

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

THAÍSSA VITORINO DOS ANJOS

**FONTES DE SILÍCIO NO CONTROLE DA MANCHA BACTERIANA DO
TOMATEIRO (*Xanthomonas* spp.)**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2010**

THAÍSSA VITORINO DOS ANJOS

**FONTES DE SILÍCIO NO CONTROLE DA MANCHA BACTERIANA DO
TOMATEIRO (*Xanthomonas* spp.)**

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

Orientadora: Nilvanira Donizete Tebaldi

**Uberlândia - MG
Novembro 2010**

THAÍSSA VITORINO DOS ANJOS

**FONTES DE SILÍCIO NO CONTROLE DA MANCHA BACTERIANA DO
TOMATEIRO (*Xanthomonas* spp.)**

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

Aprovado pela Banca Examinadora em 22 de novembro de 2010.

Prof. Dr. Lísias Coelho
Membro da Banca

Eng. Agr. Robson Thiago Xavier de Sousa
Membro da Banca

Prof. Dra. Nilvanira Donizeti Tebaldi
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus que com sua infinita bondade ilumina meu caminho, me dá paciência e força na luta constante das provas da vida.

A equipe de mentores que está sempre caminhando a favor do meu bem e amparo.

A minha família que sem a qual não conseguiria me equilibrar.

Ao meu namorado Marcelo pelo companheirismo, paciência e compreensão.

A minha orientadora, professora, doutora Nilvanira Donizete Tebaldi que me proporciona oportunidades para crescer profissionalmente e pela colaboração para realização deste trabalho.

Aos meus padrinhos de Universidade, verdadeiros mestres do aprendizado e conduta: Fabrício de Ávila Rodrigues, Lísias Coelho e Jonas Jäger Fernandes.

Aos colegas da 44ª turma de Agronomia da UFU.

RESUMO

A mancha bacteriana causada pela bactéria *Xanthomonas* spp., provoca perdas na produtividade e qualidade do tomateiro. A utilização do silício na proteção de plantas à penetração do patógeno tende a reduzir a incidência de doenças. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de silício na redução da severidade da mancha bacteriana no tomateiro. Para a avaliação do efeito do silício coloidal (1,2 kg/L) e silicato de potássio (1,4 kg/L) na inibição do crescimento bacteriano *in vitro* utilizou-se discos de papel estéreis sobre o meio de cultura com a presença da bactéria, nos quais foram adicionados 10 µL dos produtos nas concentrações 0, 10, 30, 40 e 50 µg/µL, observando a formação de halos de inibição. A avaliação do silício coloidal e do silicato de potássio na redução da severidade da doença em casa de vegetação, foi feita pela pulverização dos produtos nas concentrações 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/L, em plantas com 3 a 4 folhas e 3 dias após foi feita a inoculação por aspersão da suspensão bacteriana (10^9 UFC/mL). As plantas foram mantidas em câmara úmida 24 h antes e após a inoculação. O experimento foi em blocos casualizados com 4 repetições, sendo considerado como unidade experimental, 1 vaso contendo 2 plantas. O silicato de potássio nas concentrações 30, 40 e 50 g/L inibiram o crescimento de *Xanthomonas* spp. *in vitro*, mas o mesmo não aconteceu para o silício coloidal. O silicato de potássio nas doses 40 e 50 g/L reduziram a severidade da mancha bacteriana do tomateiro, no entanto, não houve controle da doença com o uso de silício coloidal.

Palavras chave: Silicato de potássio, silício coloidal, crescimento bacteriano.

ABSTRACT

The bacterial spot caused by *Xanthomonas* spp., provoking losses in the productivity and quality of tomato. The use of silicon in crop protection against pathogen penetration tends to reduce the incidence of diseases. The objective of this study was to evaluate the effect of different sources of silicon in the tomato bacterial spot disease severity reduction. To evaluate the effect of colloidal silicon (1.2 kg/L) and potassium silicate (1.4 kg/L) in the inhibition of bacterial growth *in vitro*, sterile paper discs were use on the medium with the presence of the bacteria, which received 10 uL of products at concentrations of 0, 10, 30, 40 and 50 µg/µL, observing the formation of inhibition zones. To evaluate the colloidal silicon and potassium silicate in the disease severity reduction in the greenhouse, the tomato plants with 3-4 leaves were sprayed with the products at concentrations of 0, 10, 20, 30, 40 and 50 g/L, after 3 days the plants were inoculated by spraying the bacterial suspension (10^9 CFU/mL). The plants were kept in the humid chamber 24 h before and after the inoculation. The experiment was design randomized block with four replications, and the experimental unit was a pot containing two plants. The potassium silicate inhibited *in vitro* bacterial growth of *Xanthomonas* spp. at concentrations 30, 40 and 50 g/L. The same was verified for colloidal silicon. Potassium silicate reduced severity of tomato spot bacterial at concentrations of 40 and 50 g/L, however, there was not disease control with use the colloidal silicon

Keywords: Potassium silicate, colloidal silicon, bacterial growth.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Obtenção do inóculo e preparo da suspensão bacteriana.....	11
3.2 Avaliação da toxidez direta do silício coloidal e silicato de potássio a <i>Xanthomonas</i> spp.	11
3.3 Efeito de silício coloidal na redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro em casa de vegetação.....	11
3.4 Efeito do silicato de potássio na redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro em casa de vegetação.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1 Avaliação <i>in vitro</i> da toxidez direta do silício coloidal e silicato de potássio a <i>Xanthomonas</i> spp.	13
4.2 Efeito de silício coloidal e silicato de potássio na redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro em casa de vegetação.....	14
5 CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro é a segunda hortaliça em importância econômica no mundo, sendo uma das culturas mais exigentes em cuidados fitossanitários, devido ao grande número de doenças que a acometem e pela elevada capacidade destrutiva e difícil controle dos patógenos (RAMALHO, 2007).

No Brasil, a cultura do tomateiro está sujeita ao ataque de várias fitobactérias que causam doenças na parte aérea das plantas, destacando a *Xanthomonas* spp., agente causal da mancha bacteriana do tomateiro (ROBBS et al., 1982).

Esta doença acarreta perdas consideráveis na produtividade e na qualidade do fruto (AL-DAHMANI et al., 2003), sendo amplamente difundida no país e encontrada praticamente em todas as regiões produtoras de tomate. O controle químico para essa bacteriose, com a aplicação de antibióticos e fungicidas, tem sido pesquisado. Entretanto, devido ao rápido aumento da quantidade de inóculo e fácil disseminação do patógeno, em muitos casos, não tem sido eficiente (MARINGONI et al., 1986).

O silício apresenta alto potencial de uso na agricultura, promove melhorias no metabolismo das plantas (LIMA FILHO et al., 1999), melhora as respostas ao estresse abiótico, e aumenta, significativamente, o crescimento de algumas plantas (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

A utilização de silício na redução da incidência e desenvolvimento de doenças em mono e dicotiledôneas tem sido sugerida (EPSTEIN, 1999; LIMA FILHO et al., 1999; POZZA et al., 2004).

Fontes diversas de silício estão entre indutores de resistência citados na literatura. Alguns desses produtos, na forma de silicato de potássio, silicato de cálcio e silicato de sódio, entre outras fontes, estão ganhando importância, não somente pela alta eficácia na proteção contra algumas doenças, mas talvez por serem alternativas que, além de conferir resistência também proporcionam benefícios nutricionais e incrementam a produção e qualidade dos produtos agrícolas (NOJOSA, 2003).

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de silício na inibição do crescimento bacteriano *in vitro* e o controle da mancha bacteriana no tomateiro, causada por *Xanthomonas* spp., em casa de vegetação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*, sin. *Lycopersicon esculentum*) é uma das principais hortaliças em termos de área de plantio, consumo e importância sócio-econômica, sendo o Brasil um dos principais produtores (GIORDANO et al., 2003).

A cultura do tomateiro está sujeita as várias doenças que podem limitar sua produção. Várias destas doenças só podem ser controladas eficientemente quando se adota um programa de manejo integrado adequado, envolvendo o uso de variedades resistentes e a adoção de medidas de exclusão, erradicação e proteção (KIMATI et al., 1997).

As bactérias fitopatogênicas assumem especial importância na cultura, na qual podem se tornar limitantes à produção. No Brasil, já foram registradas, infectando naturalmente o tomateiro, as bactérias *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atroseptica* e *carotovorum*, *P. chrysanthemi*, *Pseudomonas corrugata*, *P. marginalis* pv. *marginalis*, *P. syringae* pv. *tomato*, *Ralstonia solanacearum* e *Xanthomonas* spp. (MARQUES et al., 1994).

A mancha bacteriana causada por espécies do gênero *Xanthomonas* foi reclassificada, sendo proposto as seguintes espécies para os grupos geneticamente distintos: *Xanthomonas euvesicatoria*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Xanthomonas gardineri* e *Xanthomonas perforans* (JONES et al., 2004), sendo uma das mais importantes doenças do tomateiro estaqueado ou rasteiro, que afeta a planta em qualquer estágio de desenvolvimento, podendo ocorrer em toda parte aérea, provocando redução em quantidade e qualidade da produção (KIMATI et al., 1997).

Os agentes bacterianos podem ser transmitidos pelas sementes e estar localizados na superfície e/ou no interior das mesmas (GARDNER; KENDRICK, 1921). As sementes contaminadas com a *Xanthomonas* spp servem de fonte primária de inóculo na cultura e a utilização de sementes saudáveis, juntamente com outras medidas, é preconizada como forma de controle da doença (DOIDGE, 1921; GARDNER; KENDRICK, 1921; GOOD; SASSER, 1980).

Wagner (1940, apud FIORI, 2006) observou pela primeira vez o modo de ação do silício em relação à redução da severidade de uma doença, em que houve uma direta relação entre a quantidade de ácido silícico depositada nos sítios de infecção dos míldios e o grau de resistência da planta, onde se percebeu uma silicificação das células da epiderme, o que provocou um impedimento da penetração do tubo germinativo pelo silício, agindo assim,

como uma barreira física, e fazendo com que uma menor porcentagem de esporos, germinados na epiderme foliar, obtivesse sucesso na penetração e posterior colonização.

O efeito do Si em doenças bacterianas e em plantas não acumuladoras deste elemento permanece desconhecido. Dannon e Wydra (2004) verificaram que a incidência *Ralstonia solanacearum*, agente causal da murcha em tomateiro, foi significativamente reduzida com adição de silício na solução nutritiva em genótipos suscetíveis ou moderadamente resistentes. Correlações negativas entre o conteúdo de silício na raiz e o número de bactérias na parte mediana do caule sugeriram uma indução de resistência. Este foi o primeiro relato do efeito de silício em doença bacteriana e em plantas não acumuladora deste elemento.

A murcha-bacteriana do tomateiro foi ainda estudada por Diogo e Wydra (2007) que relataram redução da incidência da doença em plantas tratadas com silício. Análises imunohistoquímicas sugeriram uma indução de resistência em nível de parede celular após tratamento com silício envolvendo mudanças na estrutura de polissacarídeos pécticos.

Cazorla et al. (2006) observaram efeito significativo na redução da incidência da necrose apical bacteriana, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* em inflorescência e folhas de mangueira, somente quando o silício foi aplicado em combinação com fosetyl-Al.

Plantas de *Nicotiana tabacum* apresentaram sintomas foliares de *Xylella fastidiosa*, significativamente mais rápido que o citros, em condições de casa de vegetação, tornando-a uma excelente planta modelo para o estudo dessa bacteriose (LOPES et al., 2000). As plantas quando tratadas com metassilicato de sódio indicaram que houve proteção em relação à bacteriose, quando comparadas com o controle positivo, apesar de a *X. fastidiosa* ter sido detectada, também, nas plantas tratadas com silício. A ação protetora do Si contra *X. fastidiosa* pode, portanto, não estar envolvida com os sinais das plantas, mas sim com uma barreira física ocasionada pelo Si (MARTINATI et al., 2007).

Plantas de arroz quando tratadas com silício, apresentaram lesões menores de crestamento bacteriano, causado pela *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Quanto maior a concentração de açúcar solúvel, maior a incidência da doença, mas, sob condição de aplicações de maiores doses de silício, a quantidade de açúcar solúvel reduziu consideravelmente, criando um ambiente interno não favorável para o crescimento bacteriano (CHANG et al., 2002).

O silicato de potássio usado em solução nutritiva e também em pulverização controlou *Pythium* (CHÉRIF et al., 1992) e *Sphaerotheca fuliginea* em pepino (SAMUELS et al., 1991) e *Uncinula necator* em videira (BOWEN et al., 1992).

Pozza et al. (2004) observaram redução de 63,2% de folhas de café (*Coffea arabica*) lesionadas por *Cercospora coffeicola* quando empregou-se silicato de cálcio incorporado ao substrato e em microanálise de raios-X, verificaram maior quantidade de silício nas folhas de plantas tratadas do que nas não tratadas.

Plantas de soja (*Glycine max*) cultivadas em solução nutritiva com silício, apresentaram redução na intensidade do cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*) reduzindo o número de lesões em até 90% (LIMA, 1998). Juliatti et al. (1996) verificaram uma redução da infecção por cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum*) em diferentes cultivares de soja pela aplicação de wollastonita via solo.

Na Flórida, ao se comparar a adubação com silício e o tratamento com fungicidas na cultura do arroz, constatou-se que o controle da brusone e da mancha parda pelo Si foi tão efetivo quanto com fungicidas testados (DATNOFF et al., 1997).

Menzies et al. (1992) compararam a forma de aplicação do silicato, testando aplicações foliares e via solução nutritiva, demonstrando a viabilidade das alternativas para o controle do oídio em plantas de pepino, melão e abóbora.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção do inóculo e preparo da suspensão bacteriana

O isolado UFU A35 de *Xanthomonas* spp. pertencente à coleção de trabalho do Laboratório de Bacteriologia Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da UFU foi cultivada em meio de cultura 523 (KADO; HESKETT, 1970).

A suspensão bacteriana foi preparada em solução de NaCl 0,85%, sendo ajustada em espectrofotômetro para $OD_{550}=0,5$ correspondendo a aproximadamente 1×10^9 UFC/mL (MARCUIZZO et al., 2009).

3.2 Avaliação *in vitro* da toxidez direta do silício coloidal e silicato de potássio a *Xanthomonas* spp.

A avaliação *in vitro* da toxidez direta do silício coloidal e silicato de potássio através do halo de inibição do crescimento bacteriano em meio de cultura 523, em placa de Petri, foi realizado usando uma camada básica de meio agar-água 2% e outra camada contendo meio nutriente semi sólido (0,8%) acrescida de 100 μ L da suspensão bacteriana (10^9 UFC/mL) cultivada em meio líquido por 24h.

Em seguida discos de papel de filtro estéril de 6 mm de diâmetro foram colocados sobre o meio e adicionados com 10 μ L da solução de silício coloidal (densidade 1,2 kg/L, Si = 140 g/L) e silicato de potássio (densidade = 1,4 kg/L, Si = 171g/L), esterilizados sob luz ultravioleta, nas concentrações 0, 10, 30, 40 e 50 μ g/ μ L, sendo ajustado o pH para 7,0 em todas as concentrações. Para a testemunha foi utilizada água estéril e para o controle positivo foram utilizados discos com antibiótico estreptomicina (10 mg/mL). Foram utilizados 2 discos para cada concentração e para cada tratamento. Os halos de inibição foram avaliados 48 h após a incubação em estufa a 28 °C.

3.3 Efeito de silício coloidal no controle da mancha bacteriana do tomateiro em casa de vegetação

Plantas de tomate da cv. Santa Cruz Kada foram cultivadas em vasos de 500 mL, contendo substrato composto de solo, areia, húmus e vermiculita (4:1:1:1). Após 15 dias da semeadura as plantas (3 a 4 folhas) foram pulverizadas com silício coloidal (1,2 Kg/L) até o ponto de escorrimento, nas seguintes concentrações finais 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/L. Sendo as testemunhas plantas inoculadas com água destilada.

Após 3 dias da pulverização com silício coloidal, as plantas foram inoculadas via pulverização das folhas, com uma suspensão bacteriana descrita no item 3.1. As plantas foram mantidas em câmara úmida 24 h antes e após a inoculação.

O experimento foi em blocos casualizados com 4 repetições, sendo considerado como unidade experimental, 1 vaso contendo 2 plantas.

As plantas foram avaliadas aos 5, 8, 11, 14 e 17 dias após a inoculação. A severidade da doença foi quantificada por meio de análise visual empregando-se a escala diagramática descrita por Mello et al. (1997). Para ponderar a severidade foi aplicado o índice de McKinney (1923).

$$ID (\%) = \sum ((f.v)/(n.x)) . 100$$

Em que:

ID = Índice de doença; f = Número de plantas com determinada nota; v = Nota observada; n = Número total de plantas avaliadas; x = Grau máximo de infecção.

Os dados obtidos foram transformados em $(x+0,5)^{1/2}$ e submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância e também foi feita análise de regressão com o software SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.4 Efeito do silicato de potássio no controle da mancha bacteriana do tomateiro em casa de vegetação

Plantas de tomate foram cultivadas como descrito no item 3.3. As plantas foram pulverizadas até o ponto de escorrimento com silicato de potássio (1,4 Kg/L), nas seguintes concentrações finais 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/L. Sendo as testemunhas plantas inoculadas com água destilada.

A inoculação e avaliações foram feitas como descrito no item 3.3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação *in vitro* da toxidez direta do silício coloidal e silicato de potássio a *Xanthomonas* spp.

A presença do halo de inibição no crescimento bacteriano *in vitro* pode ser observada pelo uso de silicato de potássio (SP) nas concentrações 30, 40 e 50 g/L (Figura 1), assim como nos discos contendo estreptomicina (E), mas o mesmo não ocorreu para água e o silício coloidal (SC) nas diferentes concentrações.

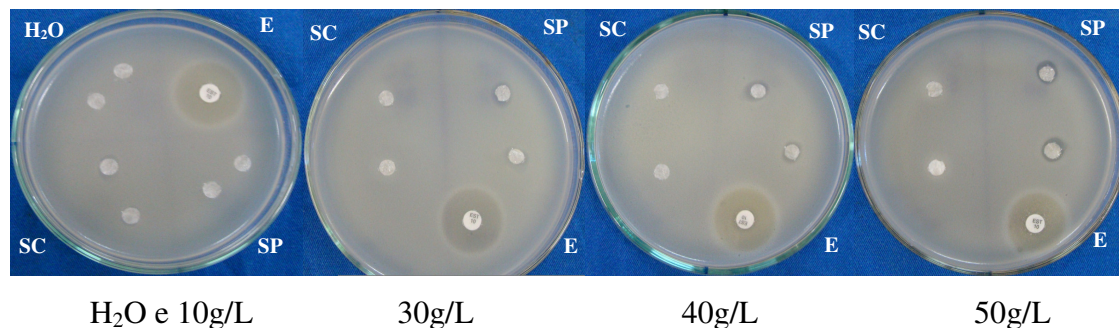


Figura 1. Presença de halos de inibição no crescimento bacteriano *in vitro* de *Xanthomonas* spp., em diferentes doses silicato de potássio (SP) e silício coloidal (SC), água (H₂O) e estreptomicina (E). Uberlândia, UFU, 2010.

A argila silicatada (Rocksil®) nas concentrações 0,5; 1,0; 1,5 e 2% inibiram 100% do crescimento bacteriano de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, em meio de cultura BDA (batata dextrose agar) (BRANCAGLIONE et al., 2009). Diferentes doses de silicato de cálcio (0; 0,25; 0,5; 1,5 e 3g SiO₂/L) não inibiram o crescimento de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli in vitro* (FERREIRA, 2009).

Segundo Amaral et al. (2008) o crescimento micelial do fungo *Cercospora coffeicola* foi inversamente proporcional ao aumento das doses de silicato de potássio (0,75; 1,5; 3,0; e 6,0 mL/L) em meio de cultura BDA, caracterizando um efeito fungitóxico do produto.

De acordo com Kataria et al. (1997) indutores de resistência como ácido salicílico, nitrosalicílico e ASM (Acibenzolar-S-Metil) em diferentes doses inibiram o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani in vitro*.

De acordo com Ferreira (2009) não há registro na literatura de ação direta *in vitro* do silício sobre bactérias, o que permite classificá-lo como um possível indutor de resistência.

Porém nos resultados apresentados neste trabalho pode-se aferir que o silicato de potássio não atuou com indutor de resistência, e sim como bactericida. Quando plantas ficam protegidas contra patógenos, após expostas a agentes bióticos ou abióticos, considerados indutores de resistência, não se pode assumir simplesmente que ocorreu indução de resistência (VAN LOON et al., 1998).

De acordo com Steiner e Schönbeck (1995) critérios básicos são necessários para investigar se a resistência exibida pela planta foi realmente induzida ou se ela se deve a outros fatores que, de alguma forma, contribuíram para reduzir a incidência e, ou, severidade da doença. Dentre eles destaca-se a ausência de efeitos tóxicos do agente indutor sobre o patógeno desafiante (se o agente indutor tem efeito deletério sobre o patógeno e não há separação espacial entre eles, fica difícil falar em indução de resistência utilizando apenas esse critério, ainda que a atividade testada seja apenas *in vitro* e pode estar ausente *in vivo*, e se o agente indutor não tem efeito deletério sobre o patógeno, mesmo havendo separação espacial entre eles, um indutor abiótico pode ser absorvido pela planta e nela se deslocar até onde está o patógeno e atuar sobre ele ou substâncias antimicrobianas produzidas pelo indutor biótico podem fazer o mesmo).

Segundo Kúc (2001) produtos indutores de resistência, no senso *stricto*, não atuam sobre o patógeno, contudo, no senso amplo, os indutores podem atuar induzindo resistência e afetando o patógeno. Estudos têm mostrado que o controle de doenças mediado pela aplicação de silício ocorre por indução dos mecanismos de defesa do hospedeiro (RODRIGUES et al., 2001).

4.2 Efeito de silício coloidal e silicato de potássio no controle da mancha bacteriana do tomateiro em casa de vegetação

Nas condições de casa de vegetação, os primeiros sintomas de mancha bacteriana no tomateiro foram observadas aos 5 dias após a inoculação.

Na Tabela 1, observa-se que o índice de doença das plantas pulverizadas com silício coloidal nas concentrações 0, 10, 20, 30 e 50 g/L não diferiram significativamente entre si, a concentração de 40g/L apresentou o maior índice de doença demonstrando um efeito negativo em relação à eficiência do produto aplicado. Na testemunha não foi constatada a presença do patógeno.

Para o efeito do silicato de potássio (Tabela 1) as concentrações de 40 e 50 g/L não diferiram significativamente entre si, diferindo significativamente das demais concentrações,

apresentando menor índice de doença, assim comprovando a eficiência do produto testado no controle da bactéria.

Pela equação de regressão para silício coloidal (Figura 2), nota-se um aumento da severidade da mancha bacteriana do tomateiro com o aumento das doses do produto. Para o silicato de potássio (Figura 2), houve uma redução da severidade da doença a partir das concentrações de 40 e 50 g/L.

Tabela 1. Índice de doença no tomateiro tratado com silício coloidal e silicato de potássio.

Tratamentos	Índice de Doença (%)	
	Silício coloidal	Silicato de potássio
Testemunha	0,00 a	0,00 a
0 g/L	23,75 b	17,50 b
10 g/L	16,25 b	27,50 c
20 g/L	15,00 b	20,00 b
30 g/L	18,75 b	16,25 b
40 g/L	33,75 c	8,75 a
50 g/L	23,75 b	2,50 a
C.V. (%)	30,65	44,08

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott - Knott a 5% de significância.

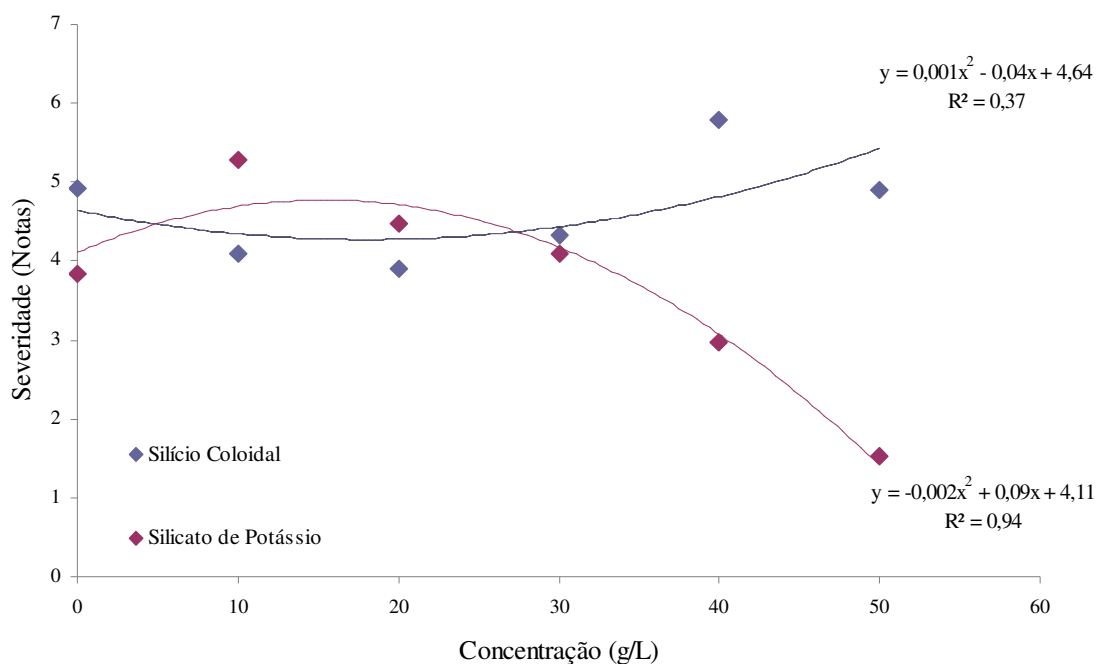


Figura 2. Equação de regressão da mancha bacteriana do tomateiro em diferentes concentrações de silício coloidal e silicato de potássio.

O índice de doença e a curva de progresso da mancha aquosa do meloeiro foram reduzidos significativamente em 88,54 e 85,34% da severidade, com o aumento das doses de silicato de cálcio (0; 0,25; 0,50; 1,50 e 3,00 g kg⁻¹ SiO₂) incorporado ao solo, evidenciando ação positiva do silício no controle da fitobacteriose (FERREIRA, 2009).

O uso de silicato de potássio em pH 10,8 e 5,5 foi eficiente no controle de *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* nas folhas bandeira e apenas silicato de potássio em pH 5,5 nas folhas baixas de trigo. As folhas baixas foram mais suscetíveis à bactéria do que as folhas bandeira (CARVALHO et al., 2007).

A aplicação de silicato de potássio foliar não reduziu a severidade da ferrugem asiática em plantas de soja (RODRIGUES et al., 2007), resultados que corroboram com o observado, na utilização de silício coloidal.

Segundo Pozza et al. (2004) e Garcia Júnior et al. (2003) o aumento nas doses de silicato de potássio, aplicado via foliar, proporcionou uma maior incidência e severidade de cercosporiose do cafeeiro; o que não aconteceu no presente trabalho.

O aumento da resistência do cafeeiro à cercosporiose foi devido ao maior espessamento da cutícula e ao aumento da absorção de micronutrientes pelas plantas tratadas com silicato de cálcio no solo (POZZA et al., 2004), constatada através de imagens em microscopia eletrônica de varredura, devido à presença de uma cutícula mais espessa cobrindo parcialmente os estômatos na superfície inferior da folha das mudas de cafeeiro tratadas. O espessamento da cutícula foi devido principalmente à formação de uma camada de cera epicuticular mais espessa, o que dificultou a penetração do patógeno diretamente através da cutícula ou pelos estômatos.

Bowen et al. (1992) relataram que a aplicação de silicato de potássio no solo na dose de 1,7 mM de silício não reduziu o número de colônias de míldio pulverulento em folhas de uva, mas a pulverização das folhas com silicato de potássio, na mesma dose, reduziu em mais de 60 % o número de colônias de míldio pulverulento. A redução na severidade da doença deve-se, em parte, a uma barreira física formada pela polimerização do silicato na superfície foliar que impede a adesão dos propágulos do patógeno; além disso, o movimento lateral do silício e sua deposição dentro da folha impediriam a penetração do patógeno nos tecidos da planta.

Plantas de arroz cultivadas com doses crescentes de argilas silicatadas, também tiveram a severidade da queima das bainhas (*Rhizoctonia solani*) reduzida (RODRIGUES et al., 2002).

Miyake e Takahashi (1983) ao avaliarem o efeito do silício no crescimento de plantas de pepino, detectaram que a aplicação de silicato promoveu o crescimento e o aumento na produção de pepinos, e também reduziu os danos causados por oídio. Ao término do estudo, durante um período de três anos, os autores concluíram que a quantidade total de frutos produzida era maior nas plantas onde o silício foi aplicado do que nas plantas onde ele foi omitido, fato justificado pela presença de um maior número de plantas atacadas por oídio onde o silício não foi usado.

O crescimento e a produtividade de muitas gramíneas tais como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho e trigo, além de algumas outras famílias botânicas como feijão, alfafa, soja, tomate, alface, pepino e repolho, tem mostrado aumentos significativos na produtividade com o aumento da disponibilidade de Si para essas plantas (ELAWAD et al., 1979). O silício nas folhas está envolvido com funções físicas de regulação da transpiração, uma vez que é capaz de se concentrar na epiderme, formando uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias para o interior da planta dificultando, também o ataque de insetos sugadores e herbívoros (EPSTEIN, 1999).

5 CONCLUSÕES

O silicato de potássio, nas concentrações 30, 40 e 50 g/L inibiram o crescimento bacteriano *in vitro* de *Xanthomonas* spp., mas o mesmo não aconteceu para o silício coloidal.

O silicato de potássio, nas concentrações 40 g/L e 50 g/L reduziram a severidade da mancha bacteriana do tomateiro, no entanto, não houve controle da doença com o uso de silício coloidal.

REFERÊNCIAS

- AL-DAHMANI, J.H., ABBASI, P.A., MILLER, S.A.; HOITINK, H.A.J. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. **Plant Disease**, Saint Paul, v.87, p.913-919. 2003.
- AMARAL, D.R.; RESENDE. M.L.V.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; BOREL. J.C.; LEOD, R.E.O.M.; PÁDUA, M.A. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 33, n.6, p.425-431. 2008.
- BOWEN, P.; MENZIES, J.; EHRET, D.; SAMUELS, L.; GLASS, A.D.M. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, p. 906-912. 1992.
- BRANCAGLIONE, P.; SAMPAIO, A.C.; FISCHER I.H.; ALMEIDA, A. M.; FUMIS, T.F. Eficiência de argila silicatada no controle de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, *in vitro* e em mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 718-724, Setembro 2009.
- CARVALHO, M.P., SILVA, I.T.da; RODRIGUES, F.Á.; OLIVEIRA, J.R.; ZANÃO FILHO, L.A. Silicato de Potássio e acibenzolar-S-methyl no controle da estria bacteriana em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p.226 (suplemento). 2007
- CAZORLA, M.F; ARREBOLA, E.; OLEA, F.; VELASCO, L.; HERMOSO, J.M.; GARCÍA, A.P.; TORÉS, J.A.; FARRÉ, J.M.; VICENTE, A. Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.116, p.279-288, 2006.
- CHANG, S.J., TZENG, D.D.S; LI, C.C. Effect of silicon nutrient on bacterial blight resistance of rice (*Oryza sativa* L.). Second Silicon in Agriculture Conference, Kyoto, Japan. 2002.
- CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G; BÉLANGER, R.R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 41, p. 411-425. 1992.
- DANNON, E.; WYDRA, K. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.64, p.233-43, 2004.
- DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, p. 525-531, 1997.
- DIOGO, R.V.C.; WYDRA, K. Silicon-induced basal resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* is related to modification of pectic cell wall polisaccharide structure. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 70, p. 120-129, 2007.
- DOIDGE, E.M. A tomato canker. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 7, p.407-430, 1921.

- ELAWAD, S.H.; GREEN JÚNIOR, V.C. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista Il Riso**, Milano, v. 28. p. 135–253, 1979.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v.91, p.11-17, 1994.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, H. A. **Silício no controle da mancha-aquosa em meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. 2009. 82 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Rural de Pernambuco, Recife. 2009.
- FIORI, M.P. **Comportamento de cultivares de tomateiro quanto à utilização de escórias siderúrgicas em ambiente protegido**. 2006. 44 f. Tese (Mestrado em Agronomia). Universidade de Marília, Marília. 2006.
- GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; SOUZA, P.E.; CARVALHO J.G.; BALIERO A.C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 286-291. 2003.
- GARDNER, M.W.; KENDRICK, J.B. Bacterial spot of tomato. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v.21, p. 123-155, 1921.
- GIORDANO, L.B; ARAGÃO, F.A.S; BOITEUX, L.S. Melhoramento genético do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, p. 43-57. 2003.
- GOOD, M.J.; SASSER, M. Prevention the key to controlling bacterial spot and bacterial speck of tomato. **Plant Disease**, Saint Paul, v.64, p. 831-834, 1980.
- JONES, J.B., LACY, G.H; BOUZAR, H., STALL, R.E., SCHAAD, N.W. Reclassification of the *Xanthomonads* associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. **Systematic of Applied Microbiology**, Amsterdam, v.27, p.755-762, 2004.
- JULIATTI, F.C.; RODRIGUES, F.A.; KORNDÖRFER, G.H.; SILVA, O.A.; CORREA, G.F.; PEIXOTO, J.R. Efeito da aplicação de silício na indução de resistência a *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* em cultivares de soja com diferentes níveis de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.21, p. S51. 1996.
- KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 60, p. 969-976. 1970.
- KATARIA, H.R.; WILMSMEIER, B.; BUCHENAUER, H. Efficacy of resistance inducers, free-radical scavengers and an antagonist strain of *Pseudomonas fluorescens* for control of

Rhizoctonia solani AG-4 in bean and cucumber. **Plant Pathology**, Oxford, v.46, p. 897-909.1997

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A.M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. 774p.

KUC, J. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, p. 7-12, 2001.

LIMA FILHO, O.F. de; LIMA, M.T.G. de; TSAI, S.M. Supressão de patógenos em solos induzida por agentes abióticos: o caso do silício. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.87, p.8-12, 1999.

LIMA, M.T. **Interrelação Cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 1998. 58 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1998.

LOPES, S.A.; RIBEIRO, D.M.; ROBERTO, P.G.; FRANÇA, S.C. *Nicotiana tabacum* as an experimental host for the study of plant-*Xylella fastidiosa* interactions. **Plant Disease**, Saint Paul, v.84, p.827-830, 2000.

MARCUZZO, L.L.; BECKER, W.F.; FERNANDES, J.M.C. Alguns aspectos epidemiológicos da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro na região de Caçador/SC. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v.35, n.2, p.132-135, 2009.

MARINGONI, A.C., KUROSZAWA, C., BARBOSA, V.; SILVA NETO, J.M. Controle químico da mancha bacteriana. **Summa Phytopatologica**, Jaguariuna, v.12, p. 92-101. 1986.

MARQUES, A.S.S.; ROBBS, C.F.; BOITEUX, L.S.; PARENTE, P.M.G. **Índice de fitobacterioses assinaladas no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 65p.

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

MARTINATI, J.C.; LAÇAVA, P.T.; MIYASAWA, S.K.S.; GUZZO, S.D.; AZEVEDO, J.L.; TSAI, S.M. Redução dos sintomas causados pela *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* por meio de aplicação de benzotiadiazole e silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, n.8, p.1083-1089, ago. 2007.

McKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal Agricultural Research**, Washington, DC, v. 26, n. 5, p. 195-219, Nov. 1923.

MELLO, S.C.; TAKATSU, A.; LOPES, C.A. Escala diagramática para avaliação da mancha bacteriana do tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.22, n.3, p.447-448, 1997.

MENZIES, J., BOWEN, P., EHRET, D.; GLASS, A.D.M. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash.

Journal of the American Society for Horticultural Sciences, Alexandria, v. 117, p. 902-905. 1992.

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

NOJOSA, G.B.A. **Efeito de indutores na resistência de *Coffea arabica* L. a *Hemileia vastatrix* Berk.; Br. e *Phoma costarricensis* Echandi**. 2003. 102 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras 2003.

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

RAMALHO, A.A. ***Xanthomonas* spp. causadoras da mancha-bacteriana do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.): detecção em sementes e diferenciação**. 2007. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2007.

ROBSS, C.F.; RODRIGUES NETO, J.; RIBEIRO, R.L.D.; KIMURA, O. Annotated list of bacterial plant pathogens in Brazil In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT PATHOGENIC BACTERIA, 5, Cali, 1981. **Proceedings...** Cali: CIAT, p.601-613, 1982

RODRIGUES, C.R.; FIGUEIREDO, F.C.; RODRIGUES, T.M. Fungicida com silício: controle eficiente da ferrugem da soja. **Revista Campo e Negócio**, v.48, p. 50-54. 2007.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, G.H.; SEEBOLD, K.W.; RUSH, M.C. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, n. 8, p. 827- 832, 2001.

RODRIGUES, F. A.; BENHAMOU, N.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; BÉLANGER, R. R. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. **Phytopathology**, Sant Paul, v.93, p.535-546, 2002.

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

SAMUELS, A.L., GLASS, A.D.M., EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Distribution of silicon in leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.69, p. 140-146. 1991.

STEINER, U.; SCHÖNBECK, F. Induced disease resistance in monocots. In: HAMMERSCHMIDT, R.; KUC, J. (ed.). **Induced Resistance to Disease in Plants** Dordrech: Kluwer Academic Pub., 1995. p. 86-110. (Developments in Plant Pathology, v. 4).

VAN LOON, L.C.; BAKKER, P.A.H.M.; PIETERSE, C.M.J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.36, p.453-483, 1998.