



Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de *Pestalotia* em morango

Vivian Carré-Missio, Fabrício Ávila Rodrigues, Daniel Augusto Schurt, Dalilla Carvalho Rezende, Natália Barbosa Ribeiro & Laércio Zambolim

Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

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

RESUMO

A mancha de *Pestalotia*, causada por *Pestalotia longisetula*, tornou-se uma das doenças mais importantes da cultura do morangueiro, sendo a aplicação de fungicidas a principal estratégia de controle. Este trabalho avaliou o efeito da aplicação foliar de silicato de potássio (SP) nas doses de 8 e 30 g/L, do indutor de resistência acibenzolar-S-metil (ASM), dos fungicidas azoxystrobin (AZO) e mancozeb (MAN) na redução dos sintomas desta doença. As mudas foram inoculadas aos um, seis e 12 dias após a aplicação (d.a.a.) dos produtos. No 1º d.a.a., não houve diferença do SP, nas duas doses, e do ASM em relação à testemunha (plantas pulverizadas com água) para a severidade da doença. O AZO e o MAN reduziram em 56,3 e 43,8%, respectivamente, a severidade em relação à testemunha. Aos 6 d.a.a., não houve diferença entre o SP (8 g/L) e a testemunha. O SP (30 g/L) reduziu em 61% a severidade da doença em relação à testemunha. Aos 12 d.a.a., não houve diferença entre os tratamentos SP, nas duas doses, ASM, AZO e MAN, mas esses foram diferentes da testemunha. A severidade foi diferente entre as épocas de inoculação para o SP (8 g/L), com o menor valor ocorrendo aos 12 d.a.a. Para os tratamentos SP (30 g/L), ASM, AZO e MAN, a severidade da mancha de *Pestalotia* foi significativamente reduzida do 1º para o 6º d.a.a., mas não houve diferença significativa entre o 6º e o 12º d.a.a. Não houve diferença entre as três épocas de inoculação para a testemunha. A aplicação foliar do SP foi tão eficiente quanto o ASM em reduzir os sintomas da mancha de *Pestalotia*, principalmente quando pulverizado nas folhas antes da inoculação.

Palavras-chave: *Pestalotia longisetula*, indução de resistência, nutrição mineral, silício.

ABSTRACT

Foliar application of potassium silicate, acibenzolar-S-methyl and fungicides on the reduction of *Pestalotia* leaf spot on strawberry

Pestalotia leaf spot, caused by *Pestalotia longisetula*, has become an important disease on strawberry, and fungicide application is the main recommended control strategy. This study evaluated the effect of foliar application of potassium silicate (PS) at the concentrations of 8 and 30 g/L, acibenzolar-S-methyl (ASM), fungicides azoxystrobin (AZO), and mancozeb (MAN) on the reduction of disease severity. Plants were inoculated at 1, 6, and 12 days after application (d.a.a.) of the products. At the 1st d.a.a., there was no difference in disease severity between PS, at the two concentrations, ASM and the control. AZO and the MAN reduced disease severity by 56.3 and 43.8%, respectively, in comparison to the control. At the 6th d.a.a., there was no difference between PS (8 g/L) and the control. PS (30 g/L) reduced disease severity by 61% compared to the control. At the 12th d.a.a., there was no difference between the treatments PS, at the two concentrations, ASM, AZO, and MAN, but these treatments differed from the control. Disease severity was different for the three inoculation times for PS (8 g/L), with the lowest value occurring at the 12th d.a.a. For treatments PS (30 g/L), ASM, AZO, and MAN, disease severity was reduced from the 1st to the 6th d.a.a., but there was no difference between the 6th and the 12th d.a.a. There was no difference between the three inoculation times for the control. Foliar application of PS was as efficient as ASM in reducing the symptoms of *Pestalotia* leaf spot, especially if sprayed before pathogen inoculation.

Keywords: *Pestalotia longisetula*, induced resistance, mineral nutrition, silicon.

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é de importância econômica em várias regiões do país tanto para a produção de matéria prima para a indústria de alimentos como para a comercialização e consumo *in natura*. O morangueiro desenvolve-se bem em clima ameno que, associado à intensificação da cultura, favorece a ocorrência de várias doenças fúngicas. Entre elas, a mancha de *Pestalotia*, causada por *Pestalotia longisetula* Guba,

tem sido destrutiva, principalmente em áreas de cultivo no estado do Espírito Santo onde causa perdas na produção e a inviabilização de áreas de cultivo. Nas folhas, observam-se lesões necróticas de formato irregular, porém os sintomas ocorrem, de preferência, nos frutos. Nesses, observam-se lesões de 2 a 4 mm de diâmetro, de formato irregular e aparência seca, nas quais são formados acérvulos de coloração enegrecida (Howard & Albregts, 1973; Paulus,

1990). O problema torna-se mais grave com a ocorrência de ventos contendo partículas de areia que causam abrasões nos tecidos da planta facilitando a penetração do patógeno (Maas, 1998). A dificuldade dos produtores em encontrar cultivares resistentes e até mesmo fungicidas eficientes para o controle da doença tem despertado o interesse dos pesquisadores pela busca de novas alternativas de manejo. Poucos são os estudos relacionados ao patossistema morangueiro-*P. longisetula* no que se refere à patogênese e as medidas de controle para reduzir as perdas que a doença ocasiona. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do silicato de potássio, do indutor de resistência acibenzolar-S-metil e de dois fungicidas na redução dos sintomas da mancha de Pestalotia em morangueiro.

Mudas de morangueiro da cultivar Camarosa, obtidas de cultura de tecido (Multiplanta Tecnologia Vegetal, Andradas, MG), foram transplantadas para vasos plásticos contendo 1 kg de solo da classe Latossolo Amarelo árido com baixo teor de Si disponível (Rezende et al., 2009). A acidez do solo foi corrigida com 1,5 g de calcário dolomítico aos 30 dias antes do transplantio. As plantas foram fertilizadas aos 3 dias após serem transplantadas com 25 mL de solução nutritiva descrita por Novais et al. (1991) e depois a cada 7 dias.

Aos 45 dias após o transplantio, as mudas com 4 a 5 folhas receberam aplicação foliar de soluções de silicato de potássio (SP) (FertiSil®, PQ Silicas Brazil Ltda, São Paulo, SP) nas doses de 8 e 30 g/L com pH ajustado para 5,5 utilizando-se HCl 1M; acibenzolar-S-metil (ASM) (0,05 g/L); azoxystrobin (0,16 g do i.a./L) e mancozeb (6 g do i.a./L). Mudas pulverizadas com água destilada serviram como testemunha. Cada planta recebeu a aplicação de 25 mL das soluções de SP, ASM, azoxystrobin e mancozeb e também de água destilada.

As mudas, com 4 a 5 folhas, foram inoculadas aos um, seis e 12 dias após a aplicação (d.a.a.) dos produtos. Utilizou-se o isolado UFV Pl-1 de *P. longisetula* obtido de folhas infectadas de morangueiros, coletadas no município de Venda Nova do Imigrante, ES. O fungo foi isolado das folhas com sintomas típicos da doença pelo método indireto (Dhingra & Sinclair, 1995). Após crescimento em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), discos do meio contendo micélio do fungo foram retirados e distribuídos em novas placas de Petri contendo BDA para produção de conídios. As placas foram transferidas para câmara de crescimento (25°C e fotoperíodo de 12 h luz/escuro) onde permaneceram por 8 dias. O inóculo foi preparado adicionando-se 10 mL de água destilada esterilizada a cada placa, seguido de fricção com pincel de cerdas grossas para liberação dos conídios. A suspensão foi filtrada com gaze em tripla camada para reter micélio e fragmentos de ágar. Em seguida, a concentração foi ajustada para 2×10^5 conídios/mL com auxílio de hemacitômetro. Após serem inoculadas, as plantas foram transferidas para câmara de crescimento (UR $90 \pm 5\%$, 22°C, fotoperíodo de 12 h luz/12 h escuro) por 48 h e depois removidas para casa de vegetação. Avaliou-se

a severidade da mancha de Pestalotia com base na escala de James (1971), aos 5 dias após a inoculação das mudas. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6x3 com quatro repetições. Os fatores estudados foram produtos (SP, nas duas doses, ASM, 2 fungicidas e testemunha) e três épocas de inoculação das mudas após a aplicação dos produtos. Cada repetição foi constituída por um vaso plástico contendo uma muda de morangueiro. Os dados de severidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o software SAEG 9.1 (UFV, Viçosa, MG).

Testou-se o efeito do SP, do ASM e dos dois fungicidas na germinação dos conídios e no crescimento micelial de *P. longisetula*. Para o teste da inibição da germinação de conídios, uma alíquota de 50 µL de uma suspensão de 2×10^5 conídios/mL de *P. longisetula* foi misturada a uma outra alíquota de 50 µL de cada um dos produtos descritos acima. O volume total de 100 µL foi transferido para placas de Petri contendo meio ágar-água e espalhado com alça de Drigalski. As placas foram mantidas em câmara de crescimento a 25°C por 12 h na presença de luz. Após esse período, contou-se o número de conídios germinados observando-se as placas no microscópio de luz. Algumas gotas do corante azul de algodão em lactofenol foram adicionadas a cada placa para paralisar a germinação dos conídios. Foi considerado como germinado, o conídio que apresentou tubo germinativo maior ou igual a sua largura. Como tratamentos testemunha foram utilizadas as misturas compostas de 50 µL de água destilada + 50 µL da suspensão de conídios (testemunha 1) e 50 µL de uma solução de KCl (6,17 g/L, pH 5,5) + 50 µL da suspensão de conídios (testemunha 2). Essa última testemunha foi utilizada para equilibrar o teor de K com o tratamento SP na dose de 30 g/L.

Para inibição do crescimento micelial, os produtos descritos acima foram incorporados ao meio após autoclavagem. Após a distribuição e solidificação do meio BDA em placas de Petri (9 cm de diâmetro), um disco de BDA (7 mm de diâmetro), contendo micélio de *P. longisetula*, foi transferido para o centro de cada placa. As placas foram vedadas com Parafilm e mantidas em câmara de crescimento a 25°C com fotoperíodo de 12 h luz/escuro. Como tratamentos controle foram utilizadas placas contendo apenas meio BDA e meio BDA acrescido de KCl (6,17 g/L, pH 5,5). Esse último tratamento foi utilizado para equilibrar o teor de K com o tratamento SP na dose de 30 g/L. Avaliou-se o diâmetro das colônias às 48 h após a transferência do fungo para as placas. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições. Os dados da inibição da germinação de conídios e do crescimento micelial de *P. longisetula* foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Houve interação significativa entre os fatores produtos e épocas de inoculação para a severidade da mancha de Pestalotia. No 1º d.a.a., não houve diferença

significativa ($P=0,063$) dos tratamentos SP, nas duas doses, e ASM em relação à testemunha (Tabela 1). A aplicação dos fungicidas azoxystrobin (sistêmico) e mancozeb (protetor) reduziu a severidade da mancha de *Pestalotia* em 56,3 e 43,8%, respectivamente, em relação à testemunha. Aos 6 d.a.a., não houve diferença significativa entre o SP (8 g/L) e a testemunha (Tabela 1). A pulverização com SP (30 g/L) reduziu em 61% a severidade da mancha de *Pestalotia* em relação à testemunha. Não houve diferença significativa entre os tratamentos SP (30 g/L), ASM, azoxystrobin e mancozeb para a severidade da mancha de *Pestalotia* aos 6 daa. Aos 12 daa, não houve diferença estatística entre os tratamentos SP, nas duas doses, ASM, azoxystrobin e mancozeb, mas todos diferiram da testemunha (Tabela 1).

A severidade da mancha de *Pestalotia* foi significativamente diferente entre as épocas de inoculação para o SP (8 g/L), com o menor valor ocorrendo aos 12 d.a.a. Para os tratamentos SP (30 g/L), ASM, azoxystrobin e mancozeb, a severidade da mancha de *Pestalotia* foi reduzida do 1° para o 6° d.a.a, porém não houve diferença entre o 6° e o 12° d.a.a. Não houve diferença entre as três épocas de inoculação para o tratamento testemunha. A aplicação foliar de SP às 24 h antes da inoculação das plantas foi mais eficiente em reduzir a severidade da mancha de *Pestalotia* do que quando a aplicação antecedeu a inoculação em seis ou 12 dias. O SP em solução alcalina é mais estável e não polimeriza rapidamente. Em pH ácido, em torno de 5,5, é rapidamente polimerizado e poderia afetar, por um maior período de tempo, a germinação dos conídios de *P. longisetula* na superfície foliar.

O fornecimento de silício às plantas, seja via solo, solução nutritiva ou foliar, resulta em controle satisfatório de várias doenças, tanto em mono quanto em dicotiledôneas (Datnoff et al., 2007; Pereira et al., 2009, Rodrigues et al., 2009). Em morango, a aplicação foliar de SP (Palmer et al., 2006), o uso de solução de SP aplicada no solo (Kanto et al., 2006) ou em solução nutritiva foi eficiente em reduzir os sintomas do míldio pulverulento (Kanto et al., 2004). O morango é uma planta que responde positivamente à aplicação de Si pelo aumento da concentração de clorofila e de ácidos graxos não saturados nas folhas e o peso da matéria seca das plantas (Wang & Galletta, 1998). De acordo Braga et al. (2009), plântulas de morango crescendo em meio de cultura contendo silicato de sódio apresentaram maior peso da matéria fresca e seca, concentração de clorofila, espessamento da camada de cera epicuticular e maior número de células com deposição de Si.

Sabe-se que o ASM é capaz de ativar diferentes mecanismos de defesa em plantas, de maneira sistêmica, a diversos patógenos fúngicos e bacterianos (Lyon, 2007). Particularmente em morangueiro, plantas pulverizadas com ASM, na concentração de 0,0025%, apresentaram redução na incidência de pseudofrutos com mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea* (Mazaro et al., 2008). O número de lesões do mofo cinzento em pétalas de flores de morangueiro também foi reduzido pela aplicação de ASM

(Darras et al., 2007). Além disso, esses autores observaram que o ASM reduziu o crescimento micelial de *B. cinerea* e o alongamento dos tubos germinativos dos conídios.

Não houve diferença do tratamento SP (8 g/L) e as duas testemunhas tanto para a germinação de conídios quanto para o crescimento micelial de *P. longisetula* (Tabela 2). A germinação de conídios e o crescimento micelial de *P. longisetula* foram menores nos tratamentos SP (30 g/L), ASM, azoxystrobin e mancozeb em relação às testemunhas. Os fungicidas azoxystrobin e mancozeb foram mais eficientes em reduzir a germinação de conídios e o crescimento micelial de *P. longisetula* do que os demais tratamentos. 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 a aplicação de SP. Além disso, os conídios que germinaram apresentaram

TABELA 1 - Efeito do silicato de potássio (SP), acibenzolar-S-metil (ASM) e fungicidas na severidade da mancha de *Pestalotia* em folhas de plantas de morango inoculadas em diferentes épocas da aplicação desses produtos

Tratamentos	Inoculações		
	1 daa	6 daa	12 daa
SP (8 g/L)	87,50 aA	56,25 abB	14,25 bC
SP (30 g/L)	100,00 aA	30,02 bcB	22,97 bB
ASM	93,75 aA	11,45 cB	9,02 bB
Azoxystrobin	43,75 bA	5,4 cB	11,05 bB
Mancozeb	56,25 bA	13,65 cB	6,95 bB
Testemunha (água)	100,00 aA	76,65 aA	80,00 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. daa = dias após aplicação.

TABELA 2 - Efeito do silicato de potássio (SP), acibenzolar-S-metil (ASM), fungicidas e do cloreto de potássio (KCl) na germinação de conídios e no crescimento micelial de *Pestalotia longisetula*

Tratamentos	Germinação (%)	Crescimento micelial (cm ²)
SP (8g/L)	89,1 a	26,86 a
SP (30 g/L)	79,7 b	16,73 b
ASM	74,2 b	18,47 b
Azoxystrobin	47,0 c	6,33 c
Mancozeb	0,5 d	0,2 d
Testemunha 1 (água)	97,3 a	24,56 a
Testemunha 2 (KCl)	91,0 a	26,09 a
CV (%)	9,61	17,04

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

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. A aplicação foliar de SP foi tão eficiente quanto o uso do indutor de resistência ASM em reduzir os sintomas da mancha de *Pestalotia*. Salienta-se, contudo, que os mecanismos envolvidos na redução da severidade dessa doença deverão ser elucidados em trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo financiamento parcial desse estudo. Ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa dos professores F.Á. Rodrigues e L. Zambolim. Ao Dr. Hélcio Costa (INCAPER) pelo envio das plantas de morango com sintomas da mancha de *Pestalotia*. As empresas PQ Silicas Brasil Ltda. e Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. pelo fornecimento do FertiSil® e Bion®, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- Braga FT, Nunes CF, Favero AC, Pasqual M, Carvalho JG, Castro EM (2009) Anatomical characteristics of the strawberry seedlings micropropagated using different sources of silicon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:128-132.
- Darras AL, Joyce DC, Terry LA, Pompadakis NE, Dimitriadis CI (2007) Efficacy of postharvest treatments with acibenzolar-S-methyl and methyl jasmonate against *Botrytis cinerea* infecting cut *Freesia hybrida* L. flower. *Australasian Plant Pathology* 36:332-340.
- Datnoff LE, Rodrigues FA, Seebold KW (2007) Silicon and Plant Nutrition. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (Eds.) *Mineral nutrition and plant disease*. Saint Paul MN. APS Press. pp. 233-246.
- Dhingra OD, Sinclair JB (1995) *Basic Plant Pathology Methods*. 2nd Ed. Boca Raton. CRC Press.
- Howard CM, Albrechts EE (1973) A strawberry fruit rot caused by *Pestalotia longisetula*. *Phytopathology* 63:862-863.
- James C (1971) *A manual of assessment keys for plant diseases*. Canada Department of Agriculture. Publication No. 1458.
- Kaiser C, Merwe R, van der Bekker 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, 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.
- 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.
- Lyon G (2007) Agents that can elicit induced resistance. In: Walters D, Newton A., Lyon G (Eds.) *Induced Resistance for Plant Defence: a sustainable approach to crop protection*. Oxford. Blackwell Publishing. pp. 9-29.
- Maas JL (1998) *Compendium of strawberry diseases*. 2nd Ed. Saint Paul MN. APS Press.
- Mazaro SM, Deschamps C, de Mío LL, Biasi LA, Gouvea A, Sautter CK (2008) Post harvest behavior of strawberry fruits after pre-harvest treatment with chitosan and acibenzolar-S-methyl. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30:185-190.
- 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*. Brasília DF. EMBRAPA SEA. 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. *Proceedings V. International Strawberry Symposium. Acta Horticulturae* 708:135-139.
- Paulus AO (1990) Fungal diseases of strawberry. *HortScience* 25:885-889.
- 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.
- Rezende DC, Rodrigues FA, Carré-Missio, 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 on the control of soybean rust. *Australasian Plant Pathology* 38:16-22.
- Wang SY, Galletta GJ (1998) Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 21:157-167.

TPP 9141 - Recebido 16 Novembro 2009 - Aceito 27 Abril 2010
 Editor de Seção: Eduardo S.G. Mizubuti