



Acibenzolar-S-Metil e silício como indutores de resistência à Sigatoka-negra em bananeira cultivar Grand Naine (AAA)

Acibenzolar-S-Methyl and silicium as a inductor of resistance to Black sigatoka of banana cultivar Grand Naine (AAA)

Cleilson do Nascimento Uchôa¹, Edson Ampélio Pozza², Keline Sousa Albuquerque Uchôa¹, Pedro Martins Ribeiro Júnior³, Márcia Toyota², Wilson da Silva Moraes⁴, Marcelo Loran de Oliveira Freitas², Bruno Marques da Silva²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Limoeiro do Norte, Rua Estevam Remigio, 1145, Bairro Centro, Limoeiro do Norte-CE, CEP: 62930-000. E-mail: cleilson_uchoa@ifce.edu.br

²Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Fitopatologia, Lavras, MG

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

⁴Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Laboratório de Sanidade Vegetal, Registro, SP

Recebido em: 28/09/2012

Aceito em: 10/03/2014

Resumo. Uma alternativa ao uso de defensivos agrícolas no controle da Sigatoka-negra, causada pelo agente etiológico *Mycosphaerella fijiensis*, é a utilização da indução de resistência, que ativa os mecanismos latentes de resistência da planta com o uso de agentes bióticos ou abióticos, como por exemplo, o Acibenzolar-S-Metil (ASM) e produtos a base de silício. Objetivou-se com este trabalho estudar a indução de resistência à Sigatoka-negra por ASM e Silicato de potássio. Folhas da bananeira Grand Naine (AAA) foram pulverizadas com os tratamentos: T1 - Silicato de potássio a 0,5 %; T2 - 0,2 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T3 - 0,5 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T4 - 0,2 g.L⁻¹ de ASM; T5 - 0,5 g.L⁻¹ de ASM; T6 - 1g.L⁻¹ de ASM; T7 - 1g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T8 - Testemunha com inoculação e T9 - Testemunha sem inoculação com aplicação de água destilada esterilizada. Após sete dias as plantas foram inoculadas e mantidas em câmara de crescimento. Os tratamentos T1, T5, T6 e T7 não diferiram significativamente da testemunha inoculada. Os tratamentos T2, T3 e T4 reduziram a severidade da Sigatoka-negra, apresentando os respectivos valores 7,75, 8,75 e 12,75 para área abaixo da curva do progresso da doença e foram capazes de induzir a síntese conjunta de lignina e de fenóis.

Palavras-chaves: Bion, *Musa sp.*, *Mycosphaerella fijiensis*, silicato de potássio

Abstract. An alternative to the use of pesticides to control black sigatoka, caused by the agent *Mycosphaerella fijiensis*, is the use of induced resistance, which activates the latent mechanisms of plant resistance using biotic or abiotic agents such as, acibenzolar -S- methyl (ASM) and products based on silicon. The objective of this work was to study the induction of resistance to black sigatoka by ASM and Potassium silicate. Grand Naine (AAA) banana leaves were sprayed with the treatments: T1 - Potassium silicate 0.5 %; T2 - 0.2 g.L⁻¹ of ASM + Potassium silicate 0.5 %; T3 - 0.5 g.L⁻¹ ASM + potassium silicate 0.5%; T4 - 0.2 g.L⁻¹ ASM; T5 - 0.5 g.L⁻¹ ASM; T6 - 1g.L⁻¹ ASM; T7 - 1g.L⁻¹ + ASM potassium silicate 0.5 %; T8 – inoculated control T9 – non-inoculated control. After seven days, the plants were inoculated and kept in a growth chamber. T1, T5, T6 and T7 did not differ significantly from the inoculated control. The treatments T2, T3 and T4 reduced the severity of black sigatoka, with the respective values 7,75, 8,75 and 12,75 for the area under the curve of disease progression and were able to induce the synthesis of lignin and joint phenols.

Keywords: Bion, *Musa sp.*, *Mycosphaerella fijiensis*, potassium silicate



Introdução

A bananeira (*Musa* sp.) é originária do Sudeste Asiático, destacando-se como a fruta 'in natura' mais consumida do mundo, representando um alimento básico e produto de exportação de vários países (Fasolin et al., 2007). Apesar de sua importância a cultura pode ser afetada por diversos patógenos, com reflexos negativos na produção. Nesse contexto, a Sigatoka-negra, cujo agente etiológico é o fungo *Mycosphaerella fijiensis*, (Morelet, 1969) é considerada a mais grave e destrutiva doença da bananeira no mundo (Junior et al., 2008), sendo o uso de defensivos agrícolas, a forma mais eficiente de controle da doença.

A demanda pelo uso sistemático de fungicidas, além de aumentar os custos, ainda pode selecionar raças do patógeno resistentes, quando utilizado de forma inadequada, dificultando ainda mais o manejo da doença. A utilização da indução de resistência torna-se uma alternativa a esta prática, pois, ativa os mecanismos latentes de resistência da planta com o uso de agentes bióticos ou abióticos. Entre os indutores, encontram-se o Acibenzolar-S-Metil (ASM) e o silício (Amaral et al., 2008; Pereira et al., 2008; Júnior et al., 2009; Silva et al., 2010). O ASM é um indutor de resistência que não possui ação antimicrobiana direta, que interfere nos processos fisiológicos e/ou bioquímicos das plantas, como a produção de fenóis, ativando a resistência sistêmica (Debona et al., 2009; Furtado et al., 2010). A resistência induzida por silício combina barreiras físicas e químicas, como a lignificação da parede celular, formação de papilas ou indução de várias proteínas de defesa, que, além de conferir resistência também proporcionam incremento na produção agrícola (Ma et al., 2008; Li. et al., 2009; Pereira et al., 2009; French-Monar, 2010).

O acúmulo de compostos fenólicos e de lignina, nas paredes celulares nas raízes de bananeiras infectadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubenses* foram comprovados como parte de mecanismos de defesa (Michielse, 2009; Bennett, 2010). Provavelmente, os fenóis estariam acumulados nos vacúolos ou distribuídos aleatoriamente ou em locais específicos nas plantas, e em situações de estresse biótico ou abiótico, esse conteúdo fenólico oxidaria promovendo a suberização, lignificação e morte de células, confinando os patógenos nos tecidos mortos (Almagro, 2009). A síntese da lignina, possivelmente, seja uma resposta de resistência induzida por agentes bióticos e abióticos, podendo

estar intrinsecamente associada à resistência sistêmica adquirida (Pinto, 2011).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho estudar a indução de resistência à Sigatoka-negra por Acibenzolar-S-Metil e Silicato de Potássio em plantas de bananeira da variedade Grand Naine (AAA).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento a 25°C e fotoperíodo de 12 horas em um período de trinta dias. As mudas utilizadas nos experimentos foram micropropagadas da variedade Grande Naine (AAA), suscetível à Sigatoka-negra com duas folhas totalmente expandidas, crescidas em vasos de plástico de quatro litros com substrato comercial Plantmax®.

A obtenção do inóculo de *M. fijiensis* seguiu a metodologia descrita por Cordeiro (1997). Em câmara de fluxo laminar as colônias do isolado foram maceradas com bastão de vidro e diluídas em água destilada e deionizada, que posteriormente foram espalhadas sobre a superfície de placas de Petri contendo meio BDA, transferidas para a BOD, com temperatura ajustada para 28 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após 10 dias de incubação, adicionou-se 15 mL de água destilada esterilizada sobre as colônias e procedeu-se a liberação dos conídios com pincel. Essa suspensão foi filtrada e ajustada a sua concentração em câmara de Neubauer para 4×10^4 conídios mL⁻¹. Essa suspensão foi inoculada com atomizador plástico, até o ponto de escorrimento, na folha zero, na superfície abaxial das folhas. O período de molhamento foliar, que correspondeu ao tempo em que as plantas inoculadas permaneceram com as folhas envoltas com sacos plásticos transparentes e umedecidos, de modo a formar uma câmara úmida, foi de 72 horas, sob a temperatura constante de 24 °C.

Após a retirada dos sacos plásticos a umidade nas câmaras climatizadas ficou em torno de 75% ±3, sendo mantidas até o final das avaliações. Foram testados os seguintes tratamentos, aplicados 7 dias antes da inoculação do patógeno: T1 - Silicato de potássio a 0,5 %; T2 - 0,2 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T3 - 0,5 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T4 - 0,2 g.L⁻¹ de ASM; T5 - 0,5 g.L⁻¹ de ASM; T6 - 1g.L⁻¹ de ASM; T7 - 1g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T8 - Testemunha com inoculação e T9 - Testemunha sem inoculação com aplicação de água destilada esterilizada. As soluções foram aplicadas com



pulverizador manual até o escorrimento da calda. O ensaio para avaliar o efeito do ASM e do Silício no estabelecimento do parasitismo da Sigatoka-negra foi conduzido em câmaras climatizadas, sob temperatura constante de 24 °C e fotoperíodo de 12 horas.

As avaliações da severidade da Sigatoka-negra foram realizadas com o auxílio da escala diagramática proposta por Stover e modificada por Gauhl et al. (1994). As avaliações foram realizadas a cada quatro dias até cessar o desenvolvimento da doença que ocorreu após 16 dias do surgimento dos primeiros sintomas. Ao final das avaliações foi calculada a área abaixo da curva de progresso (AACPD) da doença segundo Shaner & Finney (1977).

Para determinar a quantidade de lignina, derivados do ácido da lignina- ácido tioglicólico (DLATG) e de fenol e compostos fenólicos solúveis totais (CFST), ao final das avaliações foram retirados de cada repetição dos tratamentos 5 g do tecido da folha zero da bananeira, que foram triturados em nitrogênio líquido, com almofariz e pistilo até a obtenção de um pó fino e homogêneo. As amostras foram armazenadas em frascos de vidros e mantidas a temperaturas de -20°C, para evitar sua decomposição. As amostras foram liofilizadas por 12 horas. Uma alíquota de 30 mg do material liofilizado foi transferida para micro tubo de 2 mL, homogeneizada com 1,5 mL de metanol a 80% e mantida sob agitação, por 15 horas, em agitador rotativo, protegido da luz à temperatura ambiente. A suspensão foi centrifugada, a 12000 G, por 5 minutos. O sobrenadante (extrato metanólico) foi transferido para novo microtubo, com o qual se realizou a determinação de CFST, enquanto o resíduo sólido foi utilizado para determinação de DLATG.

A quantificação espectrométrica de CFST foi realizada por meio de técnica, que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteu. No sobrenadante foram adicionados 150 µL de extrato metanólico + 150 µL reagente Folin-Ciocalteu 0,25 N por 5 min, à temperatura de 25° C. Em seguida foram adicionados 150 µL de Na₂CO₃ 1M, homogeneizados, permanecendo por 10 min a 25° C. Acrescentou-se então 1,0 mL de água destilada e deionizada mantendo-se a solução a 25° C por 1 hora. A quantidade de CFST foi calculada pela média da leitura da triplicata com base na curva de catecol expresso em mg.catecol.g⁻¹ de tecido seco, na leitura de 725 nm.

O conteúdo DLATG foi determinado como descrito por Stadnik (1999), por meio do ensaio com ácido tioglicólico (Monties, 1989). O resíduo sólido obtido anteriormente, foi seco a 24°C por 24 horas, acrescentou-se em seguida 1,5 ml de uma mistura de ácido tioglicólico e ácido clorídrico 2M (1:10, v.v⁻¹), agitou-se suavemente a banho-maria (100°C), por 4 horas. Posteriormente o material foi centrifugado a 10000 g por 10 min, descartou-se o sobrenadante e lavou-se o material com água destilada e deionizada sendo então centrifugado novamente, a 10000 g por 10 min. O sobrenadante foi descartado novamente e o precipitado foi ressuscitado com 1,5ml de NaOH 0,5 M, deixando-se o material agitar a 25° C por 15 horas. Após agitação o material foi centrifugado a 10000 G por 10 min e o sobrenadante transferido para novo microtubo com 200µL de HCl concentrado e mantido no gelo por quatro horas. Em seguida, uma nova centrifugação de 10000 G por 10 min foi realizada, o precipitado foi ressuscitado em NaOH 0,5 N e a absorbância dessa solução foi determinada a 280 nm, em espectrofotômetro. A quantidade DLATG foi calculada com base na curva padrão, constituída com diferentes concentrações de lignina padrão (alkali, 2-hidroxipropil éter). Os resultados foram expressos em micrograma de DLATG por grama de matéria fresca (µg.gMF⁻¹) obtidos da média da triplicata para cada repetição.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito repetições, sendo cada repetição composta por um vaso contendo uma planta. A análise estatística das variáveis foi realizada com o programa SISVAR[®]-versão 4,6 (Ferreira, 2003). As variáveis significativas no teste F da análise de variância foram submetidas ao teste de médias de Scott Knott.

Resultados e Discussão

O progresso da Sigatoka-negra apresentou comportamento diferencial no tempo, em experimento de avaliação dos indutores de resistência para esta doença na bananeira variedade Grand Naine (AAA) (Figura 1), com um melhor desempenho das plantas pulverizadas com ASM, nas dosagens em associação com o silicato de potássio a 0,5%, em relação aos demais tratamentos. De acordo com Pereira et al. (2009), a aplicação do ASM reduziu significativamente a severidade da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) em 65,5% em relação à aplicação de água. A aplicação foliar de soluções de silicato de potássio também se mostrou eficiente em reduzir a severidade da ferrugem, e não

houve diferença significativa entre os tratamentos com silicato de potássio pH 5,5 e ASM. Silva et al. (2008) relataram que para o controle da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) o ASM aplicado em mistura com alguns produtos não diferiu estatisticamente da dose zero dos produtos (testemunha inoculada + ASM 0,2 g L⁻¹), exceto

para o Supa-potássio®. Entretanto, com o aumento das doses, de 5 e 10 mL L⁻¹, em associação com o ASM, houve aumento linear na incidência da vassoura-de-bruxa em mudas de cacaueteiro, evidenciando o efeito negativo de altas doses de silicato de potássio, interferindo no desempenho da mistura com ASM.

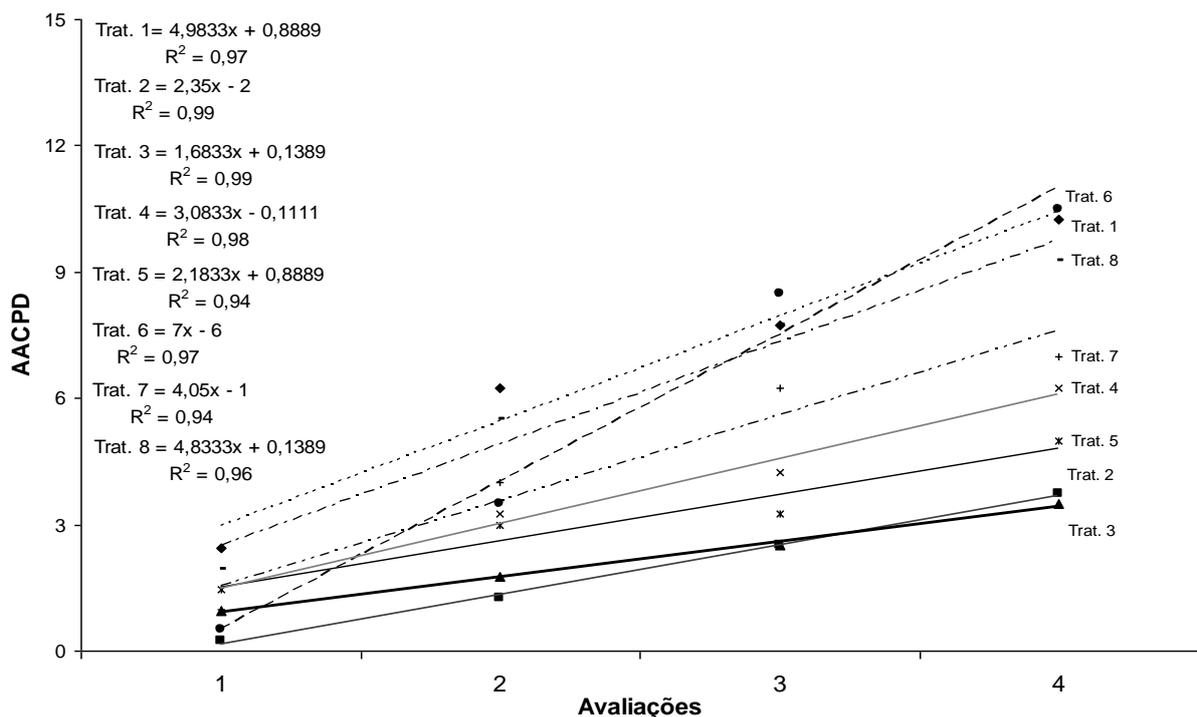


Figura 1 Curva de progresso da Sigatoka-negra em bananeiras da cultivar Grand Naine (AAA) tratadas com: T1 - Silicato de potássio a 0,5 %; T2 - 0,2 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T3 - 0,5 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T4 - 0,2 g.L⁻¹ de ASM; T5 - 0,5 g.L⁻¹ de ASM; T6 - 1g.L⁻¹ de ASM; T7 - 1g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %; T8 - Testemunha com inoculação e T9 - Testemunha sem inoculação com aplicação de água destilada esterilizada e inoculadas com *Mycosphaerella fijiensis*.

Os tratamentos com indutores de resistência apresentaram diferenças significativas para a AACPD, teores de fenol e de lignina, quando desafiados com esporos de *M. fijiensis* (Tabela 1).

As menores AACPDs foram obtidas nas doses de T4, T2, T3 que apresentaram uma redução em 44,5 %, 66 % e 62 % em relação ao T8 respectivamente, o que não diferiu estatisticamente de T9 0 % ao nível de 5% de probabilidade por Scott-Knott. Quanto à DLATG, os tratamentos T3, T6, T7 e T8 diferiram estatisticamente dos demais. Para o CFST, somente T1 e T3 foram inferiores em 74 % e 44 % em relação ao T8 (Tabela 1). Provavelmente houve combinação dos efeitos de barreiras físicas, produção de lignina, devido ao

silício e químicas, fenóis, devido ao ASM, para obter redução na AACPD da doença.

A ação do ASM sobre a Sigatoka-negra, aplicado na variedade Grande Naine, baseia-se, em parte, nas barreiras e mecanismos de defesa pré-existent, independentemente da chegada do inóculo ao sítio de infecção. Desta maneira, quando as plantas entram em contato com algum agente indutor, os mecanismos de defesa, que aparentemente, podem estar inativos ou latentes, são ativados e expressos (Vlot et al., 2008; Yasuda et al., 2008; Pieterse et al., 2009; Coqueiro et al., 2011).



Tabela 1 Efeito de dosagens de Acibenzolar-S-Metil (ASM) e silicato de potássio a 0,5% (K_2SiO_3) sobre a área abaixo da curva da doença AACPD da Sigatoka-negra causada por (*Mycosphaerella fijiensis*), derivados do ácido da lignina - ácido tioglicólico (DLATG) e de fenol, compostos fenólicos solúveis totais (CFST).

Tratamentos	AACPD	CFST	DLATG
Silicato de potássio 0,5%	26,75 b	0,13 b	0,37 a
ASM 0,2g/L + K_2SiO_3	7,75 a	0,28 b	0,39 a
ASM 0,5g/L + K_2SiO_3	8,75 a	0,43 a	0,30 b
ASM 0,2g/L	12,75 a	0,44 a	0,23 c
ASM 0,5g/L	15,25 b	0,59 a	0,21 c
ASM 1g/L	18,25 b	0,50 a	0,31 b
ASM 1g/L + K_2SiO_3	24,50 b	0,61 a	0,28 b
Testemunha com inoculação	23,00 b	0,50 a	0,29 b
Testemunha	0,00 a	0,49 a	0,25 c

*Valores na mesma coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Amaral (2008) e Ribeiro Júnior (2005) relataram que para Cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola*) e Murcha-de-verticillium no cacauzeiro (*Verticillium dahliae*) doses intermediárias de silicato de potássio (0,75 e 1,5 mL L⁻¹) proporcionaram a diminuição da severidade dessas doenças. Os autores observaram que as doses mais altas de silicato de potássio, aumentaram a severidade das doenças, provavelmente, porque altas concentrações de K⁺ interferem na absorção de cálcio e magnésio (Pinho Costa et al., 2008; Marodin et al., 2010). Fato semelhante foi observado por Lima et al. (2010), em que a partir da dose de 6,0 mmol L⁻¹ de potássio na solução nutritiva maior foi a severidade da Mancha de Phoma do cafeeiro, o que desbalanceou outros nutrientes como o cálcio.

O tratamento com 0,2 g.L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 % (T2) evidenciou maior acúmulo DLATG, acusando efeito de indução na produção desta enzima. O silício promove aumento no teor de lignina como foi verificado por Asmar et al. (2013), em trabalho com Cercosporiose em mudas de café, verificando aumento no teor de lignina nas plantas, o que pode ter ocasionado uma redução na intensidade da doença. Entretanto, o tratamento T1 não diferiu estatisticamente do T2, não sendo eficiente no controle da Sigatoka-negra. Segundo Cai et al. (2008), a redução na severidade de doenças no arroz com a aplicação de silício é um processo complexo, que não se limita à formação de barreiras mecânicas ou à indução de reações bioquímicas, sendo um resultado da atuação conjunta desses dois mecanismos. O acúmulo de silicato também confere resistência à determinada doença por barreiras estruturais, no local de penetração do patógeno, formando complexos

polifenólicos e, assim, reforçando a parede celular (Júnior et al., 2009; Schultz, 2012). Os CFST no tratamento T1 foram os menores em relação aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente apenas do tratamento com doses de T2 que apresentou os menores valores na curva de progresso da doença (Figura 1). A ineficiência do tratamento T1 no controle da Sigatoka-negra, apesar da verificação de que este aumentou os teores de lignina na folha, poderia sugerir que outros mecanismos ou compostos estariam envolvidos na ativação da resistência das plantas neste patossistema.

A lignina é um produto direto da oxidação de alcoóis hidroxicinâmicos, esta atividade é catalisada por peroxidases, que resulta em radicais de fenoxi-mesoméricos, capazes de favorecer a deposição de lignina na parede celular, aumentando sua resistência (Peixoto, 1999). A polifenoloxidase também participa do processo de lignificação durante a penetração do patógeno (Barros et al., 2010). Soares et al. (2004) relataram a ineficiência do Acibenzolar-S-metil no controle da Murcha-de-Curtobacterium no feijoeiro (*Curtobacterium flaccumfaciens*), apesar do produto ter aumentado a atividade da peroxidase, enzima de defesa da planta, frequentemente aumentada em resposta aos estresses, na folha e no caule, e da polifenoloxidase, outra importante enzima de defesa, e proteínas totais solúveis no caule das plantas de feijoeiro. Resende et al. (2002) também não encontraram diferença na atividade da polifenoloxidase em plantas de cacauzeiro induzidas pelo Acibenzolar-S-Metil, possivelmente por causa de mudanças qualitativas nas isoformas, ou outras que tenham ocorrido em períodos diferentes das épocas de coleta, que não



foram possíveis de identificar. De acordo com Siegel (1993), essas alterações podem ocorrer por fatores como luz, temperatura, pH e qualquer tipo de estresse.

Em relação às concentrações de fenol, plantas tratadas com T2 e as tratadas com T1 apresentaram menores concentrações em relação aos demais tratamentos (Tabela 1), isto pode ter ocorrido em virtude da lignificação da parede celular desencadear reações do sistema de defesa da planta (Kúc, 2001), reduzindo os teores de composto fenólicos nas folhas. A não eficiência de alguns tratamentos aplicados pode ter sido influenciada pelo baixo acúmulo de compostos fenólicos, pois, houve uma correlação altamente negativa (-0,77) entre os teores de lignina e compostos fenólicos nas folhas. A velocidade da expressão da resistência é fator determinante na colonização do patógeno, pois, quando mais rápida for a resposta da planta ao ataque do patógeno, mais eficiente é a resistência de um hospedeiro considerado suscetível (Pieterse et al., 2009; El Hadrami et al., 2010).

Sendo assim, outros experimentos devem ser realizados tanto em laboratório quanto em campo, em diferentes ambientes, para ajustar doses e verificar a incorporação no sistema de manejo dessas moléculas para otimizar o manejo.

Conclusões

Os resultados obtidos evidenciam, para esse experimento, que Acibenzolar-S-Metil (0,2 ou 0,5g L⁻¹ de ASM + Silicato de potássio a 0,5 %) combinados com silicato de potássio a 0,5% induziram resistência a Sigatoka-negra na variedade suscetível Grand Naine (AAA) e reduziram a AACPD da doença.

Referências

ALMAGRO, L.; ROS, L. G.; BELCHI-NAVARRO, S.; BRU, R.; BARCELÓ, A. R.; PEDREÑO, M. A. Class III peroxidases in plant defence reactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 2, p. 377-390, 2009.

AMARAL, D.R.; RESENDE, M.L.V.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; BOREL, J.C.; MAC LEOD, R.E.O.; PÁDUA, M.A. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 6, 2008.

ASMAR, S. A.; PASQUAL, M.; DE ARAUJO, A. G.; SILVA, R. A. L.; RODRIGUES, F. A.; PIO, L. A. S. Características morfofisiológicas de bananeiras

‘Grande Naine’ aclimatizadas em resposta a utilização de silício in vitro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 73-82, 2013.

BARROS, F. C.; SAGATA, E.; FERREIRA, L. C. C.; JULIATTI, F. C. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Biosci Journal**, v. 26, n. 2, p. 231-239, 2010.

BENNETT, R. N.; SHIGA, T. M.; HASSIMOTTO, N. M.; ROSA, E. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall fractions of postharvest banana (*Musa acuminata* Juss.) cultivars. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 13, p. 7991-8003, 2010.

CAI, K.; GAO, D.; LUO, S.M.; ZENG, R.; YANG, J.Y.; ZHU, X.Y. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. **Physiologia Plantarum**, v.134, p.324-333, 2008.

COQUEIRO, D. S.; SILVA, C. N.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; LIMA, G. S.; SANTOS, A.; OLIVEIRA, A. C. Aplicação de suspensões de *Agaricus blazei*, *Lentinula edodes* e de acibenzolar-S-metil na redução da antracnose em frutos de maracujá-azedo. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, p. 54-59, 2011.

CORDEIRO, Z. J. M. **Variabilidade Patogênica de isolados de *Mycosphaerella musicola* e resistência induzida e genética em genótipos de bananeira**. Piracicaba-SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

DEBONA, D.; FIGUEIROÓ, G. G.; CORTE, G. D.; NAVARINI, L.; DOMINGUES, L. D. S.; BALARDIN, R. S. Efeito do tratamento de sementes com fungicidas e acibenzolar-S-methyl no controle da ferrugem asiática e crescimento de plântulas em cultivares de soja. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 1, 2009.

EL HADRAMI, A.; ADAM, L. R.; EL HADRAMI, I.; DAAYF, F. Chitosan in plant protection. **Marine drugs**, v. 8, n. 4, p. 968-987, 2010.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. D.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos



- produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 4. 6** – Sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003.
- FRENCH- MONAR, R. D.; RODRIGUES, F. A.; KORDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon suppresses Phytophthora blight development on bell pepper. **Journal of Phytopathology**, v. 158, n. 7-8, p. 554-560, 2010.
- FURTADO, L. M.; RODRIGUES, A. A. C.; ARAÚJO, V. S.; SILVA, L. L. S.; CATARINO, A. M. Utilização de Ecolife® e Acibenzolar – s – metil (ASM) no Controle da Antracnose da banana em pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.3, p.237-239, 2010.
- GAUHL, F. Epidemiology and ecology of black Sigatoka (*Micospharella fijiensis* Morelet) on Plantain and Banana (*Musa* spp.) in Costa Rica, Central America. **INIBAP**, Montpellier, France. 1994.
- JUNIOR, J.; VALADARES, J. R.; CECÍLIO, R. A.; MORAES, W. B.; VALE, F. X. R. D.; ALVES, F. R.; PAUL, P. A. Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. **Scientia Agricola**, v. 65, n. SPE, p. 40-53, 2008.
- JÚNIOR, L. A. Z.; FONTES, R. L. F.; ÁVILA, V. T. Notas Científicas Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 203-206, 2009.
- KÚC, J. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. **European Journal of Plant Pathology**, v. 107, p. 7-12, 2001.
- LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; TORRES, H. N.; POZZA, A. A.; SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, 2010.
- LI, Y. C.; BI, Y., GE, Y. H., SUN, X. J.; WANG, Y. Antifungal activity of sodium silicate on *Fusarium sulphureum* and its effect on dry rot of potato tubers. **Journal of food science**, v. 74, n. 5, p. 213-218, 2009.
- MA, J. F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 65, n. 19, p. 3049-3057, 2008.
- MARODIN, J. C.; RESENDE, J.; MORALES, R. G. F.; CAMARGO, C. K.; CAMARGO, L. K. P.; PAVINATO, P. S. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 9, n. 3, p. 50-57, 2010.
- MICHELSE, C. B.; REP, M. Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. **Molecular plant pathology**, v. 10, n. 3, p. 311-324, 2009.
- MONTIES, B. Lignins. In: Dey PM, Harborne JB (Eds.) **Methods in Plant Biochemistry**. New York NY. Academic Press. pp. 113-158. 1989.
- MORELET, M. Micromycetes du var et d'ailleurs (2ème Note). **Annales de la Societe des Sciences Naturelles et d'Archèologie de Toulon et du**. v. 21, p. 104 – 106, 1969.
- PEIXOTO P.H.P., CAMBRAIA J., SANT'ANNA, R., MOSQUIM, P.R., MOREIRA, M.A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p. 137-143, 1999.
- PEREIRA, R. B.; ALVES, E.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; RESENDE, M. D.; LUCAS, G. C.; FERREIRA, J. B. Extrato de casca de café, óleo essencial de tomilho e acibenzolar-S-metil no manejo da cercosporiose-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1287-1296, 2008.
- PEREIRA, S.C., RODRIGUES F.A., CARRÉ-MISSIO, V. OLIVEIRA, M.G.A., ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 3, 2009.
- PIETERSE, C. M.; LEON-REYES, A.; VAN DER ENT, S.; VAN WEES, S. C. Networking by small-molecule hormones in plant immunity. **Nature Chemical Biology**, v. 5, n. 5, p. 308-316, 2009.



- PINHO COSTA, K. A.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R.; NASCIMENTO, P. P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 86-92, 2008.
- PINTO, M. D. S. T.; RIBEIRO, J. M.; DE OLIVEIRA, E. A. G. O estudo de genes e proteínas de defesa em plantas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 2, 2011.
- RESENDE, M.L.V.; NOJOSA, G.B.A.; CAVALCANTI, L.S.; AGUILAR, M.A.G.; SILVA, L.H.C.P.; PEREZ, J.O.; ANDRADE, G.C.G.; CARVALHO, G.A.; CASTRO, R.M. Induction of resistance in cocoa against *Crinipellis perniciosa* and *Verticillium dahliae* by acibenzolar-S-methyl (ASM). **Plant Pathology**, v.51, p.621-628, 2002.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. M. **Efeito do silicato e fosfito de potássio na indução de resistência em mudas de cacaueteiro a *Verticillium dahliae* Kleb.** 2005. ,Ano de obtenção 2005. 75 p. Dissertação (Mestrado em fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- SILVA, I.L.S.S.; RESENDE, M.L.V.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; COSTA, J.C.B.; CAMILO, F.R.; BAPTISTA, J.C.; SALGADO, S.M.L. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacaueteiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 61-67, 2008.
- SILVA, I. T.; RODRIGUES, F. Á.; OLIVEIRA, J. R.; PEREIRA, S. C.; ANDRADE, C. C. L.; SILVEIRA, P. R.; CONCEIÇÃO, M. M. Wheat resistance to bacterial leaf streak mediated by silicon. **Journal of Phytopathology**, v. 158, n. 4, p. 253-262, 2010.
- STADNIK, M.J. Induction of resistance in wheat by a benzothiadiazole derivative against the powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*): practical aspects and mechanisms of action. Stuttgart, 1999. 138p. **Thesis (Ph.D)** - University of Hohenheim, Stuttgart, 1999.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing in knox wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051-1055, 1977.
- SCHULTZ, B.; BORA, K. C.; NOGUEIRA, A. C.; AUER, C. G. Uso do silicato de potássio no controle de oídio em mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 93, 2012.
- SIEGEL, B.Z. Plant peroxidases - an organismic perspective. **Plant Growth Regulation** v. 12, p. 303-312, 1993.
- SOARES, R.M.; MARINGONI, A.C.; LIMA, G.P.P. Ineficiência de acibenzolar-S-methyl na indução de resistência de feijoeiro à murcha-de-Curtobacterium. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p.373-377, 2004.
- SOUZA JÚNIOR, S.F.; ANDRADE, A.L.; ALMEIDA, P.S.G; MARCÍLIO, H.C.; FOLMAN, R.; BEZERRA, F.F.; VILALBA, R.; SCHERER, S. Acúmulo de silício em folhas de bananeira (*Musa* sp.). In XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2008, Vitória-ES. **Anais...**, XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2008. 1 CD-Rom.
- STADNIK, M.J. **Induction of resistance in wheat by a benzothiadiazole derivative against the powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*): practical aspects and mechanisms of action.** Stuttgart, 1999. 139 p. **Thesis (Ph.D)** - University of Hohenheim, Stuttgart, 1999.
- VLOT, A. C.; KLESSING, D. F.; PARK, S. W. Systemic acquired resistance: the elusive signal (s). **Current opinion in plant biology**, v. 11, n. 4, p. 436-442, 2008.
- YASUDA, M.; ISHIKAWA, A.; JIKUMARU, Y.; SEKI, M.; UMEZAWA, T.; ASAMI, T.; NAKASHITA, H. Antagonistic interaction between systemic acquired resistance and the abscisic acid-mediated abiotic stress response in Arabidopsis. **The Plant Cell Online**, v. 20, n. 6, p. 1678-1692, 2008.