = 0,84$	$Y = 30,75 - 0,42x$ , $R^2 = 0,79$
SEV	$Y = 4,73 - 0,22x + 0,003x^2$ , $R^2 = 0,74$	$Y = 25,52 - 5,06x$ , $R^2 = 0,70$

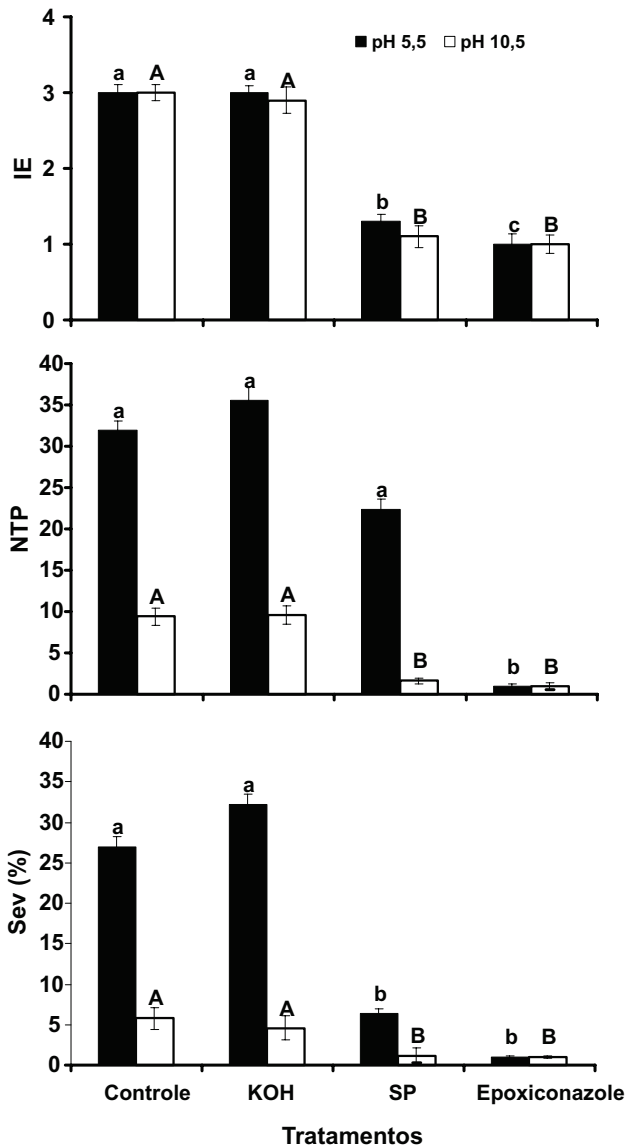
<sup>1</sup>todas as equações foram significativas ( $P = 0,001$ )

(Datnoff et al., 2007). De acordo com Carré-Missio et al. (2009a), não houve efeito do Si no período de incubação, no período latente, no número de pústulas por folha, na área pustular, na expansão de pústulas e na área abaixo da curva do progresso da ferrugem, quando plantas de cafeeiro cultivadas em solução nutritiva contendo Si. Por outro lado, a aplicação foliar de solução de SP, em pH 5,5 e 10,5 reduziu a severidade da ferrugem do cafeeiro sem promover aumento na atividade das enzimas quitinases,  $\beta$ -1,3-glicanases, peroxidases, polifenoloxidasas, fenilalanina amônia-liases e lipoxigenases (Pereira et al., 2009). No presente trabalho, é provável que a maior concentração foliar de Si obtida com a pulverização do SP em pH 5,5, além da barreira física formada pela deposição do SP após sua polimerização na superfície foliar ou até mesmo o efeito osmótico desse produto, em pH mais alcalino, tenha afetado o processo infeccioso de *H. vastatrix*, a exemplo do que foi relatado por Rezende et al. (2009) para o patossistema arroz-*Bipolaris oryzae*. Em outros patossistemas, a aplicação foliar de SP tem resultado em controle satisfatório de doenças, principalmente os míldios pulverulentos (Datnoff et al., 2007). Bowen et al. (1992) observaram que uma camada espessa de SP polimerizado na superfície de folhas de videira afetou a germinação dos ascósporos de *Uncinula necator*. Menzies et al. (1992) reportaram que a aplicação foliar de SP reduziu o número de colônias de *Podosphaeria xanthii* em folhas de pepino, melão e abóbora e, conseqüentemente, a severidade do míldio pulverulento. De acordo com Guével et al. (2007), a aplicação foliar de SP foi menos efetiva do que o fornecimento de Si via sistema

radicular visando o controle do míldio pulverulento em trigo, devido ao impedimento físico formado pelas placas de SP após a polimerização desse produto na superfície foliar. A aplicação foliar de SP em plantas de morango também reduziu a severidade da mancha de *Pestalotia* (Carré-Missio et al., 2009b).

No experimento realizado para isolar o possível efeito do K nos componentes epidemiológicos, não houve diferença significativa ( $P = 0,05$ ) entre o controle e o hidróxido de sódio pH 5,5 para IE e NTP (Figura 1), mas esses tratamentos foram significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ) do tratamento SP pH 5,5 apenas para IE e severidade. Os valores da IE, NTP e severidade foram significativamente menores ( $P \leq 0,05$ ) com aplicação do epoxiconazole em relação à aplicação de SP pH 5,5. Porém, com a aplicação de SP pH 5,5, houve redução significativa da IE e severidade em comparação com os controles e o hidróxido de sódio pH 5,5. Não houve diferença significativa ( $P = 0,05$ ) entre os tratamentos SP pH 10,5 e epoxiconazole e nem entre os controles e o hidróxido de sódio 10,5 para a IE, NTP e severidade (Figura 1). Porém, os valores da IE, NTP e severidade foram significativamente ( $P \leq 0,05$ ) menores para os tratamentos SP pH 10,5 e epoxiconazole em comparação aos controles e o hidróxido de sódio pH 10,5 (Figura 1). Houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) apenas dos tratamentos hidróxido de sódio pH 5,5 e 10,5 em relação ao tratamento controle para a concentração foliar de K (Figura 2). Para a concentração foliar de Si, não houve diferença significativa entre os tratamentos SP pH 5,5, hidróxido de sódio pH 5,5 e 10,5 e nem entre os





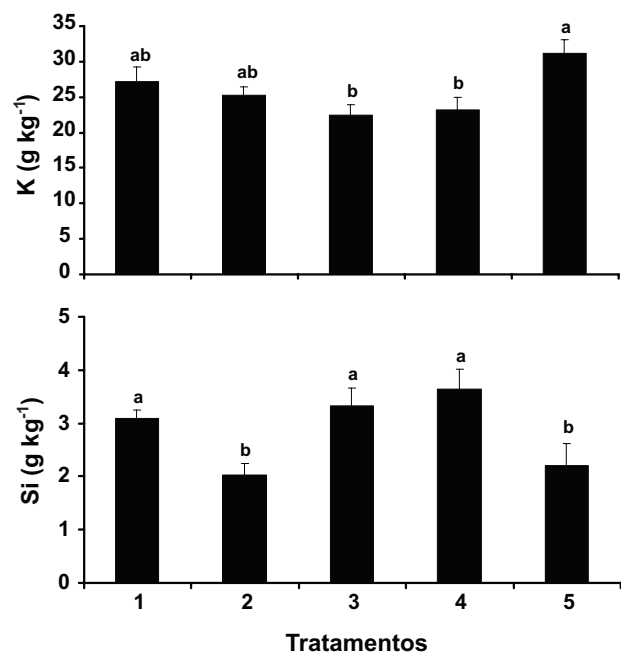
**FIGURA 1** - Índice de esporulação (IE), número total de pústulas (NTP) e severidade (Sev) da ferrugem em mudas de café em função dos tratamentos controle (pulverização com água), hidróxido de potássio (KOH), silicato de potássio (SP) e fungicida epoxiconazole. Barras seguidas pela mesma letra, minúscula para pH 5,5 e maiúscula para pH 10,5, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O desvio padrão da média está representado em cada barra.

tratamentos SP pH 10,5 e controle (Figura 2). De acordo com Rodrigues et al. (2009, 2010), a concentração foliar de K não aumentou em folhas de plantas de soja e de feijoeiro pulverizadas com SP nas doses de 8, 20, 40 e 60 g/L.

A inibição da germinação dos uredósporos respondeu de forma linear e positiva ( $P \leq 0,05$ ) às doses crescentes de SP nos três valores de pH (Tabela 3). O oxiclóreto de cobre reduziu significativamente ( $P \leq 0,05$ ) a germinação dos uredósporos em comparação às doses crescentes de SP (Tabela 3). Estudos *in vitro* demonstraram que o Si solúvel

afetou o crescimento micelial de vários patógenos fúngicos (Kaiser et al., 2005). Kanto et al. (2007) relataram redução na porcentagem de conídios de *Oidium* sp. germinados em folhas de morangueiro que receberam aplicação de SP. Além disso, os conídios que germinaram apresentaram tubos germinativos menores e as hifas secundárias foram curtas e com poucas ramificações e o número de conídios que formaram apressório e conseguiram penetrar a cutícula foi menor. Bowen et al. (1992), em estudos realizados com a aplicação de silicato de potássio em folhas de videira, observaram redução de 14% no número de lesões de *Uncinula necator* e inibição da germinação dos esporos quando o silicato de potássio foi incorporado ao meio. Os autores observaram através de microanálise de raios-X que a deposição de Si localizava-se ao redor do apressório do fungo, sendo a redução do oídio atribuída à barreira física. A ação direta do silicato de potássio sobre o desenvolvimento de patógenos como *Alternaria solani*, *Colletotrichum coccodes*, *Fusarium solani* e *Phytophthora cinnamomi* também tem sido comprovada (Kaiser et al., 2005).

Os resultados desse trabalho apontam para a possibilidade de se utilizar a pulverização de solução de silicato de potássio, em pH alcalino como tratamento para redução da intensidade da ferrugem do café.



**FIGURA 2** - Concentração foliar de potássio (K) e de silício (Si) em mudas de café em função dos seguintes tratamentos: 1 - silicato de potássio (SP) (40 g/L, pH 5,5), 2 - SP (40 g/L, pH 10,5), 3 - hidróxido de potássio (6,5 g/L, pH 5,5), 4 - hidróxido de potássio (6,5 g/L, pH 10,5) e 5 - controle (pulverização com água destilada). Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O desvio padrão da média está representado em cada barra.

**TABELA 3** - Efeito de doses de soluções de silicato de potássio (SP), em três valores de pH, e de fungicida na inibição da germinação de uredósporos de *Hemileia vastatrix*

Tratamentos	Inibição (%) <sup>1</sup>		
	pH 5,5	pH 7,5	pH 10,5
SP (8 g/L)	13,9 c <sup>2</sup>	15,6 c	20,8 c
SP (20 g/L)	15,6 bc	16,1 c	19,3 c
SP (40 g/L)	19,4 b	21,4 b	25,8 b
SP (60 g/L)	19,7 b	21,9 b	25,5 b
Fungicida	50,0 a	50,4 a	52,1 a
Equação de regressão <sup>3,4</sup>	Y = 13,35 + 0,12x	Y = 14,32 + 0,14x	Y = 18,98 + 0,12x
R <sup>2</sup>	0,91	0,88	0,71
P > F	0,0009	0,0001	0,0001
C.V. (%)	15,36	11,91	5,97

<sup>1</sup>O efeito dos tratamentos na inibição da germinação dos uredósporos foi determinado após 16 horas de incubação.

<sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>3</sup>Análise de regressão foi realizada utilizando-se apenas os dados dos tratamentos que corresponderam às doses de silicato de potássio.

<sup>4</sup>Y = inibição da germinação.

C.V. = coeficiente de variação.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pelos recursos financeiros. Ao CNPq, pela bolsa de doutorado concedida à Dra. V. Carré-Missio e pelas bolsas de produtividade em pesquisa aos professores F. A. Rodrigues, L. Zambolim e G. H. Korndörfer. À empresa PQ Silicas Brasil Ltda. pelo fornecimento do FertiSil®.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bowen P, Menzies J, Ehret D (1992) Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. *Journal of the American Society of Horticulture Science* 117:906-912.
- Carré-Missio V, Rodrigues FA, Schurt DA, Pereira SC, Oliveira MG, Zambolim L (2009a) Ineficiência do silício no controle da ferrugem do cafeeiro em solução nutritiva. *Tropical Plant Pathology* 34:416-421.
- Carré-Missio V, Rodrigues FA, Schurt DA, Rezende DC, Ribeiro NB, Zambolim L (2009b) Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de *Pestalotia* em morango. *Tropical Plant Pathology* 35:182-185.
- Datnoff LE, Rodrigues FA, Seebold KW (2007) Silicon and plant nutrition. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (Eds.). *Mineral nutrition and plant disease*. APS-Press. St. Paul. pp. 233-246.
- Fauteux F, Chain F, Belzile F, Menzies JG, Bélanger RR (2006) The protective role of silicon in the *Arabidopsis*-powdery mildew pathosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:17554-17559.
- Gomez KA, Gomez AA (1994) *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York. Wiley.
- Guével MH, Menzies JG, Bélanger RR (2007) Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *European Journal of Plant Pathology* 119:429-436.
- Kaiser C, Merwe R van der, Bkker TF, Labuschagne N (2005) *In-vitro* inhibition of mycelial growth of several phytopathogenic fungi, including *Phytophthora cinnamomi* by soluble silicon. *South African Avocado growers' Association Yearbook*. 28:70-74.
- Kanto T, Kazumasa M, Aino M (2007) Suppression of conidial germination and appressorial formation by silicate treatment in powdery mildew of strawberry. *Journal of General Plant Pathology* 73:1-7.
- Kanto T, Miyoshi A, Ogawa T, Maekawa K, Aino M (2004) Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. *Journal of General Plant Pathology* 70:207-211.
- Kanto T, Miyoshi A, Ogawa T, Maekawa K, Aino M (2006) Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. *Journal of General Plant Pathology* 72:137-142.
- Korndörfer GH, Pereira HS, Nolla A. (2004) Análise de silício: solo, planta e fertilizante. (Boletim Técnico). Uberlândia. GPSi/ICIAG/UFU.
- Kushalappa AC, Chaves GM (1978) Escala para avaliar a porcentagem de área foliar com ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira* 3:119.
- Liang YC, Sun WC, Si J, Römheld V (2005) Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. *Plant Pathology* 54:678-685.
- Ma JF, Takahashi E. (2002) *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier Science. Kyoto-Japan.
- Matiello JB, Santinato R, Garcia AWR, Almeida SR, Fernandes DR (2002) *Cultura do Café no Brasil. Novo Manual de Recomendações*. MAPA/PROCAFÉ. Rio de Janeiro.
- Menzies J, Bowen P, Ehret DL, Glass ADM (1992) Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery

mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117:902-905.

Novais RF, Neves JCL, Barros NF (1991) Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira AL, Garrido WE, Araújo JD, Lourenço S (Eds.) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. EMBRAPA-SEA. Brasília. pp. 153-189.

Palmer S, Scott E, Stangoulis J, Able A (2006) The effects of foliar-applied Ca and Si on the severity of powdery mildew in two strawberry cultivars. *Acta Horticulturae* 708:135-139.

Pereira SC, Rodrigues FA, Carré-Missio V, Oliveira MGA, Zambolim L (2009) Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. *Tropical Plant Pathology* 34:164-170.

Pozza AAA, Alves E, Pozza EA, Carvalho JG, Montanari M, Guimarães PTG, Santos DM (2004) Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de café. *Fitopatologia Brasileira* 29:185-188.

Rezende DC, Rodrigues FA, Carré-Missio V, Schurt DA, Kawamura IK, Korndörfer GH (2009) Effect of root and foliar applications of silicon on brown spot development in rice. *Australasian Plant Pathology* 38:67-73.

Rodrigues FA, Duarte HSS, Domiciano GP, Souza CA, Korndörfer GH, Zambolim L (2009) Foliar application of potassium silicate reduces the intensity of soybean rust. *Australasian Plant Pathology* 38:366-372.

Rodrigues FA, Duarte HSS, Rezende DC, Wordell Filho JA, Korndörfer GH, Zambolim L (2010) Foliar spray of potassium silicate on the control of angular leaf spot on beans. *Journal of Plant Nutrition* 33:2082-2093.

Rodrigues FA, Korndörfer GH, Corrêa GF, Buki GB, Silva OA, Datnoff LE (2001) Response of six gramineae species to application of calcium metasilicate. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndörfer GE (Eds.). *Silicon in Agriculture. Studies in Plant Science*. vol. 8. Amsterdam. Elsevier Science. p. 378.

Várzea VMP, Rodrigues Júnior CJ, Silva MCML, Gouveia M, Marques DV, Guerra-Guimarães L, Ribeiro A (2002) Resistência do café a *Hemileia vastatrix*. In: Zambolim L (Ed.). *O Estado da arte de tecnologias de produção de café*. UFV. Viçosa. pp. 297-320.

Zambolim L, Vale FXR, Costa H, Pereira AA, Chaves GM (2002) Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-café. In: Zambolim L (Ed.). *O Estado da arte de tecnologias de produção de café*. Viçosa. UFV. pp. 369-450.

---

TPP278 - Recebido 29 Março 2011 - Aceito 19 Março 2012  
Editor de Seção: Marcos Paz S. Câmara