

WAGNER ROGÉRIO LEOCÁDIO SOARES PESSOA

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA O
MANEJO DA ANTRACNOSE DA BANANA EM PÓS-
COLHEITA**

**RECIFE - PE
Março 2009**

WAGNER ROGÉRIO LEOCÁDIO SOARES PESSOA

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA O
MANEJO DA ANTRACNOSE DA BANANA EM PÓS-
COLHEITA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia – Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Fitopatologia.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Prof.^a Dra. Sônia Maria Alves de Oliveira - Orientadora

Dr. Daniel Terao – Co-orientador

**RECIFE - PE
Março 2009**

AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA O MANEJO DA ANTRACNOSE DA BANANA EM PÓS- COLHEITA

WAGNER ROGÉRIO LEOCÁDIO SOARES PESSOA

Tese apresentada e defendida pela banca examinadora em: 13/03/2009

Orientadora:

Prof^a Dr^a Sônia Maria Alves de Oliveira

Examinadores:

Dr. Domingos Eduardo G. T. de Andrade – Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA

Dr^a. Suzana Alencar Freire Dantas - ADAGRO

Prof^a. Dr^a. Elvira Regis Pedrosa

Prof. Dr. Delson Laranjeira

**RECIFE - PE
Março 2009**

Filho meu, ouve o ensino de teu pai e não deixes a instrução de tua mãe. Porque serão diadema de graça para a tua cabeça e colares para teu pescoço.

Provérbios 1:2-9

Não desampares a sabedoria, e ela te guardará; ama-a, e ela te protegerá, o princípio da sabedoria é: Adquire a sabedoria; sim, com tudo que possuis, adquire o entendimento. Estima-a, e ela te exaltará; se a abraçares, ela te honrará; dará à tua cabeça um diadema de graça e uma coroa de glória te entregará.

Provérbios 4:6-9.

À DEUS todo poderoso, pela vida, pela sabedoria, saúde e por ter concedido mais está etapa em minha vida.

OFEREÇO.

A minha esposa Patrícia e meu filho Matheus pela paciência e compreensão nos momentos difíceis, sempre ao meu lado, apoiando-me, compreendendo-me em momentos bons e ruins, acreditando em mim e depositando todo amor e dedicação

DEDICO.

Aos meus pais Dâmocles e Albanise, minha irmã Fabiana e meu cunhado Rômulo, pelo amor, dedicação e confiança depositados em mais esta etapa da minha vida.

AGRADEÇO.

AGRADECIMENTOS

- ✓ A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado em Fitopatologia;
- ✓ Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;
- ✓ À minha querida orientadora, Professora Dr^a Sônia Maria Alves de Oliveira, pelos seus conselhos, sua paciência, seu exemplo de simplicidade e humildade, além de seus conhecimentos repassados da forma simples, transmitindo respeito, amizade e confiança, além dos esforços para realização de todos estes trabalhos e oportunidades para a realização de muitos outros durante essa longa jornada;
- ✓ Ao Dr. Daniel Terao pela co-orientação, amizade sempre constante e sugestões nos trabalhos desenvolvidos que muito os enriqueceram;
- ✓ Aos Professores da Área de Fitossanidade, Dr Sami J. Michereff, Dr. Delson Laranjeira, Dr^a Elvira Maria Régis Pedrosa, Dr^a Elineide Barbosa da Silveira, Dr^a Rosa de Lima Ramos Mariano, Dr Gilvan Pio Ribeiro, Dr Rildo Sartori B. Coelho, Dr. Marcos Paz Saraiva Câmara pelos conhecimentos transmitidos e amizade;
- ✓ Aos amigos do Laboratório de Patologia Pós-colheita, Rinaldo, Erick, pela força e amizade com as atividades enzimáticas, Beatriz (Bia) pela amizade, Alice, Jacirleide (Leila), Elizabeth (Elisa), pelo auxílio e amizade na montagem dos experimentos, companheirismo e alegrias compartilhadas;
- ✓ Ao amigo Roberto Luiz (Bob), pela amizade, alegrias sempre presentes em todos os momentos;
- ✓ A minha amiga Albaneyde Leite Lopes pela força na montagem dos experimentos, carona e incentivo para vencer todos os obstáculos;
- ✓ Aos colegas de turma Albaneyde, Valéria, Adriano, Paula, Maria Zilderlânia, Giltemberg e Marcelo pela amizade e conhecimentos compartilhados;
- ✓ Ao Romildo e a Darci pela atenção e apoio constante;
- ✓ Á todos os demais Professores, funcionários e colegas da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia, que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I	
Introdução Geral.....	14
Referências Bibliográficas.....	34
CAPÍTULO II	
Indutores de resistência no controle da antracnose em pós-colheita de banana.....	36
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução.....	37
Material e Métodos.....	39
Resultados e Discussão.....	43
Referências Bibliográficas.....	49
CAPÍTULO III	
Compostos de defesa envolvidos com a indução de resistência no patossistema antracnose x banana.....	57
Resumo.....	57
Abstract.....	58
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	61
Resultados e Discussão.....	64
Referências Bibliográficas.....	68

CAPÍTULO IV

Efeito do tratamento hidrotérmico associado ao acibenzolar-S-metil no manejo pós-colheita da antracnose em banana	78
Resumo.....	78
Abstract.....	78
Introdução.....	79
Material e Métodos.....	81
Resultados e Discussão.....	83
Referências Bibliográficas.....	87

CAPÍTULO V

Avaliação do 1-Metilciclopropeno no controle da antracnose em pós-colheita de banana.....	94
Resumo.....	94
Abstract.....	95
Introdução.....	95
Material e Métodos.....	97
Resultados e Discussão.....	99
Referências Bibliográficas.....	101
Conclusões Gerais.....	109

RESUMO

A banana (*Musa spp.*) é a segunda fruta mais consumida no mundo, sendo a fruta fresca detentora de maior mercado mundial. O Brasil, responde como segundo maior produtor, utilizando as cvs. Prata e Pacovan em aproximadamente 60 % de sua área cultivada. Contudo, diversos fatores podem ocasionar perdas na produção. Na pós-colheita à antracnose, causada por *Colletotrichum musae*, é a principal e mais destrutiva, prejudicando a comercialização. Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo avaliar métodos alternativos de controle que visem à redução das perdas pós-colheita em bananas causada por *C. musae*. O primeiro artigo tem-se o efeito de indutores de resistência no controle pós-colheita da antracnose em banana. Foram avaliados os indutores acibenzlar-S-metil (ASM), Agro-Mós[®], Ecolife[®], Crop-Set[®], metil jasmonato, sendo aplicado na dosagem recomendada (DR) pelo fabricante e DR acrescido de 50 %, por cinco minutos de imersão. As inoculações com o isolado Cm 10 foram realizadas sob os tempos de zero, seis e 12 horas após a indução. No segundo artigo, avaliou-se a produção das enzimas peroxidase, polifenoloxidase, quitinase, β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase sob bananas induzidas com elicitores bióticos e abióticos. O terceiro artigo, diz respeito ao tratamento hidrotérmico (TH) associado ao ASM no controle da antracnose. Onde buquês foram tratados por imersão em água aquecida a 40, 45, 50 e 55 ± 1 °C, pelos tempos de zero, cinco, 10 e 15 minutos. Paralelo ao tratamento TH, os buquês foram imersos em calda contendo o ASM, por cinco minutos, na DR do fabricante. Em relação ao quarto artigo, verificou-se o efeito de dosagens 0, 50, 150, 300 e 450 nL.L⁻¹ de 1-MCP sobre a antracnose da banana. As inoculações de todos os trabalhos foram realizadas com suspensão de conídios de *C. musae* na concentração de 10^6 con./mL, depositado sobre a epiderme previamente ferida. Ao final de cada ensaio foram avaliadas as características físico-químicas da banana com exceção do segundo experimento. O ASM e o AGM aplicado 12 horas antes da

inoculação na dosagem comercial acrescido de 50 %, foram o mais eficientes no controle da doença. Em relação as enzimas peroxidase, polifenoloxidase, β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase, o AGM e o MJ foram os indutores mais eficientes em sua produção. Para a quitinase apenas o AGM destacou-se em relação aos demais. Às temperaturas ao redor de 40 a 45 °C em todos os tempos de exposição testados foram as mais expressivas na redução da severidade da doença em relação á testemunha. No TH + ASM, para as temperaturas de 45 a 50 °C em todos os tempos de exposição e 40 °C nos tempos de 10 e 15 minutos apresentaram menor severidade da doença em relação ao TH isolado. No 1-MCP as dosagens de 150 e 50 nL.L⁻¹ apresentaram os menores valores de severidade com 9,57 e 9,67 mm, respectivamente. Não ocorreram mudanças significativas no pH, SST e ATT, que comprometessem a comercialização e o consumo in natura da banana.

Palavras chave: *Colletotrichum musae*, *Musa* spp., indutores, hidrotérmico, bloqueadores de etileno, enzimas.

ABSTRACT

The banana is the second fruit more consumed in the world, being the fruit fresh holder of larger world market. Brazil, answers as second producing adult, using the varieties Silver and Pacovan in approximately 60% of area harvestd. However, several factors can cause losses in the production. In the powder-crop to the anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, it is the main and more destructive, harming the commercialization. Before that, the present work concerns the evaluations of alternative methods of control that seek to the reduction of the losses powder-crop in bananas caused by the *C. musae*. The first work is had the effect of resistance inductors in the control powder-crop of the anthracnose in banana. Among the tested inductors they are had the Acibenzolar-S-methyl (ASM), Agriculture-Mós[®], Ecolife[®], Crop-Set[®], methyl jasmonate, were applied in the dosage recommended by the manufacturer (DR) and DR added of 50% there is plus, for five minutes of immersion, the inoculations were accomplished under the times of zero, six and 12 hours after the induction. In the second rehearsal the production of the enzymes was evaluated: peroxidase, polifenoloxidase, quitinase, β -1,3-glucanase and β -1,4-glucanase under bananas induce with biotic elicitores and abióticos. The third experiment, concerns the thermotherapy (TH) associate to ASM in the control of the anthracnose. Where bouquets were treated by immersion in warm water to 40, 45, 50 and 55 ± 1 °C, for the times of zero, five, 10 and 15 minutes, parallel to these treatments the bouquets were immersed in syrup containing ASM, for five minutes, in the DR for the manufacturer. In relation to the fourth work, the effect of dosages zero 50, 150, 300 and 450 nL.L⁻¹ of 1-MCP on the banana anthracnose was verified. The inoculations of all of the works were accomplished with a suspension of conidial of *C. musae* in the concentration 10⁶ con./mL, deposited on the epidermis previously wounded. At the end of each rehearsal they were appraised the banana's physiochemical characteristics except for the second. ASM

applied 12 hours before the inoculation in the added of 50% commercial dosage there is plus, it was the most efficient in the control of the disease. In relationship, to enzymes peroxidase, polifenoxidase β -1,3-glucanase and β -1,4-glucanase, AGM and MJ the most efficient inductors were in the production of these enzymes, in relation to the quitinase AGM did just stand out in relation to the others. To the temperatures around of 40 and 45 °C in all of the times of exhibition tested were the most expressive in the reduction of the severity in relationship á testifies. In TH + ASM, for the temperatures from 45 to 50 °C in all of the times of exhibition and 40 °C in the times of 10 and 15 minutes presented smaller severity of the disease in relation to isolated TH. In the 1-MCP, the dosages of 150 and 50 nL.L⁻¹ they presented the smallest severity values with 9,57 and 9,67 mm, respectively, following for the dosage of 300 and 450 nL.L⁻¹ with 10,18 to 10,5 mm. The witness presented the largest severity with 32,04 mm being reduced in the progressive largest way for to smallest dosage. It didn't happen significant changes in the pH, SST and ATT, that commit the commercialization and the banana's consumption in natura.

Additional keyword: *Colletotrichum musae*, *Musa* spp., thermotherapy, inductors, ethylene blocks, enzyme.

CAPÍTULO I

Introdução Geral

TÍTULO: AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA O MANEJO DA ANTRACNOSE DA BANANA EM PÓS-COLHEITA

INTRODUÇÃO GERAL

A bananeira (*Musa* sp.) é uma monocotiledônea pertencente à ordem Scitaminales, família Musacea, sub-família Musoideae, gênero *Musa*, sendo que este abrange entre 24 e 30 espécies das quais tem origem todas as cultivares comestíveis. Dentre esse gênero tem-se a *Musa acuminata* Colla e a *M. balbisiana* Colla, sendo a primeira a mais importante por ser o ponto de partida de todas as bananeiras de frutas comestíveis e que junto com a segunda, formam as espécies de banana comerciais conhecidas. Tendo como origem o Sudeste Asiático, encontram-se difundida em todas as regiões tropicais e subtropicais, considerada com um alto valor nutricional, alimentício e energético, tendo rápida digestão, alta palatabilidade e ótima aceitação, sendo recomendada para uma ampla faixa etária (MEDINA, 1993; ALVES, 1999).

No que diz respeito ao seu valor alimentício, destaca-se uma boa quantidade de minerais como potássio (370 mg), sódio (1 mg), cálcio (8 mg), fósforo (26 mg), ferro (0,7 mg) e magnésio (33 mg) e vitaminas em destaque Vitamina A e C (190 UI e 10 mg respectivamente), Tiamina (0,05 mg), Riboflavina (0,06 mg) e Niacina (0,7 mg) (VILAS-BOAS et al., 2001, RANGEL et al., 2002).

De acordo com a FAO (2009), a produção mundial de bananas em 2007 foi de aproximadamente 59.496.958 toneladas, sendo o continente Asiático o seu maior produtor. O Brasil possui destaque no cenário mundial, com uma produção de 7.098.353 toneladas e uma

área plantada de 519.187 hectares (IBGE, 2009), o que coloca o país como segundo maior produtor mundial e o segundo em área plantada no mundo (FAO, 2009).

O comércio internacional de frutas frescas movimenta, anualmente, cerca de 40 milhões de toneladas. Deste mercado, quase a metade corresponde à comercialização de banana e cítricos, sendo que a banana é considerada a fruta fresca detentora de maior mercado no mundo, com um valor de três bilhões de dólares ao ano (SOUZA; TORRES FILHO, 1999; MATSUURA et al., 2004).

A exploração econômica da cultura no Brasil está concentrada nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte. Os principais produtores nacionais em ordem decrescente são: Bahia (1.386.016 toneladas), São Paulo (1.121.261 toneladas), Santa Catarina (655.973 toneladas), Pará (570.951 toneladas), Minas Gerais (536.576 toneladas), Ceará (385.455 toneladas), Pernambuco (382.417 toneladas), Paraíba (242.915 toneladas), Amazonas (235.242 toneladas) e Paraná (230.670 toneladas), juntos estes estados são responsáveis por 80 % da produção do país (IBGE, 2009).

A bananicultura tem um importante papel socioeconômico nas regiões produtoras em especial no Nordeste, por ser uma atividade que demanda grande quantidade de mão-de-obra no meio rural, gerando trabalho e renda, além de elevados benefícios para a população regional e para o país (SILVA; CORDEIRO, 2000; RANGEL et al., 2002). A bananicultura tem grande importância na fruticultura nacional, sendo a segunda fruta mais produzida no país (IBGE, 2009).

Embora seja cultivada de Norte a Sul do país, aproximadamente 97 % da produção nacional é consumida internamente. Esta pequena participação no mercado externo é devida principalmente aos altos índices de perdas e alto consumo interno da fruta (PINHEIRO et al., 2007). Além destes, podem-se destacar a precária estrutura comercial e escoamento da

produção, baixa qualidade de produção e destaque principalmente no Nordeste a produção de variedades do grupo Prata (Prata e Pacovan) que juntas correspondem 60 % da área cultivada, enquanto no mercado externo a demanda são por variedades do grupo Cavendish (Nanica, Nanicão e principalmente a Grande Naine) (RANGEL et al., 2002).

Além das perdas decorrentes da produção, existem as perdas pós-colheita, podendo ser devido a inúmeros fatores como o físico, fisiológico e o microbiológico (RANGEL et al., 2002). Entre os fatores abióticos responsáveis pelas perdas de banana temos a baixa temperatura que pode ocasionar a queima ou “chilling” das frutas em crescimento, isto se caracteriza por uma desordem fisiológica, após a sua exposição à temperaturas abaixo de 15 °C, resultando no congelamento do tecido e na formação de cristais de gelo a temperaturas abaixo do ponto de congelamento, resultando na redução de sua qualidade, podendo chegar a perda total. Os principais sintomas do chilling são o escurecimento da casca, baixa taxa de conversão de amido a açúcares, perda de sabor e aroma e perda do brilho (VILAS BOAS et al., 2001), impedindo-as de atingir o seu máximo crescimento, déficit hídrico no período de formação da inflorescência ou do início da frutificação, que é um período crítico para o desenvolvimento e formação do cacho (SILVA; CORDEIRO, 2000). Entre os fatores bióticos somam-se inúmeros organismos sendo os fungos os mais importantes, e entre estes merece destaque especial na pós-colheita o *Colletotrichum musae* (Berk. & Curtis) von Arx, agente causal da antracnose, que prejudica bastante a comercialização e o consumo in natura podendo ocasionar perdas de até 40 % (CORDEIRO; KIMATI, 1997; SILVA; CORDEIRO, 2000).

O gênero *Colletotrichum* pertence à classe Deuteromycetes, família Melanconiliaceae. Apresenta ampla distribuição geográfica no mundo, causando a doença denominada vulgarmente de antracnose, que representa sério problema em regiões tropical, subtropical e

temperada, sendo o seu telomorfo *Glomerella* mais comum em regiões temperadas (MENEZES; OLIVEIRA, 1993).

O agente etiológico da antracnose da banana foi primeiramente denominado de *Myxosporium musae* (Berk. & Curt.) Berkeley, sendo transferido para o gênero *Gloeosporium* Derm. & Mant., passando a ser chamado *Gloeosporium musarum* Cooke & Masee (BAXTER et al., 1985). A transferência dessa espécie do gênero *Gloeosporium* para *Colletotrichum* ocorreu devido à presença ou ausência de setas no acérvulo, caráter anteriormente usado para separação de gêneros. As espécies com setas eram colocadas no gênero *Gloeosporium*, enquanto que aquelas com setas no acérvulo eram colocadas no gênero *Colletotricum* (SUTTON, 1992). No entanto, a formação de setas é variável em função de condições ambientais (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979), esse fato já havia sido considerado, no entanto sem valor taxonômico, porque em isolados de ambos os gêneros as setas podem estar presentes em alguns acérvulos e ausentes em outros. Levando em consideração este fato, além de outros, Von Arx (1957 a,b) transferiu várias espécies do gênero *Gloeosporium* para o gênero *Colletotrichum*, dentre as quais, o agente da antracnose da banana.

As enfermidades pós-colheita dos produtos hortifrutícolas trazem como principal consequência, graves perdas econômicas. Em países desenvolvidos, de 100 % do total produzido 30 a 40 % se perde na pós-colheita, devido a podridões causadas por microrganismos, e em países menos desenvolvidos a invasão dos patógenos pode ocasionar perda total dos produtos hortifrutícolas (SNOWDON, 1991).

A antracnose da banana representa o mais grave problema na pós-colheita desta fruta. Embora se manifeste após a colheita, o problema tem início no campo, ocasião em que esporos dispersos no ar são depositados sobre as frutas, germinam, formam apressórios e penetram, ficando como infecções quiescentes (CORDEIRO; MATOS, 2000). A infecção

ocorre nas frutas ainda verdes, permanecendo quiescentes até o amadurecimento, quando lesões escuras desenvolvem-se progressivamente afetando sua qualidade e comercialização (ABAYASEKARA et al., 1998; SPONHOLZ et al., 2004). Há variação na suscetibilidade das bananas ao agente da antracnose, que segundo Shillingford e Sinclair (1977), podem ser atribuídas à presença de substâncias inibitórias ou insuficiência de nutrientes. Nesse contexto, Kamo et al., (2001) isolaram 17 derivados de fenilfenalenona de frutas imaturas, envolvidos no mecanismo de defesa ao patógeno, o qual permanece quiescente até a maturação da fruta. A penetração ocorre após a formação dos apressórios, que são essenciais para os processos de infecções quiescentes e subcuticulares durante os primeiros estádios de desenvolvimento da fruta. O apressório em contato com a superfície do hospedeiro adere a cutícula e emite hifas de penetração, sendo a invasão muito rápida em tecido com ferimento, em comparação com a penetração direta na superfície intacta do tecido do hospedeiro, conduzindo a produção de sintomas típicos da antracnose (GOOS; TSCHIRSCH, 1962). De acordo com Prusky & Plumbey (1992), frutas imaturas estimulam maior formação de apressório, sendo o ácido antranílico, presente na superfície das bananas, um estimulante do processo.

A doença se caracteriza pela formação de lesões escuras e deprimidas. Estas, sob condições de alta umidade, cobrem-se de frutificação rosa a salmão. Nesta condição, os acérvulos adquirem uma coloração acinzentada. As lesões aumentam de tamanho com a maturação da fruta podendo coalescer, formando grandes áreas necróticas e deprimidas. Geralmente, a polpa não é afetada, exceto quando exposta à alta temperatura acima de 30 °C e umidade relativa do ar acima de 80%, ou quando a fruta se encontra em avançado estágio de maturação (CORDEIRO; KIMATI, 1997; CORDEIRO; MATOS, 2000, PESSOA et al., 2007).

Diversas metodologias de colheita têm sido estabelecidas para muitos produtores, sendo que a mais importante meta de manuseio de toda a colheita e pós-colheita é a prevenção de injúrias e declínio da senescência da cultura. Muitos patógenos pós-colheita entram na fruta através de ferimentos e podem penetrar de duas formas: pela superfície intacta do hospedeiro através de seus apressórios ou diretamente por ferimentos na superfície, sendo a segunda forma mais severa de infecção (GOOS; TSCHIRSCH, 1962). Assim, práticas de manuseio podem ser direcionadas para afetar o potencial de desenvolvimento levando a um declínio na ocorrência de injúrias (OGAWA et al., 1963).

O desenvolvimento de métodos adequados no controle de doenças exige inicialmente que se tenha conhecimento relacionado a aspectos nutricionais e fatores ambientais que influenciam o crescimento do fitopatógeno e conseqüentemente na relação patógeno-hospedeiro-ambiente (AGRIOS, 2005).

A temperatura é um dos fatores ambientais que mais afeta o desenvolvimento de fungos, sendo o efeito desta, determinado de forma geral pelo diâmetro das lesões desenvolvidas sobre o hospedeiro (ADASKAVEG et al., 2002). A taxa de temperatura na qual os fungos se desenvolvem, está de acordo com a espécie fúngica envolvida. A temperatura ótima para o crescimento micelial de *C. musae* está em torno de 30 °C (HAWKER, 1950). Entretanto, Goos e Tschirsch (1962) em estudos fisiológicos determinaram que a faixa ótima para o crescimento micelial encontra-se entre 27 a 30 °C. O efeito inibidor da temperatura é bastante variável, onde a maioria dos patógenos apresenta melhor desenvolvimento entre 20 – 25 °C, mas algumas espécies são capazes de se desenvolverem em temperaturas elevadas (BENATO et al., 2001, PESSOA, 2005).

O teor de umidade do ambiente é outro fator ambiental considerado indispensável para germinação da maioria dos fungos, além da influência na penetração do tubo germinativo, a

umidade pode aumentar a suscetibilidade a certos patógenos afetando a incidência e severidade da doença (AGRIOS, 2005). A umidade em termos de quantidade e duração é essencial no processo infeccioso para a maioria dos fitopatógenos (SILVA et al., 2001). A duração da umidade, diferença entre a temperatura da fruta e do ar, depende do tempo de exposição do produto ao ar, movimentação do ar e o tamanho e volume dos mesmos. Na banana, a perda de umidade ocasiona um acúmulo incompleto de sólidos solúveis, bem como má apresentação do produto (LOPÉZ-CABRERA; MARRERO-DOMÍNGUEZ, 1998).

O pH é outro fator ambiental importante, sendo que a maioria dos fungos cresce melhor em pH neutros ou levemente ácidos, interrompendo-se quando a acidez atinge 3 ou em pH alcalino entre 8 e 9. O gênero *Colletotrichum* dentre estas espécies *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc e *C. musae*, crescem bem em substrato ácido até a neutralidade, desenvolvendo-se numa faixa de 4 a 7 (GRIFFIN, 1994). A acidez pode afetar os atributos sensoriais das frutas, como aroma, sabor, textura e cor (SOTO BALLESTERO, 1992; MATSUURA et al., 2002).

Os atributos sensoriais são influenciados significativamente pela composição química e, na banana, principalmente, pelos ácidos, açúcares e compostos fenólicos (SOTO BALLESTERO, 1992; MATSUURA et al., 2002). Transformações ocorrem durante o amadurecimento da banana, principalmente no amido, açúcares, acidez, pH, sólidos solúveis totais e taninos (LAL et al., 1974). Nessa etapa, tem-se aumento no teor de açúcares simples e diminuição nos compostos fenólicos, acarretando em adstringência e acidez, além da liberação de substâncias voláteis, fatores responsáveis pelo aroma e sabor, que são características fundamentais para acidez da fruta (SOTO BALLESTERO, 1992). Em banana, cv. Pacovan, a acidez varia de 0,17 % a 0,67 % (FERNANDES et al., 1979; ROSSIGNOLI, 1983), o pH, de 4,2 a 4,8 (SOTO BALLESTERO, 1992) e o teor de sólidos solúveis totais (SST) aumenta até

um máximo de 27 % tendo uma pequena diminuição quando a fruta já está em avançado estágio de maturação (BLEINROTH, 1995). Todos estes fatores são influenciados pelo *C. musae*, e podem, dependendo da temperatura e umidade, pode aumentar ou diminuir (PESSOA et al., 2007).

Em relação ao controle da antracnose em banana o mais utilizado é o uso de fungicidas aplicado, principalmente, de forma preventiva em pulverizações. Entretanto, esta alternativa de controle tem como resultado o surgimento de vários problemas entre eles temos: resistência gerada no microrganismo ao fungicida utilizado; danos ao meio ambiente, principalmente ao solo e a água; danos à saúde, que persistem durante a cadeia alimentar, e por outro lado, possibilidade de efeitos cancerígenos, além de danos provocados sobre o aplicador e à sociedade de um modo geral (De LAPEYRE de BELLAIRE, DUBOIS, 1997; MAYMON, et al., 2006). Isso tem levado ao aumento do número de pesquisas com métodos alternativos de controle de doenças pós-colheita, entre eles: o controle biológico, o armazenamento refrigerado, a radiação ultravioleta (UV-C), e atmosfera modificada, o tratamento hidrotérmico (termoterapia), a indução de resistência e os bloqueadores de etileno (OLIVEIRA et al., 2006)

A termoterapia é um método utilizado há bastante tempo, e vem despontando por ser livre de qualquer resíduo sobre os alimentos, inicialmente utilizado para tratamentos quarentenários (COUEY, 1989). O tratamento hidrotérmico pode controlar diretamente os fitopatógenos o ativar mecanismos de defesa da fruta (indução de resistência) reduzindo de forma indireta o desenvolvimento do patógeno (BAÑOS; NECHA, 2001). A eficácia do tratamento hidrotérmico sobre o fitopatógeno é freqüentemente avaliada pela redução da viabilidade dos propágulos no vegetal (GOLAN; PHILLIPS, 1991); desordens fisiológicas nas frutas tratadas durante o armazenamento (JACOBI; GILES, 1997); e a consistência dos

frutos seria melhorada através da resistência a doença (COUEY, 1989). O tratamento hidrotérmico é recomendado para uma série de frutas, e comercialmente empregado em mamão (*Carica papaya* L.) e manga (*Mangifera indica* L.) para controlar, principalmente, a antracnose e a podridão peduncular, respectivamente (BENATO, 2003), além de manter os frutos livres do uso de fungicidas (LIU et al., 1997). Em banana o controle hidrotérmico foi determinado para as variedades do grupo Cavendish (AAA) e 'Prata de Santa Catarina' (AAB) (SPONHOLZ et al., 2004; MORAES et al., 2005).

A indução de resistência é outra tendência atual no controle das doenças pós-colheita, consiste em é ativar os mecanismos de defesa do fruto. Mediante métodos que induzem a ativação artificial dos mecanismos naturais de defesa dos produtos colhidos, os quais serão capazes de deter o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Tratamentos de origem biótica (microrganismos) e abiótica (aplicação de elicitores químicos) farão com que o fruto reaja produzindo uma série de respostas suficientes para barrar a infecção do patógeno (JAMES et al., 1993). A ativação destes mecanismos de defesa pode manifestar-se em uma área localizada ou um sítio de infecção que se expressará através de todo o tecido de maneira sistêmica (BAÑOS; NECHA, 2001).

Os elicitores são classificados em bióticos, tais como os complexos de carboidratos, lipídeos, proteínas, quitosana e Agro-Mós[®] (DARVILL; ALBERSHEIM, 1984) e abióticos, como o acibenzolar-S-metil (ASM), ácido- β -aminobutírico (BABA) e Metiljasmonato (JA) (STICHER et al., 1997). Fertilizantes também têm sido utilizados como indutores de resistência, como exemplo os silicatos e o Ecolife[®].

O Agro-Mos[®] (mananoligossacarídeo fosforilado) (composto derivado da parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* 1026 Hansen) (Dantas; Coelho, 2006). O Ecolife[®] (polifenóis, flavonóides, fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos) (Dantas & Coelho, 2006). O

éster S-metil do ácido benzo (1,2,3)-tiadiazole-7-carbottióico (ASM) é um composto liberado para uso em plantios comerciais, com potencial para induzir resistência, sem causar problemas de fitotoxidez (GÖRLACH et al., 1996). O ASM não apresenta qualquer ação direta sobre os microrganismos, estando o seu modo de ação relacionado à ativação de genes de defesa do hospedeiro, como por exemplo, genes que codificam para a produção de enzimas envolvidas na síntese de lignina e compostos fenólicos, que conferem maior resistência ao tecido vegetal e fitoalexinas, compostos de baixo peso molecular, com características antimicrobiana, que se acumulam em células adjacentes ao ponto de infecção, limitando assim o crescimento do patógeno (CIBA, 1996). O ácido jasmônico e seus derivados (ácido linolênico, por exemplo), referidos como jasmonatos, tem sido relatados como indutores da formação de proteínas, chamadas JIPs (proteínas induzidas por jasmonatos) (LYON et al., 1995; PIETERSE et al., 1998), entre estas estão as tioninas (EPPLÉ et al., 1995) e as proteinases (FARMER; RYAN, 1992), e o metil jasmonato, os quais são capazes de induzir reação de defesa em frutas e hortaliças (Dantas & Coelho, 2006)

Os compostos de defesa dividem-se em químicos, naturais ou sintéticos, agentes biológicos e físicos, entre os químicos destacam-se o Acibenzolar-S-metil (ASM), ácido β -aminobutírico e jasmonatos. Em relação aos naturais, têm-se o Agro-Mós[®], Messenger[®], Aspire[®], utilizando-se ainda leveduras do gênero *Candida* por exemplo: *C. saitoana* Nakasa & Suzuki, *C. oleophila* Montrocher e *Saccharomyces cerevisiae* (Hansen) e *Aureobasidium pullulans* (De Bary), bactérias como *Erwinia amylovora* (Burrill) Winlow et al e isolados não patogênicos de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.)Sacc., *C. magna* Jenkins & Winstead, além destes existe a quitosana que é um composto natural, extraído da carapaça de crustáceos ou exoesqueleto de artrópodes e da parede celular de fungos, pela fragmentação ou

desacetilização da quitina. Nos físicos têm-se a radiação ultravioleta, o tratamento térmico e a atmosfera modificada (COELHO; DANTAS, 2006).

Dentre as barreiras estruturais, a lignificação é uma das respostas ativas de defesa da planta mais importantes, induzida por agentes biótico ou abiótico sendo, provavelmente, uma característica de resistência que confere reforço a parede celular. A lignificação ocorre com a acumulação da lignina e sua biossíntese se dá na via metabólica dos fenilpropanoides, envolvendo as enzimas fenilalanina amônia liase – FAL na etapa inicial responsável pela conversão da fenilalanina em ácido cimânico (HELDT, 1997) e peroxidase – POD na etapa final (FUKUDA; KOMAMINE, 1982; HELDT, 1997).

A deposição sobre ou dentro da parede celular de outros compostos (suberina, glicoproteínas ricas em hidroxiprolina “extensinas”, lignanas, caloses, ceras, cutina, fenóis monoméricos e poliméricos) também contribuem para a formação da barreira (PUNJA, 2001). Além disso, muitos compostos precursores da lignina têm atividade antifúngica, desempenhando importante função de defesa no hospedeiro (HAMMERSCHMIDT et al., 1982; NICHOLSON; HAMMERSCHMIDT, 1992).

Neste contexto, diversos trabalhos em pós-colheita utilizando a indução de resistência, Coelho & Dantas (2006) utilizando aplicações em pré e pós-colheita com Agro-Mós[®] em mamão (*Carica papaya* L.) verificou a redução expressiva na incidência da antracnose causada por *C. gloeosporioides*. Aplicação de ASM nas dosagens de 0,25 a 2,0 mg i.a. mL⁻¹ retardou o desenvolvimento do mofo-cinzento em morango (*Fragaria ananassa* Duch.) armazenado a 5 °C. Aplicações de *C. saitoana* em maçã (*Malus domestica* Borkh) contra *Botrytis cinérea* Pers.:Fr. Reduziu a doença no local tratado e de forma sistêmica. A radiação ultravioleta em bagas de uva tratadas reduziram a infecção causada por *Rhizopus stolonifer* (Ehr. Fr.) Vuill).

Outro método alternativo no controle de doenças pós-colheita com o emprego de bloqueadores de etileno, que tem adquirido grande importância. Entre estes o 1-MCP é um gás cuja fórmula é C_4H_6 compete com o etileno pelos sítios de ligação nos receptores das membranas, podendo retardar ou inibir eventos da maturação, reduzindo o desenvolvimento de podridões causadas por patógenos em frutos no armazenamento (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). Sisler e Serek (1997) propuseram um modelo de como 1-MCP reage com o receptor de etileno. A afinidade de 1-MCP para o receptor é aproximadamente 10 vezes maior que o etileno. Comparado com etileno, 1-MCP é muito ativo em concentrações muito baixas. O 1-MCP também influencia na biosíntese de etileno em algumas espécies inibindo e/ou retardando o seu amadurecimento, aumentando conseqüentemente, à vida de prateleira (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). (BOTREL et al., 2002). Esse produto tem um modo de ação não tóxica e é aplicado em doses extremamente baixas (nanolitro por litro ($nl.l^{-1}$) ou parte por bilhão – ppb), podendo ser aplicado imediatamente após a colheita, durante o armazenamento, transporte ou nos centros de distribuição (PEREIRA; BELTRAN, 2002). Terao (2003) trabalhando no patossistema melão (*Cucumis melo* L.) x *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc., verificou a redução na maturação dos frutos, bem como redução na lesão provocada pelo patógeno.

Diante disso é imprescindível o estudo visando desenvolver tecnologias para um manejo integrado de controle da antracnose, tendo em vista que as atuais medidas utilizadas possuem um controle reduzido. Os métodos alternativos podem contribuir para diminuir as perdas no produtor, aumentando a produção e diminuindo o número de importações do país. Esses métodos também contribuíram com a diminuição no uso de fungicidas, barateando os custos de produção e reduzindo a quantidade de agrotóxico sobre o meio ambiente e a sociedade de um modo geral. Os objetivos deste trabalho foram: **i)** Avaliar indutores de

resistência no controle da antracnose; **ii)** Determinar atividades bioquímicas com indutores de resistência em pós-colheita de banana; **iii)** Estudar o efeito do tratamento hidrotérmico associado ao acibenzolar-S-metil no manejo da antracnose; e **iv)** Avaliar o efeito do 1-metilciclopropeno sobre o *C. musae* em banana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAYASEKARA, C.; RATNAYAKE,S.; ADIKARAM, N.K.B. Resistance of banana fruit to fungal disease in overview. In: JONSON, G.J.; HIGHLEY, E.; JOYCE, D.C. (Eds.). **Disease Resistance in Fruit**, Camberra: ACIAR Procceding, n.80, 1998. p.93-104.

ADASKAVEG, J.A.; FÖRSTER, H.; SOMMER, N.F. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In.: KADER, A.A. (Ed.) **Postharvest technology of crops**. 3^a ed. California: University of California Agriculture and Natural, 2002. p.163-193.

AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. Amsterdam: Elsevier, 2005, 922 p.

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. **Introductory mycology**, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. 1979.

ALVES, E.J. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioecômicos e agroindustriais. 2 ed. Brasília. EMBRAPA-SPI. 1999.

BAÑOS, S.B.; NECHA, L.L.B. Tecnologias empleadas en el control de las enfermedades postcosecha de los productos hortofrutícolas. **Memoria**, México, p.111-120, 2001.

BAXTER, A.P.; WESTHIZEN, G.C.A. van der; EICKER, A.A. A review of literature on the taxonomy, morphology and biology of the fungal genus *Colletotrichum*, **Phytophylactia**, v.17, p.15-18, 1985.

- BENATO, E.A.; CIA, P.; SOUZA, N.L. Manejo de doenças de frutos pós-colheita. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.9, p.403-440, 2001.
- BENATO, A.R. A indução de resistência no controle de doenças pós-colheita: frutas e hortaliças. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.29, p.125-126, 2003.
- BENHAMOU, N. Ultrastructural and cytochemical aspects of chitosan on *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, agent of tomato crown and root-rot. **Phytopathology**, Saint Paul, v.82, p.1185-1193, 1992.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.
- BLEINROTH, A.L. Matéria-Prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana – matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**, 2 ed. Campinas: ITAL, 1995. p.133-196.
- BOTREL, N.; FREIRE JÚNIOR, M.; VASCONCELOS, R.M.; BARBOSA, H.T.G. Inibição do amadurecimento da banana ‘Prata-Anã’ com a aplicação do 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.53-56, 2002.
- CIBA. **The plant activator**: nature created the concept. Ciba-Geigh AG, 1996. 35p.
- COUEY, M.H. Heat treatment for control post-harvest disease and inset pest of fruits. **HortScience**, Alexandria, v.24, p.198-202. 1989.
- CORDEIRO, Z.L.M. & KIMATI, H. Doenças da bananeira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p.112-136.
- CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P. Doenças fúngicas e bacterinas. In: CORDEIRO, Z.J.M. (Org.) **Banana fitossanidade**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 2000. p.36-65.

DANTAS, S.A.F.; COELHO, R.S.B. Controle alternativo com indução de resistência. In: Oliveira SMA, Terao D, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.290-350, 2006.

DARVILL, A.G.; ALBERSHEIM, P. Phytoalexins and their elicitors – a defense against microbial infection in plant. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.35, p.243-275, 1984.

De LAPEYRE de BELLAIRE, L.; DUBOIS, C. Distribution of thiabendazole-resistant *Colletotrichum musae* isolates from Guadeloupe banana plantations. **Plant Disease**, Saint Paul, v.81, p. 1378-1383, 1997.

EL GHAOUTH, A.; ARUL, J.; BENHAMOU, N.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Effect of chitosan on cucumber plants: suppression of *Pythium aphanidermatum* and induction of defender reactions. **Phytopathology**, Saint Paul, v.84, p.313-320, 1994.

EPPLE, E.E.; APEL, K.; BOHLMANN, H. An *Arabidopsis thaliana* thionin gene is inducible via a signal transduction pathway different from that for pathogenesis related proteins. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.109, p.813-820, 1995.

FAMER, E.E.; RYAN, C.A. Octadecanoid precursors of jasmonic acid activate the synthesis of wound inducible proteinase inhibitors. **Plant Cell**, Rockville, v.4, p.129-134, 1992.

FAO, FAOSTAT – FAO statistical data bases. Roma: World Agricultural Information Centre, 2009. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 06 jan. 2009.

FERNANDES, K.M.; CARVALHO, V.D. de; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of silver bananas. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, n.4, p.1254-1255, 1979.

- FUKUDA, H., KOMAMINE, A. Lignin synthesis and its related enzymes as markers of tracheary element differentiation in single cells isolated from mesophyll of *Zinnia elegans*. **Planta**, Berlin, v.155, p. 423-430, 1982.
- GOLAN, R.B.; PHILLIPS, D. J. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. **Plant Disease**, Saint Paul, v.75, p.1085-1089. 1991.
- GÖRLACH, J.; VOLRATH, S.; KNAUF-BEITER, G.; HENGY, G.; BECKHORE, U.; KOGEL, K.H.; OOSTENDORP, M.; SATAUB, T.; WARD, E.; KESSMANN, H.; RYALS, J. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. **Plant Cell**, Rockville, v.8, p.629-643, 1996.
- GOOS, R. D.; TSCHIRSCH, M. Effect of environmental factors on spore germination, spore survival, and growth of *Gloeosporium musarum*. **Mycologia**, Bobrox, v.54, p.353-367, 1962.
- GRIFFIN, D.H. **Fungal physiology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons., 1994. 444p.
- HAMMERSCHMIDT, R.; NUCKLES, E.M.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiology Plant Pathology**, Berne, v.20, p.73-82, 1982.
- HAWKER, L.E. **Physiology of fungi**. London: University of London Press, 1950. 360p.
- HELDT, H.W. **Plant biochemistry & molecular biology**. Oxford: University Press, 1997. 522p.
- IBGE, SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda> Acesso em 06 jan. 2009.
- JACOBI K.K.; GILES J.E. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapour heat desinfestation and water disease control treatments. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.12, p.285-292, 1997.

JAMES, J.R.; TWEEDY, B.G.; NEWBY, L.C. Efforts by industry to improve the environment safety of pesticides. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.31, p.423-439, 1993.

KAMO, T.; HIRAI, N.; IWAMI, K.; FUJIOKA, D.; OHIGASHI, H. New phenylphenalenones from banana fruit. **Tetrahedron**, Oxford, v.57, p.7649-7656, 2001.

LAL, R.K.; GARG, M.; KRISHNAN, P.S. Biochemical aspects of the developing and ripening banana. **Phytochemistry**, New York, v.13, n.11, p.2365-2370, 1974.

LIU X.; GUO G.; HUANG S.M.; The research and utilization of postharvest heat treatment for fruit storage. **South China Fruits**, Changai, n.26, p.46-48, 1997.

LÓPEZ_CABRERA, J.; MARRERO-DOMINGUES, A. Use of hot water to control the incidence of banana crown rot. **Acta Horticulture (ISHS)**, Wageningen, v.490. p.563-570, 1998.

LYON, G.D.; REGLINSKI, T.; NEWTON, A.C. Novel disease control compounds the potential to immunize plants againsts infection. **Plant Pathology**, Oxford, v.44, p.407-427,1995.

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; RIBEIRO, D.E. Qualidade sensorial de frutos de híbridos de bananeira cultivar Pacovan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p.263-266, 2002.

MATSUURA, F.C.A.U.; COSTA, J.I.P.; FOLEGATTI, M.I.S. *Marketing* de banana: preferências do consumidor aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileria de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.48-52, 2004.

MAYMON, M.; ZVEIBIL, A.; PIVONA, S.; MINZ, D.; FREEMAN, S. Identification and characterization of benomyl-resistant and –sensitive populations of *Colletotrichum*

gloeosporioides from statice (*Limonium* spp.). **Phytopathology**, Saint Paul, v.96, p.542-548, 2006.

MEDINA, J.C. Cultura. In: MEDINA, J.C. **Banana**: cultura matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2ed. Campinas: ICEA Gráfica e Editor, 1993. cap.1, p.1-131.

MENEZES, M.; OLIVEIRA, S.M.A. **Fungos fitopatogênicos**. Recife: Imprensa Universitária UFRPE, 1993. 277p.

MORAES, W.S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J.D.; SALOMÃO, M.C.C.; CECON, P. Termoterapia de ‘Prata Anã’ no controle de podridões em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.6, p.603-608, 2005.

NICHOLSON, R.L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.30, p.369-389, 1992.

OGAWA, J.M.; SANDENO, J.L.; MATHRE, H. Comparasions in development and chemical control of decay-causing organisms on mechanical and hand-harvested stone fruits. **Plant Disease Report**, Beltsville, v.47, p.129-133, 1963.

PEREIRA, W.S.P.; BELTRAN, A. Mecanismos de ação e uso de 1-MCP bloqueador da ação do etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **Manejo integrado**:frutas tropicais-doenças e pragas. Viçosa:UFV, 2002. p.31-42.

PESSOA, W.R.L.S. Influência da temperatura e período de molhamento no desenvolvimento da antracnose e nas características físico-químicas da banana. Tese de Mestrado. Recife PE. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2005. 51f.

PESSOA, W.R.L.S.; OLIVEIRA, S.M.A.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C. de H.; SANTOS, A.M.G. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.2, p.147-151, 2007.

PIETERSE, C.M.J.; VAN WEES, S.C.M.; VAN PELT, J.A.; KNOESTER, M.; LAAN, R.; GERRITS, H.; WEISBEEK, P.J. & VAN LOON, L.C. A novel signaling pathway controlling induced systemic resistance in *Arabidopsis*. **Plant Cell**, Oxford, v.10, p.1571-80, 1998.

PINHEIRO, A.C.M.; VILAS-BOAS, E.V.B.; ALVES, A.P. LASELVA, M. Amadurecimento de bananas ‘maçã’ submetidas ao 1-meilciclopropeno (1-MCP), **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.1, p.1-4, 2007.

PUNJA, Z.K. Genetic engineering of plants to enhance resistance to fungal pathogens – a review of progress and future prospects. **Canadian Journal Plant Pathology**, Ontario, v.23, p.216-235, 2001.

PRUSKY, D.; PLUMBIEY, R.A. Quiescent infections of *Colletotrichum* in tropical and subtropical fruits. In: BAILEY, J.A.; JEGER, M.J. (Eds.) **Colletotrichum**: biology, pathology and control. Wallingford: Elsevier (Eds.), 1992, p.289-307.

RANGEL, A.; PENTEADO, L.A.C.; TONET, R.M. **Cultura da banana**. 2ed. Campinas: CATI, 2002, 91p.

ROSSIGNOLI, P.A. **Atmosfera modificada por filme de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana “Prata” em condição ambiente**. 1993, 80 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1983.

SHILLINGFORD, C.A.; SINCLAIR, J.B. Susceptibility of five banana cultivars to anthracnose and crown rotting fungi. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v.61, p.797-801, 1977.

SILVA, J.R. & CORDEIRO, Z.J.M. Fitossanidade na exportação de banana. In: Cordeiro, Z.J.M. (Org.) **Banana fitossanidade**. Brasília. EMBRAPA – SPI. 2000. pp.9-14.

SILVA, S.R.; RIOS, G.P.; SILVA, S.C. Influência da resistência e do período de molhamento na infecção e desenvolvimento de lesões de ferrugem no feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, n.4, p.726-731, 2001.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiological plant pathology*, London, v.100, pg. 577-582, 1997.

SNOWDON, A.L. **A colour atlas of postharvest diseases & disorders of fruits & vegetables**, London: CRC Press, 1991. 302 p.

SOTO BALLESTERO, M. **Banano-cultivo y comercialización**, 2 ed. San José: Litografía e Imprenta, 1992. 674p.

SOUZA, J. da S.; TORRES FILHO, P. Mercado. In: ALVES, E. J. (Org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed., Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1999.525-543 p.

SPONHOLZ, C.; BATISTA, U.G.; ZAMBOLIM, L.; SALOMÃO, L.C.C.; CARDOSO, A.A. Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana “Prata” no controle da antracnose em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.5, p.480-485, 2004.

STICHER, L.; MANI, B.M.; MÉTRAUX, J.P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.35, p,235-270, 1997.

SUTTON, B.C. The genus *Glomerella* and its Anamorph *Colletotrichum*. In: **Colletotrichum: biology, pathology and control**, C.A.B. International, UK. 1992

TERAO, D. Estratégias de controle de podridões em pós-colheita de frutos de meloeiro. 2003. 142f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

VILAS BOAS, E.V.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B. Características da fruta. In: MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S. **Banana pós-colheita**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 15-19p. 2001.

VON ARX, J.A. die der gattung *Colletotrichum* Corda. **Phytopathologische Zeitschrift**, Berlin v.29, p.413-468, 1957a.

VON ARX, J.A. Revision der zu *Gloeosporium* Gestellten Pilze. Vebandelingen Koninklijke Nederlands Akademie van Wetenschappen. **Natuurkunde**, Amsterdam, v.51, p.1-153, 1957b.

CAPÍTULO II

**Indutores de resistência no controle da antracnose
em pós-colheita de banana**

Indutores de resistência no controle da antracnose em pós-colheita de banana

Wagner R.L.S. Pessoa¹, Sônia M.A. Oliveira¹, Erick F. Couto¹

¹Laboratório de Patologia Pós-Colheita, Fitossanidade, Departamento de Agronomia/
Universidade Federal Rural de Pernambuco CEP 52.171-900¹ e-mail:wrlsp1@yahoo.com.br

(Aceito para publicação em/..../.....)

Autor para correspondência: Wagner Rogério L. S. Pessoa

Pessoa WRLS, Oliveira SMA, Couto EF. Indutores de resistência no controle da antracnose em pós-colheita de banana. *Tropical Plant Pathology*.

RESUMO

A exigência por produtos “mais limpos” ou com menores doses de fungicidas tem aumentado o interesse por métodos de controle alternativos e biologicamente correto. Entre estes destaca-se a indução de resistência. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de indutores de resistência (Agro-Mós[®], acibenzolar-S-metil (ASM), Crop-Set[®], Ecolife[®] e metil jasmonato), e o fungicida procloraz como padrão de comparação, no controle pós-colheita da antracnose em banana, e avaliar o efeito destes produtos sobre as características físico-químicas da fruta em diferentes tempos de inoculação (0, 6 e 12 h), após a indução. Os resultados mostraram que todos os isolados foram agressivos quando foram inoculados sobre os dedos com suspensão de conídios na concentração de 10⁶ com./mL, sendo os isolados Cm 10, Cm 1, Cm 21, Cm 20 e Cm 2 os mais agressivos, Cm 6, Cm 19, Cm 9, Cm 4, Cm 8, Cm 5, Cm 12 e Cm11 considerados como intermediários e Cm 3, Cm 16, Cm15, Cm 14, Cm 22, Cm 18 e Cm 17 os menos agressivos. ASM e Agro-Mós[®] foram os indutores que mais se destacaram no controle da antracnose, principalmente quando utilizados nas dosagens recomendadas pelo fabricante acrescidas de 50 % no tempo de 12 horas para a inoculação do fitopatógeno. Em relação às características físico-químicas, não houve diferenças significativas no teor de

sólidos solúveis totais (SST), ocorrendo diferenças apenas entre o pH e a acidez titulável total, que não comprometem negativamente para a aceitação da fruta pelo consumidor.

Palavras-chaves: *Colletotrichum musae*, manejo, pH, Acidez Total Titulável, Sólido Solúvel Total, *Musa* spp.

ABSTRACT

Resistance inductors in the control of the anthracnose in postharvest of banana

The demand for "cleaner products" or with smaller doses of fungicides. A has been increasing the interest for alternative and biologically correct control methods standing out the resistance induction. The present work aimed to evaluate the effect of resistance inductors (Agro-Mos, ASM, Crop-Set, Ecolife and Methyl Jasmonate) using the fungicide Prochloraz (PCZ) as comparison tool in the potharvest control of the anthracnose in banana cv. Pacovan and to evaluate the effect of these products on the physiochemical composition of the fruit at different times (0, 6 and 12 hours). The results showed that all the isolates were aggressive when inoculated on the fingers, being the isolated 10, 1, 21, 20 and 2 the most aggressive; 6, 19, 9, 4, 8, 5, 12 and 11 considered as intermediate and 3, 16, 15, 14, 22, 18 and 17 the least aggressive. ASM and Agro-Mos were the inductors that more stood out in the control of the anthracnose, mainly when they were used in the dosages recommended added of 50% at the time of 12 hours for the pathogen inoculation. In relationship the physiochemical characteristics, there were not significant differences in to the tenor of total soluble solids (SST), occurring differences within the pH and total titulavel acidity, that do not commit negatively for the acceptance of the fruit the consuming market.

Additional keyword: *Colletotrichum musae*, handling, pH, ATT, SST, *Musa* spp.

INTRODUÇÃO

A produção de bananas está voltada para o mercado externo como as do tipo Prata na produção e comercialização (Almeida et al., 2001). A cultivar Pacovan que é do mesmo subgrupo da Prata tem alta aceitação no mercado consumidor, possui características agronômicas próximas a 'Prata' com atributos sensoriais de uma fruta de boa qualidade (Almeida et al., 2001; Pinheiro et al., 2007). No entanto, possui alta suscetibilidade a antracnose, causada por *Colletotrichum musae* (Berk & Curtis) von Arx que é responsável por perdas em pós-colheita de até 40 % da produção. Ocorrendo em todas as regiões produtoras de banana. O início da infecção ocorre ainda no campo em frutas verdes, e o desenvolvimento do patógeno ocorre com o amadurecimento da mesma, na forma de pequenas lesões, que se desenvolvem podendo coalescer, formar grandes áreas necróticas e deprimidas com centro róseo a alaranjado formado pela massa de esporos do patógeno (Pessoa & Oliveira, 2006). Neste contexto as perdas na pós-colheita, aliadas as exigências do mercado consumidor por produtos livres de agrotóxicos, tem gerado o interesse por métodos de controle alternativos tais como: atmosfera modificada e controlada, sanitização, bloqueadores de etileno e indução de resistência. Este último tem sido extensivamente estudado no controle de doenças pós-colheita de vários frutos por diversos pesquisadores (Barkai-Golan, 2001; Benato, 2002; Dantas et al., 2004; Oliveira et al., 2004; Dantas & Coelho, 2006). A indução de resistência é uma tendência atual no controle das doenças pós-colheita, consiste em ativar os mecanismos de defesa do fruto. Mediante métodos que induzem a ativação artificial dos mecanismos naturais de defesa dos produtos colhidos, os quais serão capazes de deter o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Tratamentos de origem biótica (microrganismos) e abiótica (aplicação de elicitores químicos) farão com que o fruto reaja produzindo uma série de respostas suficientes para barrar a infecção do patógeno (JAMES et al., 1993). A ativação destes mecanismos de defesa pode manifestar-se em uma área localizada ou um sítio de

infecção que se expressará através de todo o tecido de maneira sistêmica (BAÑOS; NECHA, 2001).

Portanto, o presente trabalho objetivou avaliar a agressividade de vários isolados de *C. musae* na cultivar Pacovan e o efeito de indutores de resistência (Agro-Mos[®], ASM, Crop-Set[®], Ecolife[®] e metil jasmonato) e fungicida procloraz como padrão de comparação com os indutores no controle pós-colheita da antracnose em banana cv. Pacovan, bem como avaliar o efeito desses tratamentos sobre a composição físico-química da fruta.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos isolados

Os isolados de *C. musae* foram obtidos de banana de diferentes cultivares apresentando sintomas da antracnose, entre estas destacam-se Subgrupo Prata (Prata e Pacovan), Subgrupo Plátano ou Terra (D'Angola) e Poty classificados de acordo com (Alves, 1999; Silva, 2000). Sendo os isolados Cm 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11 e 20 da cv. Pacovan, Cm 3, 6, 12, 15, 16, 17, 21 e 22 da cv. Prata, Cm 5, 13 e 14 cv. Comprida e Cm 18 e 19 da cv. Poty. Entre as regiões produtoras de Pernambuco, Bahia, Alagoas, Ceará e Minas Gerais.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Patologia Pós-Colheita da Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde as frutas foram lavadas com água e sabão e colocadas para secar em papel toalha. Em seguida, acondicionou-se em câmara úmida composta por sacos plásticos previamente umedecidos com água destilada esterilizada (ADE), por 48 horas a uma temperatura de 28 ± 2 °C e umidade relativa de 70 % por cinco dias de incubação. Após o período de inocubação, a massa de esporos foi retirada da superfície da fruta com o auxílio de um estilete esterilizado, plaqueando-se em meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar), incubando-se em condição de laboratório até o crescimento do fungo

e transferindo-o para tubos de ensaio contendo o meio BDA, para a realização de trabalhos posteriores.

Teste de agresividade

Neste ensaio utilizou-se a metodologia descrita por Pessoa et al. (2007), com modificações. Inoculou-se buquês (palmas) com seis dedos (bananas) utilizando-se a cv. Pacovan A escolha desta cultivar se deve a dois pontos principais: alta aceitação dentro do mercado consumidor, devido, principalmente, às características físico-químicas e atributos sensoriais; e segundo por sua alta suscetibilidade frente a antracnose comprovada pelos trabalhos de Couto et al. (2002) e Pessoa et al. (2007), em cada dedo dois pontos, em ambas as extremidades da fruta, para posteriormente retirar uma média entre as duas inoculações. Estas foram realizadas com ferimento obtido por meio de um furador com oito agulhas de 2 mm de profundidade, depositando-se sobre o mesmo 10 µL de uma suspensão de conídios na concentração de 10^6 conídios/ mL, usando-se um pipetador automático (capacidade 5-40 µL da eppendorf). O buquê testemunha foi inoculado da mesma forma utilizando-se 10 µL de ADE. Em seguida, as palmas foram acondicionadas em câmara úmida individual, compostas por sacos plásticos previamente umedecidos com ADE e devidamente etiquetadas por um período de 48 horas, a uma temperatura de 28 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 70 %. O período de incubação foi de cinco dias.

O experimento foi inteiramente casualizado utilizando-se seis repetições composta de um buquê com seis dedos e 22 isolados de *C musae*, sendo analisado a severidade da doença (através do tamanho de lesões em mm²) com o auxílio de um paquímetro (Mitutoyo-Vernier Caliper 150 mm x 6") e as médias comparadas ao teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando o programa SAEG (Ribeiro Junior, 2001).

Avaliação da eficiência de indutores de resistência no controle pós-colheita da antracnose em banana e efeito na composição físico-química

O experimento foi conduzido com bananas cv. Pacovan obtidas da Companhia de Abastecimento e Armazéns Gerais do estado de Pernambuco – CEAGEPE, de acordo com as escalas descritas por Vilas-Boas et al. (2001). O estágio de maturação da banana estava entre 2 e 3 graus. A desinfestação procedeu-se com água corrente e sabão retirando-se a umidade sobre papel toalha. Inicialmente os buquês foram imersos em soluções contendo os seguintes indutores por cinco minutos: acibenzolar-S-metil (ASM) (ácido benzo-1,2,3,-triazole-7-carbotióico éster S-metil), 0,2 g/L, Agro-Mos[®] (AGM) (mananoligossacarídeo fosforilado derivado da parede celular de *Saccaromyces cerevisiae* 1026 Hansen) 1,5 mL/L, Crop-Set[®] (CRP) (combinação de micronutrientes entre eles manganês, ferro e cobre) 1,5 mL/L, Ecolife[®] (ECO) (polifenóis, flavonóides, fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos) 1,0 mL/L, metil jasmonato (MJ) 0,1 mL/L e o fungicida procloraz (PCZ) (1,1 mL/L) indicado para o controle da antracnose e, em seguida, colocados sobre papel toalha para secar. As dosagens seguiram a indicação do fabricante, e outra equivalente a concentração indicada pelo fabricante acrescido de 50 %, sendo adicionados a estes Twenn 20 (0,02 % v/v). As inoculações foram realizadas, em três tempos distintos com zero, seis e 12 horas após a indução, sobre a superfície previamente ferida, com uma suspensão de conídios na concentração de $2,4 \times 10^6$ con./ mL, inoculando-se nas extremidades de cada dedo. O isolado de *C. musae* Cm 10 foi utilizado para os ensaios subseqüentes 10 por ter apresentado, além de alta agressividade, maior média de lesões mesmo não diferindo estatisticamente dos isolados Cm 1, Cm 21, Cm 20 e Cm 2. Foi incluída aos tratamentos a testemunha, inoculada e não induzida. Após a inoculação, os buquês foram submetidos à câmara úmida por 48 horas a

temperatura de 27 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 70 %. O período de incubação foi de cinco dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (7x2), utilizando-se cinco indutores, um fungicida e uma testemunha inoculada e não tratada e duas dosagens sendo uma dosagem recomendada pelo fabricante (DR) e a outra DR acrescida de 50 %, utilizando-se cinco repetições, sendo cada repetição composta por um buquê com cinco dedos totalizando 25 dedos por repetição, e um isolado de *C. musae* para todos os períodos de inoculação (zero, seis e 12 horas após cada tratamento). Foi analisado a severidade da doença através do tamanho das lesões em mm com auxílio de um paquímetro e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando o programa SANEST (sistema de análise estatística para microcomputadores) (Zonta & Machado, 1996).

Após a avaliação da severidade foram retirados de cada tratamento, alíquotas de todos eles com aproximadamente 30 g da polpa, com cinco repetições, para a avaliação das características físico-químicas da banana quanto ao pH, sólido solúveis totais (SST) e acidez titulável total (ATT).

Para determinação do pH, foi utilizado 20 g da amostra fresca por cada tratamento, seguindo a leitura direta em potenciômetro Quimis Modelo Q 400A (AOAC, 1990).

A avaliação de SST procedeu-se com 250 mg da amostra fresca. A amostra foi acondicionada em eppendorff com capacidade para 1,5 mL, em seguida centrifugou-se a 5.000 rpm por 10 minutos. Do sobrenadante foi retirado uma alíquota de 10 µL depositado sobre um refratômetro Modelo RCZ (0-32 °Brix), obtendo-se o resultado em °Brix. Na determinação do ATT pesou-se 2,0 g da amostra fresca para cada tratamento, seguindo-se a metodologia descrita por (Ohlweider, 1980).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 7 x 2 (cinco indutores, o fungicida e uma testemunha e duas dosagens DR e DR + 50 % fixando-se os tempos de inoculação zero, seis e 12 horas após a indução) com cinco repetições, representado por frutas individuais de banana, retirado entre os cinco buquês anteriormente utilizados no experimento de indução escolhidos ao acaso. Os dados foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa SANEST (Zonta; Machado 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teste de agressividade

Os resultados mostraram que todos os isolados foram patogênicos quando inoculados sobre os dedos (Figura 1), sendo observadas variações entre os mesmos. Os isolados Cm 10, Cm 1, Cm 21, Cm 20 e Cm 2 comportaram-se como os mais agressivos; Cm 6, Cm 19, Cm 9, Cm 4, Cm 8, Cm 5, Cm 12 e Cm 11 podem ser considerados como intermediários; e Cm 3, Cm 16, Cm 15, Cm 14, Cm 22, Cm 18 e Cm 17 os menos agressivos, de acordo com o critério adotado por Lima Filho (2008) e Couto et al. (2002), classificando-se os isolados em três grupos de agressividade: alto, intermediário e baixo. Para os ensaios subseqüentes utilizou-se o isolado Cm 10 por ter apresentado, além de alta agressividade, maior média de lesões mesmo não diferindo estatisticamente dos isolados Cm 1, Cm 21, Cm 20 e Cm 2. As variações sobre a agressividade de isolados de *C. musae* verificada por Couto et al. (2002), onde o isolado proveniente de banana ‘comprida’ foi agressivo a ‘pacovan’, e o isolado de banana ‘maçã’ apresentou maior agressividade quando inoculado em outras cultivares de banana (‘prata’, ‘pacovan’ e ‘comprida’). Neste trabalho os isolados de banana ‘pacovan’ e ‘prata’ apresentaram as maiores lesões sobre a fruta, não diferindo estatisticamente entre si. Essas duas cultivares pertencem ao mesmo subgrupo, possuindo características agrônomicas

bem próximas o que pode explicar a similaridade da agressividade dos isolados sobre a fruta (Alves, 1999).

Avaliação da eficiência de indutores de resistência no controle pós-colheita da antracnose e efeito na composição físico-química da banana

No experimento, verificou-se influência tanto dos indutores utilizados como também efeito das dosagens e tempos de inoculação do *C. musae* (Tabela 1). Na dosagem recomendada seguida da inoculação do agente fitopatogênico, no tempo zero, seis e doze horas, observou-se que os indutores mais eficientes foram ASM e Agro-Mos[®], respectivamente, diferindo estatisticamente entre os demais indutores e a testemunha. Para a DR + 50% destacam-se AGM no tempo de zero hora; ASM, AGM, ECO e MJ com seis horas; e ASM sobre 12 horas, respectivamente, sendo mais efetivos na redução da severidade da doença. O procloraz foi constante para dosagens e tempos de inoculação, diferindo significativamente dos indutores e da testemunha. Em relação ao tempo zero na dosagem recomendada e DR 50 % o melhor indutor foi Agro-Mós[®] (AGM), seguido pelo Ecolife[®] (ECO) e ASM que não diferiram significativamente entre si. Metil jasmonato e Crop-Set[®] não diferiram entre si e nem da testemunha, apenas na dosagem na DR + 50 % o MJ diferiu da testemunha. No período de inoculação de seis horas após a indução o destaque entre os indutores ficou a critério do ASM, seguido pelo AGM que diferiu estatisticamente do MJ e ECO, que não diferiram significativamente entre si na DR. Em relação à DR + 50 % AGM e ASM não diferiram entre si nem entre ECO e MJ diferindo apenas de CRP e da testemunha. O AGM no tempo de 12 horas foi o melhor indutor na dosagem recomendada diferindo significativamente em relação aos demais e da testemunha. Os outros indutores não diferiram entre si, apenas em relação à testemunha. Entretanto, na dosagem recomenda mais 50 % neste tempo de indução, ASM foi o melhor indutor, pois promoveu a menor severidade da doença

entre todos os tratamentos testados, seguidos por dois blocos distintos o AGM e ECO diferindo apenas da testemunha, MJ e CRP que por sua vez não diferiram entre si apenas da testemunha. Outro ponto importante foi que à medida que se aumentou o tempo entre as inoculações, aumentou-se a eficiência dos indutores testados, verificado pela menor severidade sobre os buquês inoculados com o patógeno.

O ensaio revelou ainda que neste patossistema *C. musae* x banana, o Crop-Set[®] e o metil jasmonato não foram eficientes no controle da doença e provocaram podridões da almofada. Além disso, visualmente causaram um mau aspecto ao buquê no final do experimento, como se o mesmo já estivesse em avançado estágio de maturação, em ambos os ensaios.

Diversos trabalhos com indutores (Cavalcanti & Rezende, 2005; Gurgel et al., 2005; Dantas & Coelho, 2006; Lima Filho, 2008) tem evidenciado a importância da concentração do indutor, época de aplicação e estágio de maturação da fruta sobre diversos patossistemas. O desconhecimento sobre estes fatores pode levar a resultados inconclusivos e errôneos sobre estes produtos, ressaltando que cada interação patógeno-hospedeiro deve ter seu próprio tempo, necessário para que ocorra a sinalização e a consequente ativação de genes de defesa (Cavalcanti & Rezende, 2005; Dantas & Coelho, 2006). Com a utilização do ASM na dosagem recomendada acrescido de 50 % obteve-se as menores lesões sobre a banana. Estes resultados concordam com os obtidos por Dantas et al. (2004) sobre o patossistema antracnose x mamão na pós-colheita com aplicação de ASM e Agro-Mós[®], os quais reduziram a incidência da doença, quando aplicados em pré e pós-colheita nas dosagens mais elevadas de 100 e 750 $\mu\text{L}.\text{ml}^{-1}$, respectivamente. Da mesma forma, diversos autores (Bokshi & Jobling, 2000; Cavalcanti & Rezende, 2005; Rodrigues et al., 2006), quando utilizaram o ASM para o controle de doenças, observaram que o mesmo foi o mais eficiente,

principalmente quando a indução ocorreu por um período mais longo antes da inoculação, reforçando a necessidade da época de aplicação e concentração do indutor mais prolongado antes da inoculação do patógeno. Em contrapartida, os resultados não corroboram com Lima Filho (2008), quando estudou o efeito das dosagens dos indutores Agro-Mós[®], ASM e Ecolife[®] sobre a incidência e severidade da antracnose do maracujá, onde observou maior nível da doença frente às maiores dosagens dos indutores testados. Não foram observadas diferenças significativas quanto ao tamanho da lesão de antracnose tratados com ASM e a testemunha. Isto não ocorreu nos experimentos, uma vez que o ASM, além de ser um dos melhores indutores foi o que apresentou menor severidade em relação a testemunha. Pode ter ocorrido esta diferença devido a vários fatores como dosagens, época de aplicação, e o patossistema envolvido *C. musa* x banana.

No presente experimento o Ecolife[®] comportou-se de forma intermediária em relação aos demais tratamentos, hora se aproximando em relação ao ASM e AGM e outrora se aproximando da testemunha, dependendo exclusivamente do tempo de inoculação e dosagem utilizada. Segundo Cavalcanti et al. (2006) o Ecolife[®] conferiu 39,2 % e o ASM 47,7 % de proteção utilizando o segundo apenas como referência de controle na proteção do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) contra a murcha bacteriana, neste caso a redução da severidade com o Ecolife[®] foi bastante significativa. Entretanto para este patossistema este indutor aumentou o custo fisiológico da planta gerando atraso no desenvolvimento vegetativo. No entanto, Dantas et al. (2005) quando utilizaram o AGM e ECO para o tratamento pós-colheita de manga na prevenção de podridões obtiveram uma redução significativa da incidência e severidade das doenças.

Neste ensaio, o MJ ficou mais próximo da testemunha e mais distante dos melhores tratamentos. Além do mais, proporcionou um grande número de podridões da almofada sobre

os buquês testados (dados não publicados). De acordo com Droby et al. (1999), a aplicação de metil jasmonato reduziu a podridão verde em toranja, após a inoculação artificial ou natural com *P. digitatum* Sacc.

Em relação às características físico-químicas (pH, SST e ATT), frente os tratamentos utilizados, no primeiro experimento (Tabela 2) nenhum tratamento diferiu significativamente em relação à testemunha, com exceção do ASM no tempo de inoculação zero na dosagem recomendada que reduziu o teor de sólido solúvel total (SST). No segundo experimento ainda para o teor de SST (Tabela 3), na DR no tempo zero apenas o ASM diferiu significativamente em relação à testemunha. Não ocorreu diferença em relação ao SST nos dois ensaios para a DR + 50 % em todos os tratamentos analisados. Pessoa (2005) trabalhando com o mesmo patossistema observou que está variação no °Brix pode ser decorrente de outras variáveis como a temperatura e a umidade relativa podendo ocorrer variações de até 12 °Brix, levando-se em conta que a variação no presente trabalho foi de 2 °Brix em relação a testemunha, a qual pode ser considerada muito pequena.

O pH teve a maior variação entre os tratamentos em relação à testemunha. No primeiro experimento na dosagem recomendada sobre o tempo zero apenas AGM, MJ e PCZ não diferiram da testemunha. Neste mesmo tempo na DR + 50 % apenas o CRP e ECO não diferiu da testemunha. No tratamento de seis horas após a indução o AGM, CRP e MJ na dosagem recomendada e AGM, CRP, ECO, MJ e PCZ na DR + 50 % diferiram em relação à testemunha. Ainda neste ensaio, o tempo de 12 horas após a indução na dosagem recomendada, apenas o Ecolife® e AGM não diferiram da testemunha e na DR + 50 % todos os tratamentos diferiram da testemunha. No segundo ensaio, em todos os tempos de inoculação e dosagens utilizadas, todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ao nível e 5 % de probabilidade. Soto Ballester (1992)

observou variação quanto ao nível de pH quando trabalhou com bananas cv. Pacovan. Porém vale ressaltar que as mesmas não foram inoculadas com nenhum agente fitopatogênico, nem foi realizada indução de resistência nas mesmas. No entanto, Pessoa (2005) trabalhou com o mesmo patossistema, sem indução, observou que ocorreu um aumento do pH. Isto pode ter influência negativa, podendo acarretar rejeição por parte do consumidor in natura, ou acarretar prejuízo na indústria de processamento. E neste experimento com a utilização da indução, ocorreu um pequena variação do pH, ressaltando ainda que, mesmo que tenha ocorrido diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, esta foi muito pequena, o que pode ter ocorrido em função de outros fatores como tamanho da amostra, temperatura, teor de umidade, entre outros.

No que diz respeito à Acidez Titulável Total (ATT) (Tabelas 2 e 3), todos os tratamentos independentes do tempo de inoculação e das dosagens utilizadas, apresentaram discrepância em relação a testemunha ($P = 0,05$). Isso denota, que todos os indutores nas dosagens e tempos de inoculação utilizados podem influenciar a acidez da fruta. Porém, está influência no aumento ou diminuição da acidez não são necessariamente preocupantes. Isto porque está influência na ATT, está dentro de uma escala de 0,17-0,68 % acidez do fruto no estudo de diversos autores sobre a acidez da banana (Rossignoli, 1983; Alves, 1999; Matsuura et al., 2002). Ademais, quando Pessoa (2005) estudou a influência desta acidez em banana cv. Pacovan sobre a variação de fatores bióticos e abióticos verificou-se que os valores de ATT podem chegar até a 2 %, dependendo das condições a que foram expostas, neste caso a influência da temperatura e período de molhamento e *C. musae*.

Os ensaios demonstraram que os indutores ASM e Agro-Mós[®], podem ser utilizados como ferramentas no manejo pós-colheita da antracnose em banana cv. Pacovan, na dosagem recomendada pelo fabricante e/ou até mais altas, em períodos mais longos de indução.

Observou-se que estes não causaram modificações sobre os teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT) e pH, que acarretassem prejuízos a banana, tendo em vista que as diferenças observadas podem ser função de outras variáveis, que certamente são objetos de estudos futuros.

Em relação ao procloraz, esse não apresentou mudanças significativas nos teores de SST, pH e ATT que comprometam a comercialização da fruta sendo, portanto passível de ser utilizado neste patossistema.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa e ao Dr. Erick Farias Couto pela correção do Abstract.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15^a ed. Arlingthon.
- Almeida CO, Cordeiro ZJM, Souza JS, Inácio ESB (2001) Mercado Mundial. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa-SPI. pp.9-14.
- Alves EJ (1999) A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2 ed. Brasília:Embrapa-SPI.
- Baños SB, Necha LLB (2001) Tecnologías empleadas en el control de las enfermedades postcosecha de los productos hortofrutícolas. Memoria 111-120.
- Barkai-Golan R (2001) Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control. Amsterdam:Elsevier Science. 418p.
- Benato EA (2002) A indução de resistência no controle de doenças pós-colheita: frutas e hortaliças. In: Reunião brasileira sobre indução de resistência em plantas contra fitopatógenos, 1., 2002, Palestras... São Pedro: ESALQ-USP. pp-29-31.

Bokshi A, Jobling J (2000) Enhancing the natural disease resistance of potatoes. Good Fruit and Vegetables Magazine 11(6):46-47.

Cavalcanti LS, Resende ML (2005) Efeito da época de aplicação e dosagem do acibenzolar-S-metil na indução de resistência à murcha-de-verticillium em cacauero. Fitopatologia Brasileira 29:67-71.

Cavalcanti FR, Resende MLV, Zacaroni AB, Ribeiro Júnior PM, Costa JCB, Souza RM (2006) Acibenzolar-S-metil e ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). Fitopatologia Brasileira 31(4):372-380.

Couto EC, Menezes M, Coelho RSB (2002) Avaliação da patogenicidade e diferenciação enzimática em meio sólido específico de isolados de *Colletotrichum musae*. Summa Phytopathologica 28:260-266.

Dantas SAF, Oliveira SMA, Bezerra Neto E, Coelho RSB, Silva RLX (2004) Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. Summa Phytopathologica 30:314-319.

Dantas SAF, Tavares SCCH, Oliveira SMS, Cavalcanti VALB (2005) Efeito de indutores abióticos de resistência a patógenos pós-colheita na firmeza de frutos de manga. Summa Phytopathologica 31(Supl.):174.

Dantas SAF, Coelho RSB (2006) Controle alternativo com indução de resistência. In: Oliveira SMA, Terao D, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.290-350.

Droby S, Porat R, Cohen L, Weiss B, Shapira B, Philosophadas S, Meir S (1999) Suppressing Green mold decay in grape fruit with postharvest jasmonates application journal of the american society for horticultural science. Science 124:184-188.

Gurgel LMS, Oliveira SMA, Coelho RSB, Silva RLX (2005) Proteção a murcha de fusário do tomateiro com acibenzolar-S-metil e ácido β -aminobutírico, em campo. *Fitopatologia Brasileira* 30(6):655-657.

James JR, Tweedy BG, Newby LC (1993) Efforts by industry to improve the environment safety of pesticides. *Annual Review of Phytopathology* 31:423-439.

Lima Filho, R.M. (2008) Controle alternativo da antracnose no maracujá-amarelo na pós-colheita. (Tese de Doutorado). Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 75f.

Matsuura FCAU, Cardoso RL, Ribeiro DE (2002) Qualidade sensorial de frutos de híbridos de bananeira cultivar Pacovan. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24:263-266.

Ohlweiler OA (1980) Química analítica quantitativa. 2ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

Oliveira SMA, Dantas SAF, Gurgel LMS (2004) Indução de resistência em doenças pós-colheita em frutas e hortaliças. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 12:343-371.

Pessoa WRLS (2005) Influência da temperatura e período de molhamento no desenvolvimento da antracnose e nas características físico-químicas da banana. (Dissertação de Mestrado). Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 51f.

Pessoa WRLS, OLIVEIRA SMA (2006) Doenças da banana. In. Oliveira SMA, Terao D, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) *Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp.539-553.

Pessoa WRLP, Oliveira SMA, Dantas SAF, Tavares SCCH, Santos AMG (2007) Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. *Summa Phytopathologica* 33(2):147-151.

Pinheiro ACM, Vilas Boas EVB, Alves AP, Laselva M (2007) Amadurecimento de bananas ‘maçã’ submetidas ao 1-meilciclopropeno (1-MCP), Revista Brasileira de Fruticultura 29(1):1-4.

Ribeiro Junior JI (2001) Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: UFV. 301p.

Rodrigues AAC, Bezerra Neto E, Coelho RSB (2006) Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. Fitopatologia Brasileira 31:492-499.

Rossignoli PA (1983) Atmosfera modificada por filme de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana “Prata” em condição ambiente. (Dissertação de Mestrado). Lavras. Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Silva SO (2000) Cultivares de banana para exportação. In: Cordeiro ZJM (Org.) Banana produção: aspectos técnicos. Brasília:Embrapa–SPI. pp.30-38.

Soto Ballesteros M (1992) Banano-cultivo y comercialización. 2ed. San José:Litografia e Imprenta.

Vilas Boas EVB, Alves RE, Filgueiras HAC, Menezes JB (2001) Características da fruta. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.15-19.

Zonta EP, Machado AA (1996) Sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas:UFPEL. 102p.

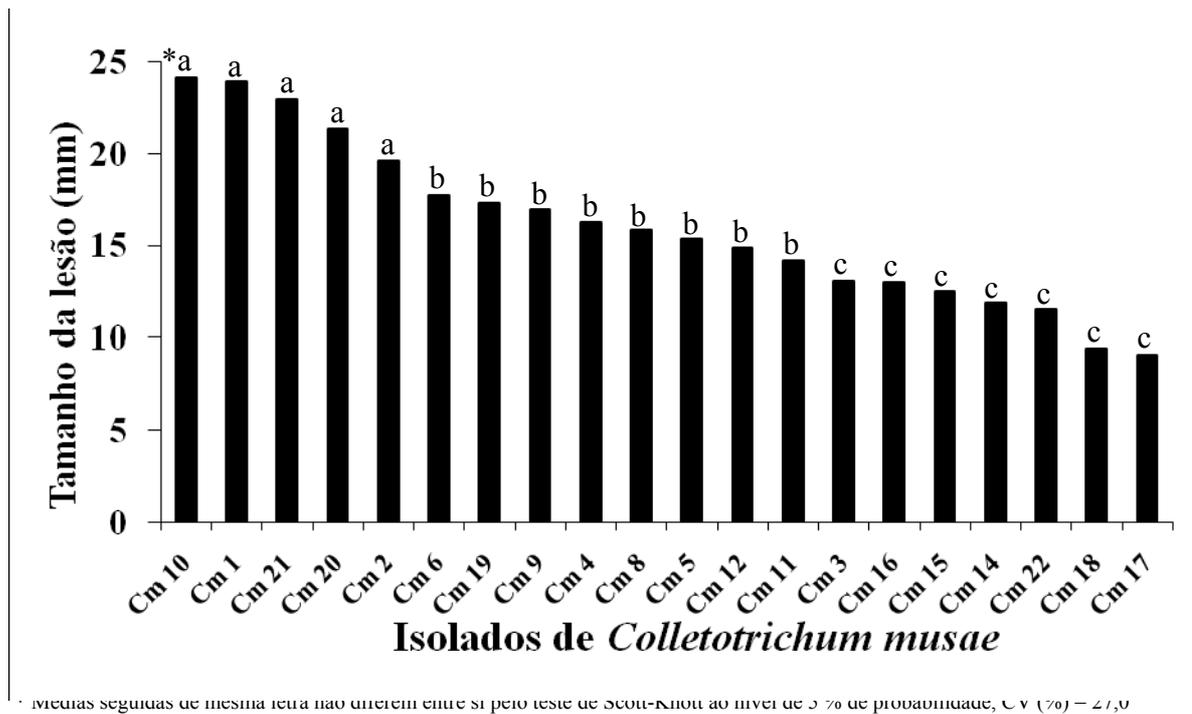


FIG 1. Efeito da agressividade de isolados de *Colletotrichum musae* sobre banana cv. Pacovan cinco dias após a inoculação.

TABELA 1. Médias (mm) dos tratamentos com indutores de resistência e fungicida sobre a banana em diferentes períodos de inoculação (zero, seis e 12 horas) com *Colletotrichum musae* na dosagem recomendada pelo fabricante (DR) e DR acrescido de 50 % a mais para cada tratamento

Tratamento	Tempo de inoculação (h)					
	0		6		12	
	DR	DR + 50%	DR	DR + 50%	DR	DR + 50%
1º Experimento						
Testemunha	30,86 a A*	30,86 a A	30,86 a A	30,86 a A	30,86 a A	30,86 a A
Crop-Set®	28,96 ab A	28,44 ab A	27,01 ab A	26,75 ab A	24,03 b A	26,11 b A
Metil-jasmonato	28,28 ab A	26,36 bc A	26,14 b A	23,85 bc A	25,62 b A	23,57 b A
Ecolife®	25,68 b A	23,23 c B	24,93 b A	23,23 bc B	22,48 b A	23,23 c B
ASM	27,16 b A	23,74 c A	14,27 d B	20,95 c A	22,17 b A	6,56 d B
Agromos®	21,54 c A	15,96 d B	19,62 c A	21,20 c B	14,33 c A	17,52 c A
Procloraz	0,00 d A	0,00 e A	0,00 e A	0,00 d A	0,00 d A	0,00 e A
CV (%) =	21,26		24,69		28,78	

*Média de cinco repetições (sendo cada repetição composta de cinco buquês com cinco dedos totalizando 25 dedos por repetição). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P=0,05).

TABELA 2. Influência de indutores de resistência e do fungicida procloraz, nas dosagens recomendadas (DR) e na DR acrescido de 50 %, sobre os Sólido Solúveis Totais (SST), pH e Acidez Titulável Total (ATT) em banana ‘Pacovan’ inoculadas com *Colletotrichum musae* as zero, seis e 12 horas após a indução

Tratamentos	Teor de Sólido Solúvel Total (°Brix)					
	0		6		12	
	DR	DR + 50%	DR	DR + 50%	DR	DR+50%
Agro-Mós [®]	22,60 a A	20,64 b B	22,60 a A	21,92 a A	20,04 b B	21,84 a A
ASM	19,08 b B	23,12 a A	21,80 a A	21,24 a A	22,92 a A	22,68 a A
Crop-Set [®]	22,08 a A	21,84 ab A	22,48 a A	22,24 a A	22,80 a A	21,60 a A
Ecolife [®]	22,92 a A	22,72 a A	22,96 a A	20,68 a A	22,40 ab A	21,96 a A
Metil jasmonato	22,36 a A	21,92 ab A	22,16 a A	22,52 a A	20,64 ab A	21,72 a A
Procloraz	22,52 a A	22,24 ab A	20,88 a A	22,32 a A	21,68 ab A	21,84 a A
Testemunha	22,08 a A	22,20 ab A	22,08 a A	22,20 a A	22,08 ab A	22,20 a A
CV (%)	4,50		5,21		5,58	

Tratamentos	pH					
	0		6		12	
	DR	DR + 50%	DR	DR + 50%	DR	DR+50%
Agro-Mós [®]	4,14 ab A	3,91 e B	4,07 a A	3,96 bc B	4,06 bc A	4,03 bc A
ASM	4,05 d A	4,01 d B	4,05 ab A	4,10 a A	3,99 cd A	4,02 bc A
Crop-Set [®]	4,16 a A	4,13 a B	3,91 d B	4,01 b A	3,98 d B	4,08 b A
Ecolife [®]	3,95 e B	4,12 a A	3,98 bcd A	3,94 bc A	4,14 a A	4,08 b B
Metil jasmonato	4,14 ab A	4,07 bc B	3,97 cd A	3,88 c B	4,00 cd A	3,99 c A
Procloraz	4,06 cd A	4,03 cd A	4,04 abc A	3,92 c B	4,02 cd B	4,08 b A
Testemunha	4,10 bc B	4,16 a A	4,07 a A	4,08 a A	4,10 ab B	4,16 a A
CV (%)	0,606		0,990		0,898	

Tratamentos	Acidez Total Titulável ATT (%)					
	0		6		12	
	DR	DR + 50%	DR	DR + 50%	DR	DR+50%
Agro-Mós [®]	0,73 g B	1,30 a A	0,72 f B	0,79 c A	0,87 a B	0,98 a A
ASM	1,10 a A	1,02 b B	0,74 d A	0,70 e B	0,65 e B	0,86 b A
Crop-Set [®]	0,75 f B	0,94 c A	0,53 g B	0,68 f A	0,73 d A	0,67 f B
Ecolife [®]	0,91 b A	0,81 d B	0,87 a A	0,79 b B	0,77 b A	0,76 c B
Metil jasmonato	0,74 e A	0,57 f B	0,73 e A	0,72 d B	0,62 f B	0,72 d A
Procloraz	0,87 c A	0,71 e B	0,74 c B	1,20 a A	0,59 g B	0,71 e A
Testemunha	0,77 d A	0,51 g B	0,77 b A	0,51 g B	0,77 c A	0,51 g B
CV (%)	0,056		0,014		0,015	

*Média de cinco repetições (25 frutos por repetição), seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P=0,05).

CAPÍTULO III

Compostos de defesa envolvidos com a indução de resistência no patossistema antracnose x banana

**Compostos de defesa envolvidos com a indução de resistência no patossistema
antracnose x banana**

Wagner R.L.S. Pessoa¹, Sônia M.A. Oliveira¹, Rinaldo M. Lima Filho¹

¹Laboratório de Patologia Pós-Colheita, Fitossanidade, Departamento de Agronomia/
Universidade Federal Rural de Pernambuco CEP 52.171-900¹ e-mail:wrlsp1@yahoo.com.br

(Aceito para publicação em/..../.....)

Autor para correspondência: Wagner Rogério L. S. Pessoa

Pessoa, WRLS, Oliveira, SMA, Lima Filho, RM. Determinação de atividade bioquímica com indutores de resistência sobre a pós-colheita de banana. *Tropical Plant Pathology*.

RESUMO

A produção de banana é uma importante atividade agrícola no Brasil. O país destaca-se como segundo maior produtor. A comercialização é comprometida, principalmente, pela antracnose (*Colletotrichum musae*). O objetivo do trabalho foi avaliar a produção das enzimas peroxidase, polifenoloxidase, quitinase, β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase, em amostras da epiderme das bananas tratadas com indutores de resistência com os produtos acibenzolar-S-metil (ASM), Agro-Mos[®] (AGM), Crop-Set[®] (CRP), Ecolife[®] (ECO) e metil jasmonato (MJ) e inoculadas com 10^6 con./mL de *C. musae*, em três tempos: zero, seis e 12 h após indução. As testemunhas consistiram de frutas tratadas com os indutores, com e sem inoculação do fitopatógeno. O AGM e o MJ destacaram-se na produção da peroxidase com 1.297,75 e 1.216,36 U/mg proteína, respectivamente. Na polifenoloxidase, o MJ 1.595,69 U/mg proteína e o AGM 1.306,49 U/mg proteína. O AGM mostrou maior produção de quitinase. Para β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase, o MJ e o AGM apresentaram a maior produção dessas enzimas. A testemunha não tratada e inoculada com *C. musae*, mostrou maior produção das enzimas em relação à testemunha absoluta, exceto para a β -1,4-glucanase.

Palavras-chaves: *Colletotrichum musae*, Agro-Mos[®], acibenzolar-S-metil, metil jasmonato, Ecolife, *Musa* spp.

ABSTRACT

Determination of biochemical activity with resistance inductors on postharvest banana

The Banana production is an important agricultural activity in Brazil. The country stands out as second most important producer. The commercialization is affected, mainly, by anthracnose (*Colletotrichum musae*). The objective of this work was to evaluate the production of the enzymes peroxidase, polyphenol oxidase, chitinase, β -1,3-glucanase and β -1,4-glucanase, in samples of the epidermis of bananas treated with resistance inductors and inoculated with 10^6 con./mL of *C. musae*, at three times after induction: 0, 6 and 12 h. The inductors used were acibenzolar-S-methyl (ASM), Agro-Mós[®] (AGM), Crop-Set[®] (CRP), Ecolife[®] (ECO) and methyl jasmonate (MJ). The control consisted of fruits treated with the inductors, with and without inoculation of the patogen. AGM and MJ stood out in inducing the production of the peroxidase with 1,297.75 and 1,216.36 U/mg protein, respectively. For poliphenol oxidase, MJ 1.595,69 U/mg protein and AGM 1.306,49 U/mg protein. AGM showed the highst chitinase production. For β -1,3-glucanase and β -1,4-glucanase, MJ and AGM presented the highest production of those enzymes. The not treated control and inoculated with *C. musae* showed larger production of the enzymes in relation to the absolute control, except for β -1,4-glucanase.

Additonal keyword: *Colletotrichum musae*, Agro-Mos[®], acibenzolar-S-methyl, methyl jasmonate, Ecolife, *Musa* spp

INTRODUÇÃO

A bananicultura (*Musa* spp.) têm-se destacado como atividade agrícola no Brasil gerando mais de 2,9 milhões de reais segundo dados do IBGE (2009). Neste contexto o país ocupa uma posição de destaque no cenário mundial como segundo maior produtor, atrás apenas da Índia (FAO, 2009). Apesar disso, existem dificuldades para sua comercialização pelo fato da banana ser altamente perecível e predisposta a uma série de perdas na fase de pós-colheita, durante o transporte e armazenagem (Moraes et al., 2005). Entre as doenças pós-colheita a principal e mais importante é a antracnose, causada por *Colletotrichum musae* (Berk & Curtis) von Arx. Além das perdas ocasionadas como principal enfermidade, destacam-se também as suscetibilidades de todas as variedades comerciais existentes e as suas presenças em todas as regiões produtoras. O manejo da doença preconiza vários métodos de controle, entre eles, práticas culturais, cuidados na pré e pós-colheita, controle químico (Cordeiro & Mesquita, 2001) e a indução de resistência (Dantas et al., 2004).

A indução de resistência é a ativação artificial dos mecanismos naturais de defesa dos produtos colhidos os quais serão capazes de deter o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. A ativação dos mecanismos fará com que a fruta reaja produzindo uma série de respostas suficientes para barrar a infecção do patógeno. A ativação destes mecanismos de defesa pode manifestar-se em uma área localizada ou um sítio de infecção que se expressará através de todo o tecido de maneira sistêmica (Baños & Necha, 2001).

Entre os elicitores orgânicos destacam-se complexos de carboidratos, lipídeos, proteínas e quitosana (Darvill & Albersheim, 1984) e inorgânicos, como o acibenzolar-S-metil (ASM) e metiljasmonato (MJ) (Sticher et al., 1997), entre outros.

O éster S-metil do ácido benzo (1,2,3)-tiadiazole-7-carbotiólico (ASM) têm se destacado como um dos mais fortes ativadores sintéticos de resistência (Kessmann et al., 1994), pela ativação de genes de defesa da planta (Ciba, 1996). O ASM não apresenta

qualquer ação antimicrobiana direta sobre os microrganismos (Kessmann et al., 1994). Pode também impedir a penetração do patógeno devido, possivelmente, à hidrólise de componentes da parede celular do fungo e sensibilização das células do hospedeiro para reagir mais rapidamente à infecção (Huang et al., 2000).

Além deste, destacam-se o Agro-Mos[®] (mananoligossacarídeo fosforilado) (composto derivado da parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* 1026 Hansen), (Dantas & Coelho, 2006), o Crop-Set[®] (combinação de micronutrientes entre eles manganês, ferro e cobre), o Ecolife[®] (polifenóis, flavonóides, fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos), e o metil jasmonato, os quais são capazes de induzir reação de defesa em frutas e hortaliças. Os elicitores são compostos que induzem a síntese de fitoalexinas, como também outras respostas de defesa da planta, como a produção de PR-proteínas (proteínas relacionadas a patogênese). Podem não ter nenhuma atividade antimicrobiana ou exercer um duplo modo de ação e serem capazes de atuar diretamente sobre o patógeno ou eliciar respostas de defesa (Lyon et al., 1995). As PR-proteínas acumulam-se no apoplasto ou nos vacúolos e variam em produção de acordo com o patossistema. São classificadas em 14 grupos, entre estes se destacam as PR-2 as quais são representadas pelas β -1,3-glucanase que promovem a clivagem hidrolítica das ligações β -1,3-glucanas da parede celular dos fungos. As PR-3, PR- 4, PR-8 e PR-11 são as quitinases que hidrolisam ligações β -1,4 entre resíduos de N-acetilglucosamina da quitina, tendo desse modo ação contra fungos. As PR-6 são inibidoras de proteinases, produzidas em respostas a infecções de patógenos, afetando todos os tipos de enzimas proteolíticas como: serina, cisteína e aspártico, tendo ação também contra fungos (Dantas & Coelho, 2006).

Segundo Campos et al. (2004) e Dantas et al. (2004), foi observado um aumento na atividade da β -1,3-glucanase e peroxidase, sendo estas enzimas inversamente proporcional a

severidade da doença, e foi observado conjuntamente a permanência destas enzimas durante vários dias a fim de avaliar não somente a sua presença mais também a sua duração.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o acúmulo das enzimas peroxidase, polifenoloxidase, quitinase, β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase, em amostras da epiderme das bananas tratadas com indutores de resistência cinco dias após a indução.

MATERIAL E MÉTODOS

Os indutores utilizados foram acibenzolar-S-metil (ASM), Agro-Mos[®] (AGM), Crop-Set[®] (CRP), Ecolife[®] (ECO) e metil jasmonato (MJ). As dosagens seguiram a indicação segundo o fabricante, onde ASM 0,2 g/L, AGM 1 mL/L, CRP 1,5 mL/L, ECO 1,0 mL/L, MJ 0,1 mL/L, utilizando-se também, outra dosagem nas concentrações indicadas acrescido de 50 %, sendo adicionados a estes sorbitol monolaurato (Twenn 20, 0,02 % v/v). Os tratamentos foram realizados sobre buquês de banana cv. Pacovan, sob o grau de maturação 2 de acordo com Vilas Boas et al. (2001), por cinco minutos. Após os tratamentos, os buquês foram colocados sob papel toalha para secar em condições de laboratório. As inoculações foram realizadas, por deposição de 10 μ L de uma suspensão de conídios de *C. musae* na concentração de 10^6 conídios/mL em três tempos distintos: zero, seis e 12 horas após a indução, sobre a superfície previamente ferida, com auxílio de um furador com oito agulhas de 2 mm de profundidade. As testemunhas foram frutas tratadas com os indutores, com e sem inoculação do fitopatógeno. Após a inoculação, os buquês foram submetidos à câmara úmida por 48 horas a uma temperatura de 27 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 70 %. O período de incubação foi de cinco dias. A unidade experimental foi composta por um buquê com cinco dedos e cinco repetições totalizando 25 repetições por tratamento. O delineamento foi inteiramente casualizado e os dados submetidos à análise de variância e separação de médias

pelo teste de Scott-Knott 5 % de probabilidade através do programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

Os elicitores foram agrupados de acordo com os seus respectivos tratamentos da seguinte forma: AGM 1 ao AGM 6 corresponde ao Agro-Mos[®] (onde AGM 1 corresponde ao AGM na dosagem recomendada no tempo zero, AGM 2 DR no tempo seis, AGM 3 na DR no tempo 12, AGM 4 na DR + 50 % no tempo zero, AGM 5 na DR + 50 % no tempo seis e AGM 6 na DR + 50 % no tempo 12, sendo sucessivamente para cada indutor), ASM 7 ao ASM 12 acibenzolar-S-metil, CRP 13 ao CRP 18 Crop-Set[®], ECO 19 ao ECO 24 Ecolife[®], MJ 25 ao MJ 30 metil jasmonato, TR 37 testemunha relativa (TR) inoculada e não induzida e TA 38 testemunha absoluta (TA).

Preparo do extrato vegetal

Ao final de cinco dias do ensaio, amostras de 4,5 g da epiderme da banana, foram maceradas com um pistilo em almofariz, na presença de 3 mL de nitrogênio líquido, adicionando-se 0,5 g de polivinilpirrolidona (PVP) e 8,0 mL de tampão acetato de sódio (0,1 M e pH 5,0) contendo 1mM de EDTA. O macerado foi centrifugado a 14000 rpm por 10 minutos (4 °C), transferindo-se o sobrenadante para novos tubos de eppendorfs, armazenando-se em freezer a - 80 °C.

Peroxidase

Para atividade da peroxidase (EC 1.11.1.7) utilizando-se a metodologia descrita por Dann & Deverall (2000) modificado. Em uma cubeta, foram pipetados: 250 µL de guiacol (0,04 M), 1,0 mL do tampão acetato de sódio (0,1 M pH 5,0) e 250 µL de peróxido de hidrogênio (0,38 M). Em seguida, adicionou-se 50 µL do extrato enzimático sob leve agitação. A determinação da atividade foi realizada por leitura direta em espectrofotômetro, pela diferença entre a leitura final e inicial durante dois minutos. Para cada repetição dos

tratamentos foi realizada três repetições analíticas. A unidade de atividade (U/mL) foi definida como a quantidade de enzima que causou o aumento de 0,001 unidade de absorbância por mL da mistura, nestas condições. Os resultados foram expressos em atividade específica (U/mg proteína).

Polifenoloxidase

A atividade da polifenoloxidase (EC 1.14.18.1) foi realizada segundo a metodologia descrita por Campos et al. (2004) modificado. Em tubo de ensaio gelado pipetou-se, 1,8 mL de tampão acetato de sódio (0,1 M pH 5,0), 200 µL do extrato enzimático e 50 µL de catecol 0,1 M. Em seguida, a mistura foi agitada em vórtex por 10 segundos e, posteriormente, incubada em banho maria a 30 °C, por 30 minutos. Após o período de incubação, a reação foi paralisada em banho de gelo adicionando-se 100 µL de ácido perclórico 1,4 %, agitando-se novamente em vórtex, sendo colocada em repouso por 10 minutos. O teste em branco foi realizado substituindo o catecol por água destilada esterilizada. A absorbância das amostras foi medida sobre o comprimento de onda de 500 nm. Os resultados foram expressos em unidade enzimática (EU)/mg de proteína, onde 1 UE foi definida como a quantidade de enzima que causou um aumento de 0,001 unidade de absorbância por minuto, por mL de reação. Foram realizadas três repetições analíticas de cada amostra.

Quitinase

Para se determinar a quitinase (EC 3.2.1.14), utilizou-se à metodologia descrita por Dann & Deverall (2000), modificada. Em um tubo de ensaio rosqueável foi colocado 0,1 mL do extrato enzimático, 0,7 mL do tampão acetato de sódio (0,1 M pH 5,0), 0,2 mL de CM-Chitin-RBV (2,0 mg/mL). A solução foi incubada por 30 minutos a 40 °C, sendo paralisada a reação com 0,2 mL de HCl 1,0 M. O teste em branco foi realizado com o mesmo extrato reativo sem incubação. Após o período, as amostras foram centrifugadas por cinco minutos a

5000 g (4 °C), e o sobrenadante transferido para uma cubeta de quartzo, as leituras foram realizadas no comprimento de onda de 550 nm. Três repetições analíticas de cada amostra foram realizadas. Os resultados foram expressos em unidade enzimática (UE)/mg proteína, onde 1 UE equivale a leitura de absorvância a 550 nm/mL/minuto de incubação.

β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase

Na atividade da β -1,3-glucanase (EC 3.2.16), utilizou-se a metodologia descrita por Giri et al. (1998), e os resultados expressos em mg de glicose/mg de proteína.

Para atividade da β -1,4 glucanase (EC 3.2.1.4) seguiu-se a metodologia descrita por Desphande et al. (1998). Os resultados foram comparados com a curva padrão composta por concentrações conhecidas de glicose (mg/mL).

Proteína solúvel

O teor de proteína solúvel foi determinado de acordo com o método colorimétrico de Bradford (1976). O teor de proteína solúvel de cada tratamento foi estimado através da comparação das leituras dos tratamentos com curva padrão de albumina de soro bovino (BSA), de concentrações conhecidas em mg/mL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na peroxidase (POD), o Agro-Mos[®] (AGM 1) juntamente com o metil jasmonato (MJ 6), foram os indutores que mais se destacaram, por apresentar a maior atividade desta enzima, com atividade de 1.297,75 e 1.216,36 U/mg proteína, para AGM e MJ, respectivamente, sendo verificado o pico máximo para esta atividade, declinado á medida que se distancia dos mesmos. Os demais indutores ficaram em posições intermediárias. A dosagem e o tempo de inoculação não influenciaram na produção enzimática da peroxidase (Figura 1). Da mesma forma, Lima Filho (2008) observou um aumento na atividade desta enzima quando se utilizou como indutor o MJ e o AGM, respectivamente. A POD catalisa a oxidação e a polimerização

do álcool hidroxicinâmico na presença do peróxido de hidrogênio, originando a lignina (Cia, 2005). Esta enzima participa da oxidação de compostos fenólicos, os quais se acumulam em resposta a infecção da biossíntese da lignina (Abeles & Biles, 1991). A lignina, juntamente com outros polissacarídeos, funciona como uma barreira física à penetração de fungos (Cia, 2005).

Em relação à polifenoloxidase (PPO), o melhor tratamento foi o metil jasmonato (MJ 6) que produziu 1.595,69 U/mg de proteína. Porém, nesta atividade o máximo de produção obtido com o MJ e o AGM decresceram muito a partir do ponto que se distanciava destes indutores. Evidenciando-se, desta forma, que a atividade da enzima foi ativada pelos mesmos (Figura 2). Estes resultados corroboram com Lima Filho (2008), quando trabalhou com o Agro-Mos[®] no controle da antracnose do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). Na presença do oxigênio molecular, PPO catalisa orto-hidroxilação de monofenóis a orto-difenóis (atividade da monosferase) e oxidação do orto-difenóis para orto-quinonas (atividade de difenolase) (Chararra et al., 2001). De acordo com Meyer & Staples (2002), a PPO pode estar associada aos processos de lignificação da parede celular em resposta as injúrias causadas por microrganismos invasores e/ou danos que os produtos sofrem durante a pós-colheita, e na proteção de plantas pela ação tóxica de orto-quinonas reativas produzidas a partir da catálise de compostos fenólicos.

Para a quitinase, o indutor que apresentou maior atividade foi o Agro-Mos[®] (AGM 1), produzindo 16.196,31 U/mg proteína. (Figura 3). Este resultado corrobora com Cia (2005) trabalhando com esta mesma enzima sobre o patossistema mamão (*Carica papaya* L.) x antracnose, verificou o aumento na atividade da quitinase quando as frutas foram tratadas com elicitores. A quitinase é uma enzima lítica que hidrolisa a quitina, resultando na fragmentação de quitinas que podem atuar como elictores não específicos de mecanismos de

defesa de plantas (Lawrencen et al., 1996). A quitinase pode estar envolvida no processo de defesa de frutos contra fungos, uma vez que estes polímeros são os principais componentes da parede celular fúngica (Cia, 2005).

Em relação à atividade da β -1,3-glucanase, os indutores metil jasmonato (MJ 6) e Agro-Mos[®] (AGM 1), foram os mais expressivos na produção desta enzima 7,56 e 6,16 mg glicose/ mg proteína, respectivamente, sendo superiores aos valores da testemunha inoculada e não induzida e à testemunha absoluta (3,15 e 1,19 mg glicose/ mg proteína, respectivamente). Pode-se observar o dobro da atividade para o MJ e o AGM em relação ao valor mais alto entre as testemunhas (Figura 4). Os resultados assemelham-se com os encontrados por Cia (2005), quando mamões foram tratados com ASM + azoxystrobin, onde apresentaram valores elevados na atividade dessa enzima. Da mesma forma, Dantas et al. (2004) observaram um aumento da β -1,3-glucanase em mamões tratados na pós-colheita com o Agro-Mos[®] e o ASM, observaram ainda que quanto maior os valores da β -1,3-glucanase menor a incidência de antracnose sobre o mamão, o que reforça um provável envolvimento desta enzima na indução de resistência. Resultado semelhante foi encontrado por Lima Filho (2008) quando utilizou o Ecolife[®], Agro-Mos[®] e ASM, observando-se um aumento na atividade da β -1,3-glucanase e uma diminuição gradual na incidência da antracnose sobre o maracujá-amarelo. Segundo Cia (2005), a β -1,3-glucanase hidrolisa alguns polímeros da parede celular dos fungos entre eles a β -1,3-glucanas, podendo atuar como elicitores não específicos de mecanismos de defesas das plantas. Além disso, a β -1,3-glucanase isolada ou em combinação com a quitinase, por exemplo, possuem atividade antifúngica direta, uma vez que fazem parte da constituição da parede celular dos mesmos (Schlumbaum et al., 1986).

Na β -1,4-glucanase os indutores metil jasmonato (MJ 6) e Agro-Mos[®] (AGM 1) foram os mais expressivos na produção desta enzima (8,57 e 8,55 mg glicose/ mg proteína,

respectivamente). Os tratamentos com esses indutores apresentaram maior atividade em relação as testemunhas (inoculada e não induzida e absoluta), demonstrando mais uma vez que o acúmulo desta enzima está relacionado a ação dos indutores. Entretanto, a testemunha absoluta pela primeira vez apresentou maior atividade enzimática em relação à testemunha inoculada com o *C. musae* (2,43 e 2,21 mg glicose/ mg proteína, respectivamente). Isto denota que, em frutos inoculados, a ação do patógeno sobre o hospedeiro tende a reduzir a quantidade desta enzima. Comprovando por este ensaio, que esta enzima é inversamente proporcional a β -1,3-glucanase que tem influência direta sobre a severidade da doença já apresentada nos trabalhos de Dantas et al. (2004) e Lima Filho (2008). Entretanto, estes dados são contrários a Berto et al. (2001), que observaram um aumento na atividade desta enzima de três e seis dias sobre folhas de morangueiro (*Fragaria L.*) cv. Elsanta (inoculadas com *Botrytis cinera* Pers.:Fr. *Ulocladium atrum* G. Preuss, respectivamente. Neste contexto, deve se levar em conta à metodologia utilizada para a determinação desta enzima, bem como o patossistema envolvido, estes fatores podem influencia positivamente ou de forma contrária os resultados.

No geral, os indutores AGM e MJ testados foram eficientes na ativação da resistência sobre a banana. Entretanto, o Agro-Mos[®] e o metil jasmonato se destacaram na produção da peroxidase, polifenoloxidase, quitinase, β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase. As testemunhas inoculadas e não induzida, de modo geral, apresentaram maior atividade das enzimas peroxidase, polifenoloxidase, quitinase e β -1,3-glucanase, em relação à testemunha absoluta, exceto para a β -1,4-glucanase. Não foram observados indicativos do custo fisiológico para a banana quando foi induzida com AGM, ASM, ECO.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abeles FB, Biles CL (1991) Characterization of peroxidase in lignifying peach fruit endocarp. *Plant Physiology* 95(1):269-273.

Baños SB, Necha LLB (2001) Tecnologias empleadas en el control de las enfermedades postcosecha de los productos hortofrutícolas. Memoria p.111-120.

Berto P, Haïssam Jijakli M, Lepoivre P (2001) Possible role of colonization and cell wall-degrading enzymes in the differential ability of three *Ulocladium atrum* strains to control *Botrytis cinerea* on necrotic strawberry leaves. *Phytopathology* 91(11):1030-1036.

Bradford M (1976) A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry* 72:248-254.

Campos AD, Ferreira AG, Hampe MMV, Antunes IF, Brancã N, Silveira EP, Osorio VA, Augustin E (2004) Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(7):637-643.

Chazarra S, García-Carmona F, Cabanes J (2001) Hysteresis and positive cooperativity of iceberg lettuce PPO. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 289(3):769–775.

Cia P (2005) Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya* L.). (Tese de doutorado). Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 197f.

Ciba (1996) The plant activator: nature created the concept. São Paulo:Ciba-Geigh AG. 35p.

- Cordeiro ZJM, Mesquita ALM (2001) Doenças e pragas em frutos de banana. In: Matsuura, FCAU, Folegatti MIS. Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.40-47.
- Dann EK, Deverall BJ (2000) Activation of systemic disease resistance in pea by an avirulent bacterium or a benzthiadiazole, but not by a fungal leaf spot pathogen. *Plant Pathology* 49(3):324-332.
- Dantas SAF, Coelho RSB (2006) Controle alternativo com indução de resistência. In: Oliveira SMA, Terao D, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.290-350.
- Dantas SAF, Oliveira SMA, Bezerra Neto E, Coelho RSB, Silva RLX (2004) Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. *Summa Phytopathologica* 30:314-319.
- Darvill AG, Albersheim P (1984) Phytoalexins and their elicitors – a defense against microbial infection in plant. *Annual Review of Plant Physiology* 35:243-275.
- Desphande MV, Petterss LG, Eriksson KE (1988) Selective Assay for Exo-1,4- β -glucanases. *Methods in Enzymology* 160:126-130.
- FAO, FAOSTAT – FAO statistical data bases. Roma: World Agricultural Information Centre, 2009. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 06 jan. 2009.
- Giri AP, Harsulkar AM, Patamkar AG, Gupta VS, Sainani MN, Desphande VV, Ranjkar PK (1998) Association of induction of protease and chitinase in chickpea roots with resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri*. *Plant Pathology* 47(6):693-699.
- Huang Y, Deverall BJ, Tang WH, Wang W, Wu FW (2000) Foliar application of acibenzolar-S-methyl and protection of postharvest Rock melons and Hami melon from disease. *European Journal of Plant Pathology* 106(7):651-656.

IBGE, SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda> Acesso em: 06 jan. 2009.

Kessmann H, Staub T, Hofmann C, Maetzke T, Herzog J, Wardes E, Uknes S, Ryals J (1994) Induction of systemic acquired resistance in plants by chemical. *Annual Review of Phytopathology* 32:439-459.

Lawrence CB, Joosten MHAJ, Tuzun S (1996) Differential induction of pathogenesis related proteins in tomato by *Alternaria solan* and the association of a basic chitinase isozyme with resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 48(6):361-377.

Lima Filho RM (2008) Controle alternativo da antracnose no maracujá-amarelo na pós-colheita. (Tese de Doutorado). Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 75f.

Lyon GD, Reglinski T, Newton AC (1995) Novel disease control compounds the potential to immunize plants against infection. *Plant Pathology* 44(3):407-427.

Meyer AM, Staples RC (2002) Laccase: new functions for an old enzyme. *Phytochemistry* 60(6):551-565.

Moraes WS, Zambolim L, Lima JD, Salomão LCC, Cecon P (2005) Termoterapia de banana ‘prata-anã’ no controle de podridões em pós-colheita. *Fitopatologia Brasileira* 30(6):603-608.

Ribeiro Junior JI (2001) Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: UFV. 301p.

Schlumbaum A, Mauch F, Vogeli U, Boller T (1986) Plant chitinase are potent inhibitors of fungal growth. *Nature* 324(6095):365-367.

Sticher L, Mauch-Mani B, Metraux JP (1997) Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology* 35:235-270.

Ümit Ünal, M (2007) Properties of polyphenol oxidase from Anamur banana (*Musa cavendishii*). *Food Chemistry* 100(3):909-913.

Vilas Boas EVB, Alves RE, Filgueiras HAC, Menezes JB (2001) Características da fruta. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS. Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.15-19.

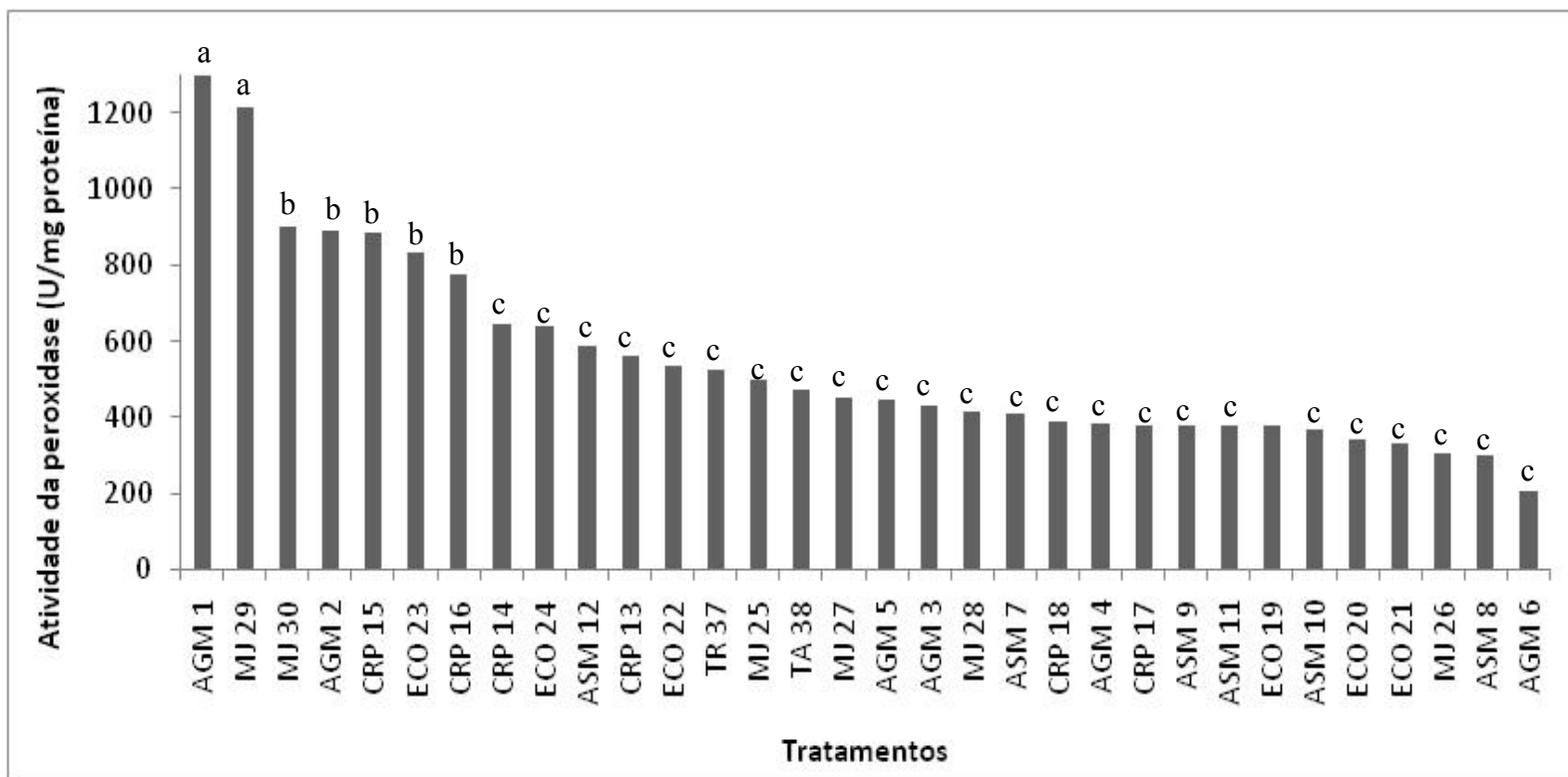


FIG 1. Atividade da peroxidase em banana cv. pacovan submetida aos indutores de resistência (Agro-Mos[®], acibenzolar-S-metil, Crop-Set[®], Ecolife[®], metil jasmonato) na dosagem comercial (DR) e na DR acrescido de 50 % a mais, inoculado com o *Colletotrichum musae* (zero, seis e 12 horas após a indução), após cinco dias de incubação.

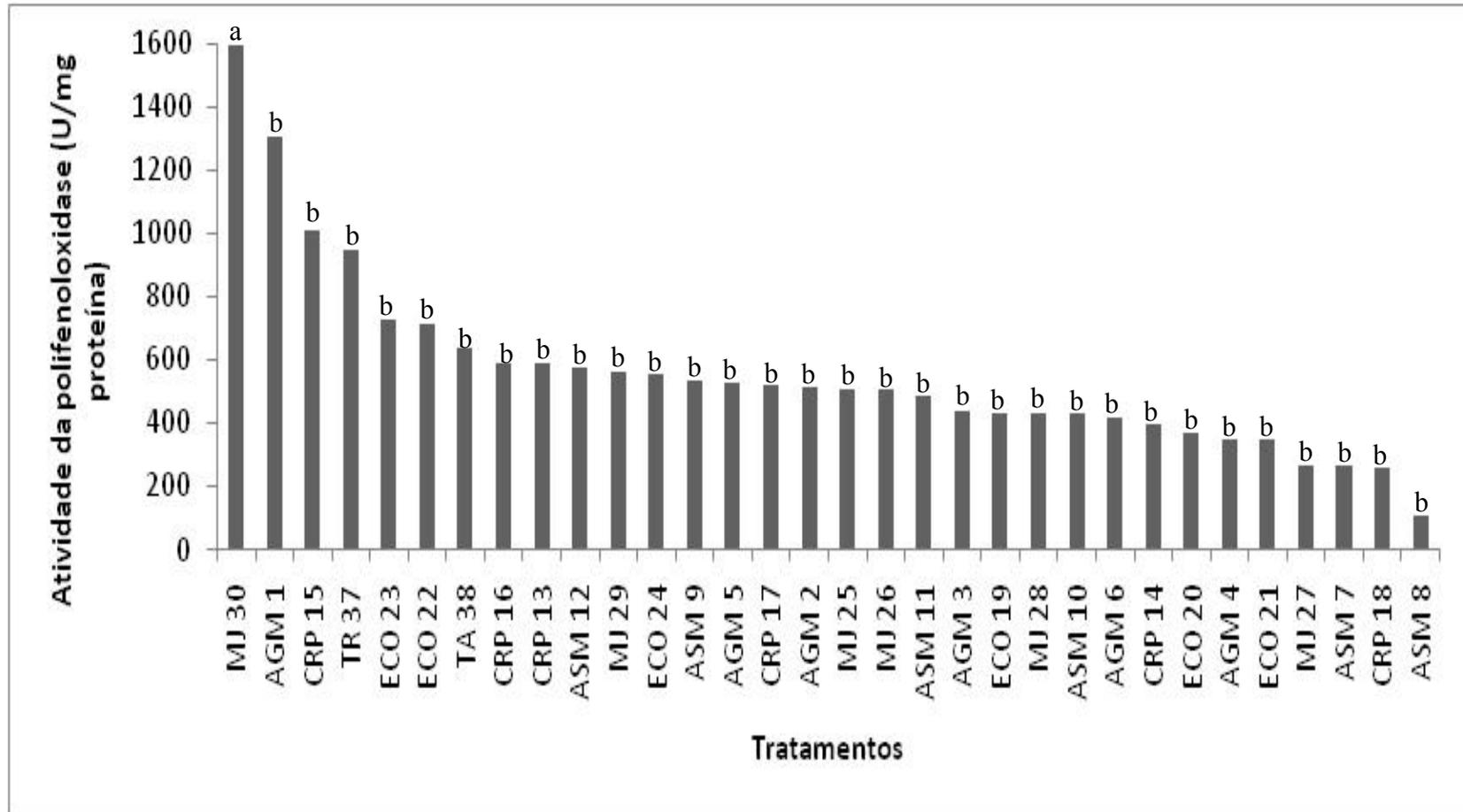


FIG 2. Atividade específica da polifenoloxidase em banana “pacovan” submetida aos indutores de resistência (Agro-Mos[®], acibenzolar-S-metil, Crop-Set[®], Ecolife[®], metil jasmonato) na dosagem comercial (DR) e na DR acrescido de 50 % a mais, inoculado com o *Colletotrichum musae* (zero, seis e 12 horas após a indução), após cinco dias de incubação.

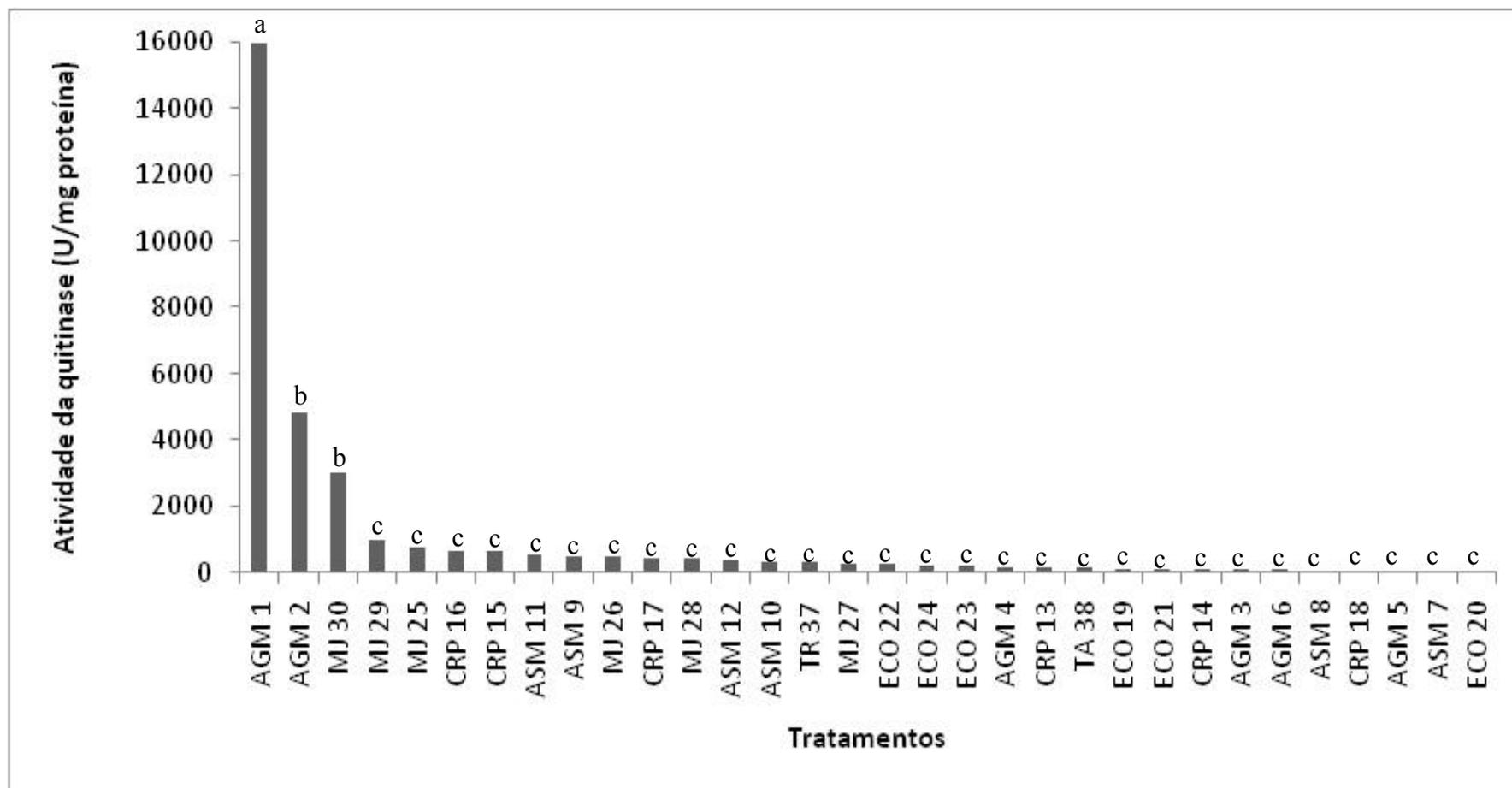


FIG 3. Atividade da quitinase em banana cv. pacovan submetida aos indutores de resistência (Agro-Mos[®], acibenzolar-S-metil, Crop-Set[®], Ecolife[®], metil jasmonato) na dosagem comercial (DR) e na DR acrescido de 50 % a mais, inoculado com o *Colletotrichum musae* (zero, seis e 12 horas após a indução), após cinco dias de incubação.

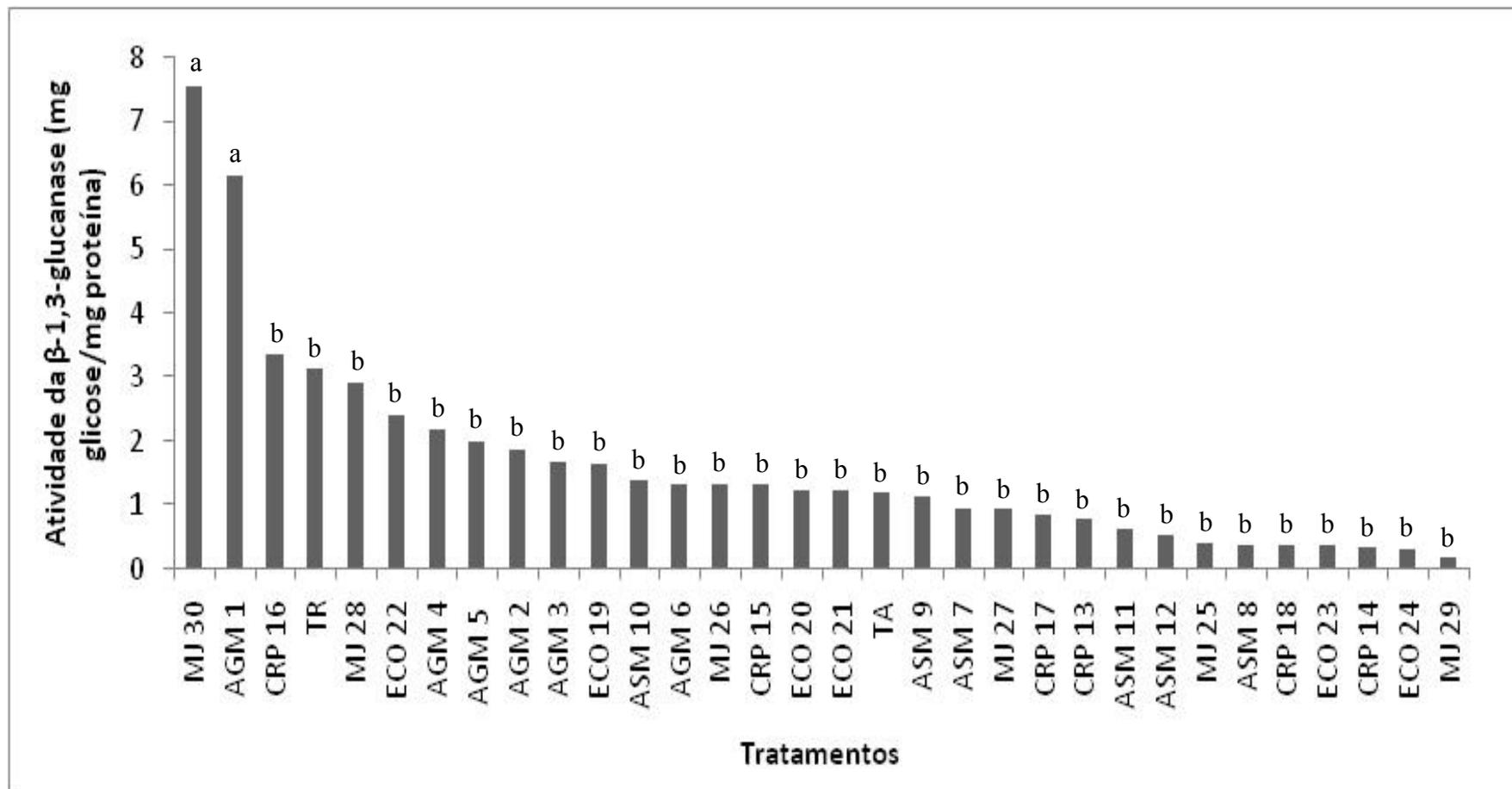


FIG 4. Atividade específica da β -1,3-glicanase em banana “pacovan” submetida aos indutores de resistência (Agro-Mos[®], acibenzolar-S-metil, Crop-Set[®], Ecolife[®], metil jasmonato) na dosagem comercial (DR) e na DR acrescido de 50 % a mais, inoculado com o *Colletotrichum musae* (zero, seis e 12 horas após a indução), após cinco dias de incubação.

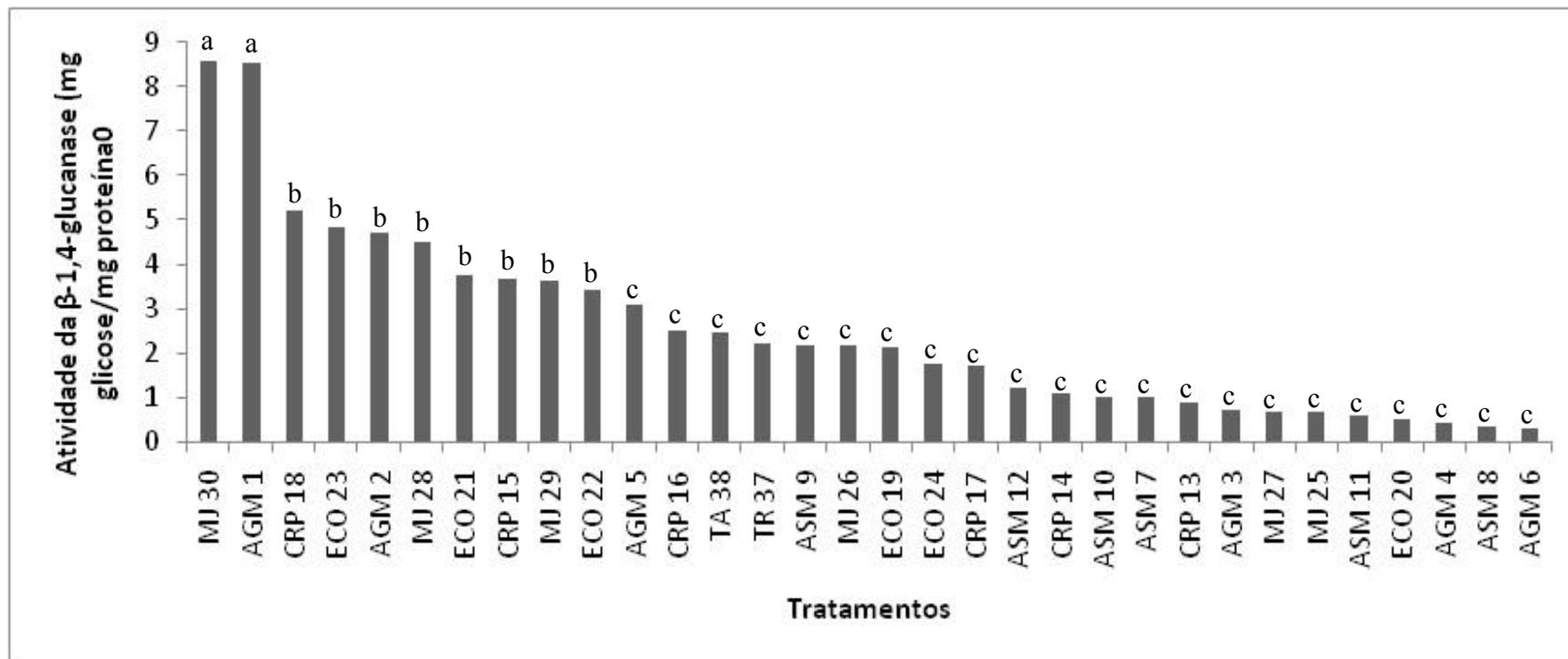


FIG 5. Atividade da β -1,4-glucanase em banana “pacovan” submetida aos indutores de resistência (Agro-Mos[®], acibenzolar-S-metil, Crop-Set[®], Ecolife[®], metil jasmonato) na dosagem comercial (DR) e na DR acrescido de 50 % a mais, inoculado com o *Colletotrichum musae* (zero, seis e 12 horas após a indução), após cinco dias de incubação.

CAPÍTULO IV

Efeito do tratamento hidrotérmico associado ao acibenzolar-*S*-metil no manejo pós-colheita da antracnose em banana

Efeito do tratamento hidrotérmico associado ao acibenzolar-S-metil no manejo pós-colheita da antracnose em banana

Wagner R.L.S. Pessoa¹, Daniel Terao², Sônia M.A. Oliveira¹

¹Laboratório de Patologia Pós-Colheita, Fitossanidade, Departamento de Agronomia/ Universidade Federal Rural de Pernambuco CEP 52.171-900¹ e-mail:wrlsp1@yahoo.com.br.²Laboratório de Patologia Pós-Colheita, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA)/EMBRAPA Semi-Árido CEP 56.302-970

(Aceito para publicação em/..../.....)

Autor para correspondência: Wagner Rogério L. S. Pessoa

Pessoa WRLS, Terao D, Oliveira SMA. Efeito do tratamento hidrotérmico associado ao acibenzolar-S-metil no manejo pós-colheita da antracnose em banana. Tropical Plant Pathology.

RESUMO

A banana é uma fonte de energia, minerais e vitaminas. Porém, é prejudicada por várias doenças pós-colheita, dentre estas a antracnose (*Colletotrichum musae*). Para o manejo da doença são utilizados vários métodos de controle, dentre os quais encontra-se a termoterapia. O trabalho teve por objetivo estudar o efeito do tratamento hidrotérmico (40, 45, 50 e 55 ± 1 °C) isolado (TH) e associado ao acibenzolar-S-metil (TH+ASM) no controle da antracnose em banana cv. Pacovan, inoculadas com 10⁶ con./mL, nos tempos de zero, cinco, 10 e 15 minutos de exposição. Avaliou-se as características físico-químicas (pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável total, temperatura da polpa e injúrias na casca) da fruta. A temperatura ao redor de 40 a 45 °C em todos os tempos de exposição reduziu a severidade da doença. No TH+ASM, as temperaturas em torno de 45 a 50 °C em todos os tempos de exposição e 40 °C nos tempos de 10 e 15 minutos mostraram menor severidade da doença em relação ao TH. Os tratamentos (TH e TH+ASM) não comprometeram as características físico-químicas da fruta.

Palavras-chaves: *Colletotrichum musae*, elicitor, termoterapia, *Musa* spp.

ABSTRACT

**Effect of hot water treatment accomplished to acibenzolar-S-methyl in handling
postharvest of anthracnose in banana**

Banana is source of energy, minerals and vitamins. However, it is harmed by several postharvest diseases, among these the anthracnose (*Colletotrichum musae*). For the handling of the disease, several control methods have been used, among which is the thermotherapy. This work had for objective to study the effect of the hot water treatment (40, 45, 50 and 55 ± 1 °C) isolated (TH) and associated to the acibenzolar-S-methyl (TH+ASM) in the control of the anthracnose in banana cv. Pacovan, inoculated with 10⁶ con./mL, in the times of 0, 5, 10 and 15 minutes. It was evaluated the characteristics physical-chemistries (pH, total soluble sugars, total titratable acidity, temperature of the pulp and injury in the peel) of the fruit after the treatments. The temperature hom 40 to 45 °C in all time of exhibition reduced the severity of the disease. In TH+ASM, the temperatures hom 45 to 50 °C in all the times of exhibition and 40 °C in the times of 10 and 15 minutes showed smaller severity of the disease in relation to TH. The treatments (TH and TH+ASM) did not affected the characteristics physical-chemistries of the fruit.

Additonal keyword: *Colletotrichum musae*, elicitor, thermotherapy, *Musa* spp.

INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) além de ser apreciada em todo o mundo é a quarta cultura agrícola mais importante do planeta, atrás apenas do arroz, trigo e milho. Em adição, pode ser considerada uma fonte barata de energia, minerais e vitaminas (Pinheiro et al., 2007). O Brasil, além de grande produtor também é grande consumidor (IBGE, 2009). No entanto, têm perdas durante toda a cadeia produtiva, seja por fatores abióticos e bióticos (Cordeiro & Mesquita, 2001). Entre os fatores bióticos têm-se as doenças pós-colheita que contribuem para as perdas, principalmente a antracnose, a podridão da coroa e a ponta de charuto, entre essas, a

primeira é a mais importante, causada por *Colletotrichum musae* (Berk & Curtis) (Cordeiro & Mesquita, 2001; Pessoa & Oliveira, 2006). O manejo da doença preconiza vários métodos de controle, sendo o principal o controle químico (Cordeiro & Mesquita, 2001). Entretanto, este tem gerado o surgimento de patógenos resistentes (De Lapeyre de Bellaire & Dubois, 1997; Maymon et al., 2006), além das pressões da sociedade como um todo em reduzir a utilização de fungicidas, resultando com a retirada de muitos registros de produtos (Moraes et al., 2005). Diante disso, fica mais que evidente a necessidade de desenvolver métodos de controle alternativo que não comprometam a saúde humana nem a qualidade dos produtos ofertados.

Inicialmente, o controle hidrotérmico foi utilizado para fungos, mas seu uso também foi estendido para o controle de insetos, sendo desta forma um método alternativo para o controle de doenças em uma série de frutas, capaz de erradicar ou diminuir a quantidade de inóculo do patógeno (Barkai-Golan & Phillips, 1991), reduzir desordens fisiológicas na armazenagem (Jacobi & Giles, 1997) e, conseqüentemente, diminuir a quantidade de fungicidas aplicados para o controle de doenças (Liu et al., 1997). O controle de patógenos ocorre quando esporos em infecções quiescentes estão presentes na superfície ou nas primeiras camadas celulares da fruta. Muitos deles toleram temperaturas de 50 a 60 °C, por até 10 minutos, mas exposições em tempos menores a estas temperaturas podem controlar muitos patógenos em pós-colheita. Para tanto, a sensibilidade térmica da fruta e do patógeno deve ser diferente para aumentar a eficiência do tratamento e diminuir os danos causados sobre a fruta (Barkai-Golan & Phillips, 1991).

Em relação ao controle hidrotérmico em banana, este tem sido estabelecido para variedades do subgrupo Cavendish (AAA) (Rahman et al., 1994) e ‘Prata de Santa Catarina’ (AAB) (Reyes et al., 1998), para o controle da antracnose e podridão da coroa, respectivamente, e para o controle da mosca das frutas (Couey, 1989). Porém, nestes trabalhos, foram observados injúrias, principalmente, escaldaduras da casca nas extremidades

dos frutos (Reyes et al., 1998). O interesse por esta técnica de controle tem aumentado ultimamente especialmente para o manejo de podridões em pós-colheita (Adaskaveg et al., 2002).

O tratamento hidrotérmico apresenta alta eficiência no controle de podridões pós-colheita de diversas frutas, a sua combinação com outros métodos de controle tem se mostrado mais eficiente do que quando aplicado isoladamente (Barkai-Golan 2001). Neste contexto Pessoa et al. (2007) trabalhando com a antracnose da goiaba verificou que houve um efeito sinérgico do tratamento hidrotérmico mais o Agro-Mós[®], porém, a termoterapia isoladamente foi suficiente para o controle da severidade da doença.

Diante do reduzido número de trabalhos sobre esta linha de pesquisa e tendo em vista a carência de informações sobre a termoterapia em banana 'Pacovan', este trabalho teve por objetivo determinar as temperaturas ótimas para o controle da antracnose em banana cv. Pacovan e avaliar o efeito sinérgico do tratamento hidrotérmico mais o indutor de resistência no controle da doença.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudo do tratamento hidrotérmico sobre banana

Os trabalhos foram desenvolvidos no Laboratório de Patologia Pós-Colheita, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) EMBRAPA Semi-Árido. Os tratamentos foram realizados sobre buquês de banana cv. Pacovan, sob o grau de maturação 2 de acordo com Vilas Boas et al. (2001). Para tanto, os mesmos foram imersos em banho-maria Modelo 265 da Cientec, sob as temperaturas de 40, 45, 50 e 55 ± 1 °C com tempos de exposição de zero, cinco, 10 e 15 minutos. Após os tratamentos, os buquês foram secos ao ar, colocados em caixas plásticas e mantidos sob condição de laboratório (25 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 65 %). Quando as frutas ficaram sob temperatura ambiente (aproximadamente 10 minutos após os tratamentos), as

inoculações foram realizadas, com uma suspensão de conídios de *C. musae* na concentração de 10^6 conídios/mL, sobre a superfície previamente ferida, com auxílio de um furador com oito agulhas de 2 mm de profundidade. Foi incluída aos tratamentos a testemunha inoculada com o fitopatógeno e sem o tratamento hidrotérmico. Após a inoculação, os buquês foram submetidos à câmara úmida por 48 horas a uma temperatura de 25 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 65 %. O período de incubação foi de cinco dias. Para cada tratamento foram utilizados seis repetições, sendo cada repetição composta de seis buquês com cinco frutas totalizando 30 dedos por repetição. Após o período de incubação, amostras dos tratamentos foram retiradas para análise físico-químicas (pH, Sólido Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT), temperatura da polpa e injúrias sobre a casca). A unidade experimental foi composta de um buquê com cinco dedos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, cujo modelo foi definido pela significância dos coeficientes e pelo coeficiente de determinação, utilizando-se o programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001) e a composição dos gráficos utilizou-se o Excel for Windows XP Professional of the Microsoft Office 2007. Para as características físico-químicas os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade com o uso do SAEG.

Associação do tratamento hidrotérmico com o acibenzolar-S-metil em pós-colheita de banana

Neste ensaio, foram utilizadas as mesmas temperaturas e tempos de exposição mencionados no ensaio anterior. Após o tratamento hidrotérmico (TH) e antes da inoculação os buquês foram tratados com o acibenzolar-S-metil (ASM) na dosagem indicada pelo fabricante (0,2 g/L), sendo adicionados a este Twenn 20 (0,02 % v/v), com tempo de imersão de cinco minutos. Da mesma forma foi incluído aos tratamentos a testemunha inoculada com o fitopatógeno e sem o tratamento hidrotérmico. Em seguida, os buquês foram secos ao ar, colocados em caixas plásticas e mantidos sob condição de laboratório (25 ± 1 °C e umidade

relativa do ar de 65 %). Procedendo-se a inoculação com a suspensão de conídios de *C. musae* na concentração de 10^6 conídios/mL, sobre a superfície da fruta previamente ferida. Após os tratamentos, os buquês foram colocados em câmara úmida por 48 horas a uma temperatura de 27 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 65 %. O período de incubação foi de cinco dias. Para cada tratamento foram utilizados seis repetições, sendo cada repetição composta de seis buquês com cinco dedos totalizando 30 frutas por repetição. Os dados para o tratamento hidrotérmico mais ASM e para as características físico-químicas foram analisados como no item anterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo do tratamento hidrotérmico sobre banana

O modelo de regressão foi o polinomial por ter apresentado o melhor ajuste e delineou as melhores repostas para os tratamentos hidrotérmico e TH + ASM. Os resultados indicaram que a severidade da doença foi influenciada pela interação temperatura x tempo de exposição (Figura 1). As temperaturas ao redor de 40 e 45 °C em todos os tempos de exposição testados foram as mais expressivas na redução da severidade e aumentou a vida de prateleira da fruta por sua maior duração em relação à testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados por Sponholz et al. (2004), onde verificaram que o controle mais efetivo foi obtido com temperaturas entre 45 e 47,5 °C durante 15 a 30 minutos, além disso, este tratamento também retardou a maturação da banana. Entretanto, esses dados não concordam com os encontrados por Moraes et al. (2005), onde foram observados os melhores controles com temperaturas mais elevadas, em torno de 56 °C com tempo de exposição de três a nove minutos. Nesse período, bananas inoculadas com *C. musae* não apresentaram podridões aos 12 dias após os tratamentos. Porém, quando os dedos foram tratados nesta mesma temperatura com o tempo de exposição de 12 minutos além de não ser efetivo, promoveu injúrias sobre a casca e alterou a suscetibilidade dos frutos a outros patógenos oportunistas que não foram afetados pela

termoterapia ou favoreceu a recontaminação por *C. musae*. No presente ensaio, corroborando com Sponholz et al. (2004), mostra a similaridade entre a ‘Pacovan’ e a ‘Prata’ que pertencem ao mesmo subgrupo Prata e ao mesmo grupo genômico (AAB) e diferem da ‘Maçã’ que não está em nenhum subgrupo, apesar de também pertencer ao mesmo grupo genômico (AAB) Vilas Boas et al. (2001). Estas diferenças podem ser suficientes para que a ‘Maçã’ apresente uma resistência maior ao tratamento hidrotérmico e, portanto, suporte uma temperatura superior as cultivares Prata e Pacovan. A temperatura de 50 °C nos tempos de cinco, 10 e 15 minutos, foi intermediária no controle da antracnose. No entanto a temperatura de 55 °C em todos os tempos de exposição apresentou as maiores severidades da doença, além de causar injúrias sobre a epiderme da fruta, nos tempos de exposição de 10 e 15 minutos. Provavelmente, essa associação prejudicou e/ou causou um efeito deletério sobre a banana, sendo mais deletéria para o hospedeiro do que a própria ação do agente fitopatogênico. Injúrias na casca foram também observadas por Armstrong (1982) em bananas tratadas a 55 °C e por Rahman et al. (1994), que também observaram injúrias na casca em bananas tratadas acima de 50 °C, principalmente em suas extremidades. Segundo Reyes et al. (1998), as bananas ‘Prata de Santa Catarina’ expostas a 55 °C por 10 minutos ou mais, apresentaram escaldadura da casca e endurecimento da polpa. De acordo com Dominguez et al. (1998), temperaturas na faixa de 50 a 55 °C causaram, em diversos graus, o escurecimento da casca, o acúmulo incompleto de açúcares solúveis e o aumento da suscetibilidade ao ‘chilling’ das frutas. Da mesma forma, Sponholz et al. (2004) trabalhando com banana ‘Prata’ observaram que a exposição a 53 °C por mais de 10 minutos, apresentou extensivo escurecimento nas extremidades da casca, a partir do sexto dia de avaliação, e 50 °C por 10 minutos escurecimento a partir do nono dia de avaliação. Estes dados corroboram com os encontrados por Moraes et al. (2005), quando trabalharam com banana ‘Maçã’ e verificaram que a exposição por nove minutos a 56 °C causou injúrias nas extremidades da fruta caracterizadas

pelo escurecimento da casca. Ainda, segundo Moraes et al. (2005), as injúrias causadas pelo tratamento hidrotérmico incluem um aumento na perda de peso, descoloração da casca, aumento da suscetibilidade a fungos e a redução da vida de pós-colheita, caracterizada dessa forma, pelo desenvolvimento anormal da pigmentação, amolecimento e declínio na produção de etileno. Assim, a taxa respiratória e a síntese de etileno são afetadas diretamente pela exposição a altas temperaturas, principalmente por longos períodos de exposição.

Associação do tratamento hidrotérmico com o acibenzolar-S-metil em pós-colheita de banana

Em relação a estes resultados, eles concordam e fortalecem os resultados do tratamento hidrotérmico isoladamente (Figura 1). Porém, neste ensaio, os valores da severidade para as temperaturas de 45 a 50 °C em todos os tempos de exposição e 40 °C nos tempos de 10 e 15 minutos apresentaram menor severidade da doença em relação ao TH isolado. Isso demonstra um efeito sinérgico entre os dois métodos de controle, colaborando desta forma no manejo da doença. Entretanto, no tratamento com temperatura de 55 °C em todos os tempos de exposição, os efeitos da combinação mostraram um aumento na severidade da doença, mostrando que a associação dos métodos para esta faixa de temperatura e tempos de exposição aumentou a sensibilidade da fruta a infecção pelo *C. musae*. De acordo com Pessoa et al. (2007), trabalhando com o patossistema goiaba x antracnose observaram que as temperaturas de 47 °C independente do tempo de exposição e da associação ou não com indutor (Agro-Mós[®]), obtiveram os menores índices de severidade da doença. Semelhantemente, à temperatura em torno de 50 °C nos intervalos de tempo de três e seis minutos, independente da associação ou não com indutor, apresentou os melhores resultados. Porém, vale ressaltar que os tempos de exposição não foram os mesmos, bem como o indutor de resistência e o hospedeiro, além do próprio patógeno que neste caso foi o *C. gloeosporioides* (Penz.) Sacc. Diante disso, estudos que visem à associação de métodos de

controle devem ser amplamente estudados, sobre os mais diversos patossistemas, afim de que mais informações possam ser confrontadas, consolidando os referidos ensaios.

Em relação ao ASM, diversos trabalhos (Dantas et al., 2004; Cavalcanti & Resende, 2005; Cavalcanti et al., 2006) comprovam e fortalecem o seu papel como indutor de resistência, e como uma ferramenta no manejo integrado de controle de doença sobre os mais diversos patossistemas. No entanto, para o tratamento hidrotérmico existe a necessidade de mais pesquisa que fortaleçam a faixa ótima para sua utilização conjunta, aumentando assim sua eficácia no manejo integrado de doenças.

Em relação às análises físico-químicas, a temperatura da polpa, em relação aos tratamentos foi de ± 1 °C, diferença considerada ínfima em relação a um ensaio dessa natureza (dados não apresentados).

Em relação ao teor de sólidos solúveis totais, em ambos os ensaios, não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha (Tabela 1). Isto denota que os tratamentos utilizados não comprometeram a acumulação de açúcares na fruta. Segundo Bleinroth (1995), o teor de SST aumentou até um máximo de 27 % tendo uma pequena diminuição quando a banana encontrava-se muito madura.

A acidez total titulável no TH apenas 45 °C no tempo de exposição de 15 minutos, 40 e 50 °C no tempo de cinco minutos e 50 °C no tempo de 10 minutos diferiram em relação à testemunha. Todos os outros tratamentos não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. No tratamento hidrotérmico mais o ASM não houve diferença dos tratamentos em relação à testemunha. Segundo Alves et al. (2001), ao estudarem a acidez em banana verificaram que a mesma ficou em torno de 0,17 – 0,67 %. De acordo com esta faixa de ATT, mesmo os tratamentos que diferiram em relação à testemunha, estão dentro da faixa de acidez para a banana, não comprometendo a sua comercialização.

Em relação ao pH no tratamento hidrotérmico, tanto os tratamentos que diferiram em reação a testemunha, assim como os que não diferiram da mesma, apresentaram valores de acidez dentro da faixa citada pela literatura. No ensaio do TH mais o ASM a temperatura de 55 °C com tempo de exposição de cinco minutos foi o único tratamento que não apresentou diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Soto Ballestero (1992) trabalhando com banana cv. Pacovan verificou que o pH da mesma ficou em torno de 4,2 a 4,8 e Vilas-Boas et al. (2001) verificaram que a mesma fica em torno de 5,69 %. Neste ensaio, não ocorreu um aumento de acidez, pelo contrário ocorreu uma diminuição, neste caso não compromete a sua comercialização e o consumo in natura.

O presente trabalho mostrou que a utilização da termoterapia associada a indutores de resistência reduz a severidade da antracnose da banana e não alterou de modo a prejudicar o consumo in natura das suas características físico-químicas, o que indica o seu emprego no manejo integrado da antracnose em pós-colheita de banana.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa, e ao Dr. Daniel Terao e a toda sua equipe pelos conselhos, consentimento do espaço físico e laboratório para realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adaskaveg JA, Förster H, Sommer NF (2002) Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In: Kader AA (Ed.) Postharvest technology of crops. 3ed. California: University of California Agriculture and Natural. pp.163-195.

- Alves RE, Vilas Boas, EVB, Filgueiras MAC, Menezes JB (2001) Características da fruta. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS (Eds.) Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica pp.15-19.
- Armstrong JW (1982) Development of a hot water immersion quarantine treatment for Hawaiian grown 'Brazilian' bananas. *Journal of Economic Entomology* 75:787-791.
- Barkai-Golan R (2001) Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control. Amsterdam:Elsevier Science. 418p.
- Barkai-Golan R, Phillips DJ (1991) Postharvest heat treatment of fresh fruit and vegetables for decay control. *Plant Disease* 75:1085-1089.
- Bleinroth AL (1995) Matéria-prima. In: Instituto de Tecnologia de Alimentos. Banana – matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. Campinas:ITAL. pp.133-196.
- Cavalcanti LS, Resende ML (2005) Efeito da época de aplicação e dosagem do acibenzolar-S-metil na indução de resistência à murcha-de-*Verticillium* em cacauero. *Fitopatologia Brasileira* 29:67-71.
- Cavalcanti FR, Resende, MLV, Zacaroni AB, Ribeiro Júnior PM, Costa JCB, Souza RM (2006) Acibenzolar-S-metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). *Fitopatologia Brasileira* 31:372-380.
- Cordeiro ZJM, Mesquita ALM (2001) Doenças e pragas em frutos de banana. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS (Eds.) Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica pp.40-47.
- Couey MH (1989) Heat treatment for control post-harvest disease and insect pest of fruits. *HortScience* 24:198-202.
- Dantas SAF, Oliveira SMA, Bezerra Neto E, Coelho RSB, Silva RLX (2004) Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. *Summa Phytopathologica* 30:314-319.

- De Lapeyre de Bellaire L, Dubois C (1997) Distribution of thiabendazole-resistant *Colletotrichum musae* isolates from Guadeloupe banana plantations. *Plant Disease* 81:1378-1383.
- Domínguez AM, López Cabrera JJ, GARCÍA MP (1998) Effects of hot water treatments on postharvest quality and ethylene synthesis of bananas. *Acta Horticulturae* 490:529-535.
- IBGE, SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda> Acesso em: 06 jan. 2009.
- Jacobi KK, Giles JE (1997) Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapour heat desinfestation and water disease control treatments. *Postharvest Biology and Technology* 12:285-292.
- Liu X, Guo G, Huang SM (1997) The research and utilization of postharvest heat treatment for fruit storage. *South China Fruits* 26:46-48.
- Maymon M, Zveibil A, Pivona S, Minz D, Freeman S (2006) Identification and characterization of benomyl-resistant and -sensitive populations of *Colletotrichum gloeosporioides* from statice (*Limonium* spp.). *Phytopathology* 96:542-548.
- Moraes WS, Zambolim L, Lima JD, Salomão LCC, Cecon P (2005) Termoterapia de banana 'prata-anã' no controle de podridões em pós-colheita. *Fitopatologia Brasileira* 30(6):603-608.
- Pessoa WRLS, Oliveira SMA (2006) Doenças da banana. In: Oliveira SMA, Terao D, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) *Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais*. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.539-553.
- Pessoa WRLS, Lopes AL, Costa VSO, Oliveira S.M.A. (2007) Efeito do tratamento hidrotérmico associado a indutores de resistência no manejo da antracnose da goiaba em pós-colheita. *Revista Caatinga* 20(3):129-135.
- Pinheiro ACM, Vilas Boas EVB, Alves AP, Laselva M (2007) Amadurecimento de bananas 'maçã' submetidas ao 1-meilciclopropeno (1-MCP). *Revista Brasileira de Fruticultura* 29(1):1-4.

Rahman RA, Grandison A, Campbell Platt G (1994) Electron beam irradiation combined with hot-water immersion treatment for banana preservation. In: Champ BR, Highley, E, Jahson GI (Eds.) Postharvest handling of tropical fruits. Australia:ACIAR Proceedings. p.378.

Reyes MEQ, Nishijima W, Paull R (1998) Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' bananas with hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14:71-75.

Ribeiro Junior JI (2001) *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa:UFV. 301 p.

Soto Ballester M (1992) *Banano-cultivo y comercialización*. 2ed. San José:Litografía e Imprenta. 674p.

Sponholz C, Batista UG, Zambolim L, Salomão LCC, Cardoso AA (2004) Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana "Prata" no controle da antracnose em pós-colheita. *Fitopatologia Brasileira* 29(5):480-485.

Vilas Boas EVB, Alves RE, Filgueiras HAC, Menezes JB (2001) Características da fruta. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS (Eds.) *Banana pós-colheita*. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica. pp.15-19.

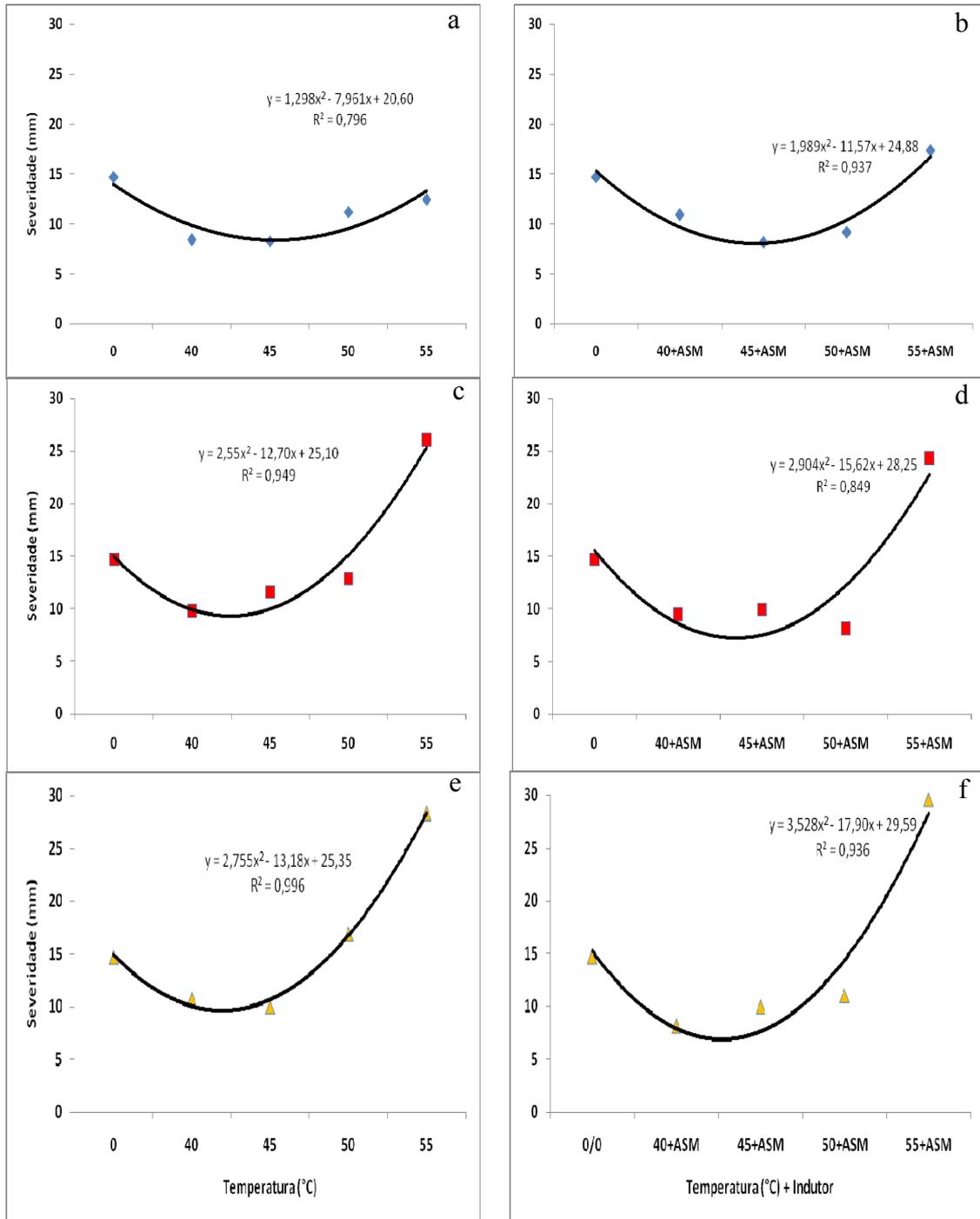


FIG 1. Efeito do tratamento hidrotérmico isolado e associado ao Acibenzolar-S-metil sobre as temperaturas de 40, 45, 50 e 55 °C e tempos de exposição de zero, cinco (a, b), 10 (c, d) e 15 (e, f) minutos, em bananas cv. Pacovan, inoculada com o *Colletotrichum musae*, cinco dias após a inoculação.

TABELA 1. Influência das temperaturas (40, 45, 50 e 55 °C), tempos de exposição (zero, cinco, 10 e 15 minutos) e associação com o indutor acibenzolar-S-metil (ASM), sobre os Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT) e pH, de bananas inoculadas com *Colletotrichum musae* cinco dias após a inoculação

Tratamentos	SST	ATT	pH
40 °C/ 5 minutos	24,05 a*	0,45 a	5,16 c
40 °C/ 10 minutos	24,50 a	0,36 b	5,44 a
40 °C/ 15 minutos	23,87 a	0,37 b	5,47 a
45 °C/ 5 minutos	24,17 a	0,40 b	5,42 a
45 °C/ 10 minutos	24,83 a	0,39 b	5,33 b
45 °C/ 15 minutos	24,26 a	0,43 a	5,38 b
50 °C/ 5 minutos	25,00 a	0,48 a	5,46 a
50 °C/ 10 minutos	24,10 a	0,44 a	5,33 b
50 °C/ 15 minutos	24,30 a	0,39 b	5,40 b
55 °C/ 5 minutos	25,30 a	0,41 b	5,39 b
55 °C/ 10 minutos	25,10 a	0,38 b	5,49 a
55 °C/ 15 minutos	23,33 a	0,40 b	5,36 b
Testemunha	24,27 a	0,37 b	5,39 b
CV (%)	3,24	14,61	1,42
40 °C +ASM/ 5 minutos	24,05 a	0,45 a	5,16 c
40 °C+ASM/ 10 minutos	25,47 a	0,37 a	5,13 c
40 °C+ASM/ 15 minutos	25,38 a	0,43 a	5,03 c
45 °C+ASM/ 5 minutos	26,12 a	0,39 a	5,10 c
45 °C+ASM/ 10 minutos	24,62 a	0,36 a	5,09 c
45 °C+ASM/ 15 minutos	24,63 a	0,41 a	5,09 c
50 °C+ASM/ 5 minutos	24,50 a	0,39 a	5,13 c
50 °C+ASM/ 10 minutos	24,03 a	0,37 a	5,15 c
50 °C+ASM/ 15 minutos	24,27 a	0,40 a	5,11 c
55 °C+ASM/ 5 minutos	23,67 a	0,38 a	5,40 a
55 °C+ASM/ 10 minutos	25,27 a	0,39 a	5,31 b
55 °C+ASM/ 15 minutos	24,20 a	0,38 a	5,29 b
Testemunha	23,05 a	0,39 a	5,43 a
CV (%)	5,16	13,54	1,86

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

CAPÍTULO V

**Avaliação do 1-Metilciclopropeno no controle da
antracnose em pós-colheita de banana**

Avaliação do 1-Metilciclopropeno no controle da antracnose em pós-colheita de banana

Wagner R.L.S. Pessoa¹, Daniel Terao², Sônia M.A. Oliveira¹

¹Laboratório de Patologia Pós-Colheita, Fitossanidade, Departamento de Agronomia/

Universidade Federal Rural de Pernambuco CEP 52.171-900¹ e-

mail:wrlsp1@yahoo.com.br.²Laboratório de Patologia Pós-Colheita, Centro de Pesquisa

Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA)/EMBRAPA Semi-Árido CEP 56.302-970

(Aceito para publicação em/..../.....)

Autor para correspondência: Wagner Rogério L. S. Pessoa

Pessoa WRLS, Terao D, Oliveira SMA. Avaliação do 1-Metilciclopropeno em pós-colheita de banana no controle da antracnose. *Tropical Plant Pathology*.

RESUMO

Na pós-colheita, a banana está predisposta a diversas doenças, entre elas a antracnose (*Colletotrichum musae*) como uma das principais e mais destrutiva. Diversos métodos de controle têm sido utilizados visando minimizar estes prejuízos, entre eles destacam-se o 1-metilciclopropeno (1-MCP), como mais uma ferramenta no manejo da doença. Este trabalho teve por objetivo estudar dosagens do 1-MCP (0, 50, 150, 300 e 450 nL.L⁻¹) durante 12 h, no controle da antracnose em banana cv. Pacovan, avaliar o efeito sobre a vida de prateleira e as características organolépticas da fruta. Após os tratamentos, foram inoculadas com o fitopatógeno (10⁶ con./mL) e incubadas durante cinco dias à 25 ± 2 °C. Os tratamentos nas dosagens de 150 e 50 nL.L⁻¹ de 1-MCP apresentaram as menores severidade com diâmetro de lesão de 9,57 e 9,67 mm, respectivamente, seguidas pela dosagem de 300 e 450 nL.L⁻¹. A severidade da doença foi reduzida de forma progressiva da maior para a menor dosagem. A testemunha apresentou a maior severidade com 32,04 mm. Não houve alteração significativa nos teores de pH, Sólido Solúvel Total e Acidez Total Titulável, que comprometesse a comercialização da banana.

Palavras-chaves: *Colletotrichum musae*, *Musa* spp., bloqueador de etileno, características físico-químicas.

ABSTRACT

Evaluation of 1-Methylcyclopropene in postharvest control of anthracnose in banana

In postharvest, the banana is predisposed to several diseases, among them the anthracnose (*Colletotrichum musae*), one of the principal and more destructive. Several control methods have been used with objective to minimize these damages, among them they stand out the 1-metilciclopropeno (1-MCP), as one more tool in the handling of the disease. This work had for objective to study concentration of the 1-MCP (0, 50, 150, 300 and 450 nL.L⁻¹) during 12 h, in the control of the anthracnose in banana cv. Pacovan, to evaluate the effect on the postharvest life and the characteristics of the fruit. After application of the treatments, the pathogen (10⁶ con. /mL) was inoculated and incubated for 5 days at 25 ± 2 °C. The treatments in the concentration of 150 and 50 nL.L⁻¹ of 1-MCP showed the smallest severity with diameter of lesion of 9.57 and 9.67 mm, respectively, followed for the doses of 300 and 450 nL.L⁻¹. The severity of the disease was reduced progressively according to concentration. The control showed the largest severity with 32.04 mm. There was not significant alteration in the pH, Total Soluble Sugars and Total Acidity Titratable.

Additonal keyword: *Colletotrichum musae*, *Musa* spp., ethylene block.

INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* spp.) nativa do sudeste da Ásia, embora seja encontrada em praticamente todas as regiões tropicais e seus frutos consumidos mundialmente (Alves, 1999), no comércio mundial, é a fruta de maior valor transacional, por ser consumida nas regiões frias e temperadas, adquirindo acentuado papel nas trocas internacionais (Pinheiro et al., 2006). Durante a pós-colheita a banana está predisposta a um grande número de doenças,

entre as quais destacam-se a antracnose, a podridão-da-coroa, a podridão-de-charuto e podridão-por-*Lasiodiplodia*, como sendo as principais e responsáveis pelas maiores perdas. Entre estas, a antracnose (*Colletotrichum musae* (Berk. & Curtis) von Arx.) merece destaque por ser a mais destrutiva e estar presente em todas as regiões produtoras (Pessoa; Oliveira, 2006).

Em relação ao controle da antracnose em banana o mais utilizado é o uso de fungicidas aplicado, principalmente, de forma preventiva em pulverizações (Cordeiro; Mesquita, 2001). Porém, este método não tem oferecido um controle satisfatório, além disso, somam-se pressões externas para diminuir cada vez mais a sua utilização na busca por produtos livres de resíduos. Em contrapartida, tem-se aumentado o número de pesquisas com diversos métodos alternativos de controle, entre eles: o controle biológico, o armazenamento refrigerado, o tratamento hidrotérmico, a radiação ultravioleta (UV-C), a atmosfera controlada e modificada, a indução de resistência, os bloqueadores de etileno (Oliveira et al., 2006).

Os bloqueadores de etileno têm adquirido grande importância nos últimos anos, não só pelo controle de doenças (Blankenship; Dole, 2003), mas também por aumentar a vida útil de produtos vegetais perecíveis (Santos et al., 2006). A banana é uma fruta climatérica altamente perecível, por apresentar elevação da taxa respiratória e produção de etileno, hormônio vegetal, que exerce um papel crucial no estímulo ao amadurecimento das frutas climatéricas, pois se difunde dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como, coloração, textura e sabor, dificultando dessa forma a comercialização do produto para locais mais distantes e predispondo-o ao ataque de fitopatógenos por ocasião do amadurecimento (Pinheiro et al., 2007). O etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas da membrana, de onde surge às respostas associadas ao mesmo (Golding et al., 1998).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um gás (C_4H_6), que compete com o etileno pelos sítios e ligação nos receptores das membranas (Sisler; Serek, 1997). O 1-MCP pode retardar ou inibir eventos da maturação, reduzir o desenvolvimento de podridões causadas por fitopatógenos em frutos no armazenamento, e aumentar a extensão da vida pós-colheita (Golding et al., 1998; Harris et al., 2000; Botrel et al., 2002; Blankenship; Dole, 2003).

O 1-MCP tem mostrado ser uma excelente ferramenta para retardar o amadurecimento e a senescência na fase de pós-colheita em produtos tropicais. Uma simples aplicação pode proporcionar tempo suficiente para o transporte desses frutos a longas distâncias (Pereira; Beltran, 2002). Em banana, a sua utilização destaca-se ao aumentar a vida de prateleira na cv. Maçã (Pinheiro et al., 2005; Pinheiro et al., 2007), na 'Prata-Anã' (Botrel et al., 2002; Santos et al., 2006), e no grupo Cavendish (Bagnato et al., 2003), assim como no controle da antracnose neste último grupo (Chillet et al., 2006).

De modo geral, as respostas dependem da concentração e do tempo de exposição ao gás, mas variam conforme a espécie, a cultivar e, principalmente, a temperatura e a sua duração (Terao; Silva, 2006). O produto dessa forma controla, de maneira eficiente, doenças abióticas, como: *chilling* em abacaxi (*Ananás comosus* (L.) Merr.), melão (*Cucumis melo* L.) e maçã (*Malus domestica* Borkh) (Watkins et al., 2002), escaldadura em pêra (*Pyrus communis* L.) e maçã e ferimentos (bruising) em ameixa (*Prunus domestica* L.) européia (Watkins et al., 2002).

Diante da necessidade de trabalhos sobre esta linha de pesquisa e tendo em vista a carência de informações sobre o uso do 1-MCP em banana, este trabalho teve por objetivo estudar dosagens desse produto para o controle da antracnose em banana cv. Pacovan e avaliar o efeito sinérgico deste tratamento sobre a extensão da vida de prateleira da fruta, e a influência sobre as características organolépticas da banana.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos no Laboratório de Patologia Pós-Colheita, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) EMBRAPA Semi-Árido. Os tratamentos foram realizados sobre buquês de banana cv. Pacovan, sob o grau de maturação 2 de acordo com Vilas Boas et al. (2001).

Os buquês foram colocadas em câmara de tratamento de 186 L, fornecida pela Rohn and Haas Inc, hermeticamente fechada e tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP 0,14 % i.a) nas dosagens de 0, 50, 150, 300 e 450 nL.L⁻¹, durante 12 h. Após este período, as câmaras de tratamento foram abertas, sendo as frutas colocadas em bandejas plásticas e inoculadas com suspensão do fitopatógeno na concentração de 10⁶ conídios/mL, sobre a superfície previamente ferida, com auxílio de um furador com oito agulhas de 2 mm de profundidade. Foi incluída aos tratamentos a testemunha inoculada com o fitopatógeno e sem o tratamento com o 1-MCP. Após a inoculação, os buquês foram submetidos à câmara úmida por 48 horas a uma temperatura de 25 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 65 %. O período de incubação foi de cinco dias.

Avaliou-se a severidade estimada pela medição do diâmetro das lesões em dois sentidos diametralmente opostos estabelecendo a média em relação ao tempo de armazenamento, durante cinco dias de avaliações diárias, após a retirada da câmara úmida.

Para cada tratamento foram utilizados seis repetições, sendo cada repetição composta de seis buquês com cinco frutas totalizando 30 dedos por repetição. Após o período de incubação, amostras dos tratamentos foram retiradas para análise físico-químicas (pH, Sólido Solúvies Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT), temperatura da polpa e injúrias sobre a casca). Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, cujo modelo foi definido pela significância dos coeficientes e pelo coeficiente de determinação, utilizando-se o programa Excel for Windows XP Professional of the Microsoft Office 2007. Para as características físico-químicas os dados foram submetidos à análise de variância e, quando

significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade utilizando-se o programa SANEST (Zonta; Machado, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que a severidade da doença foi influenciada, pelas dosagens, sendo eficientes no controle da severidade da doença e na manutenção da vida de prateleira da banana cv. Pacovan (Figura 1). O modelo de regressão foi o polinomial por ter apresentado o melhor ajuste e delineado as melhores repostas para as dosagens de 1-MCP.

De modo geral, as dosagens de 150 e 50 nL.L⁻¹ apresentaram os menores valores de severidade com diâmetro de lesão de 9,57 e 9,67 mm, respectivamente, nos tratamentos testados, seguidas pela dosagem de 300 e 450 nL.L⁻¹ (com diâmetro médio de lesão de 10,18 a 10,5 mm, concomitantemente) atrasando o amadurecimento da fruta em 10 dias comparado a testemunha. A testemunha apresentou a maior severidade da doença, com diâmetro médio de 32,04 mm em relação aos tratamentos com 1-MCP (Figura 2). Neste caso, qualquer um dos tratamentos poderia ser indicado para o controle da antracnose, e para prolongar a vida útil da fruta, tendo em vista ser muito pequena as diferenças em relação a severidade da doença. Por uma questão econômica, o tratamento com 50 nL.L⁻¹, seria o mais indicado. Os dados concordam com os obtidos por Chillet et al. (2006), onde foram observadas reduções na severidade da antracnose de bananas do grupo Cavendish, com os tratamentos aumentando a vida de prateleira. Da mesma forma, Pinheiro et al. (2006; 2007) observaram que o tratamento com 50 nL.L⁻¹ apresentou os melhores resultados para o aumento da vida de prateleira em até nove dias, sem causar injúrias a banana 'Maçã' No presente ensaio, as frutas foram preservadas por 10 dias, quando receberam os tratamentos com o 1-MCP em relação à testemunha não tratadas e inoculada com o *C. musae*.

Segundo Silva et al.(2003), o amadurecimento de bananas foi progressivamente retardado à medida que se aumentou a concentração de 1-MCP aplicada nas dosagens de 20,

40, 60 e 80 $\eta\text{L L}^{-1}$, resultados esses em concordância com a presente pesquisa. Estes resultados são fortalecidos também pelos trabalhos de Sisler et al. (1996); Golding et al. (1998); Jiang et al. (1999); Harris et al. (2000); Botrel et al.(2002) e Bagnato et al. (2003). Silva et al. (2003) recomendam que a utilização comercial do 1-MCP deve ser cuidadosa, pois as bananas submetidas às altas concentrações do produto tornaram-se insensíveis ao etileno e, portanto não atingiram um estágio de amadurecimento satisfatório para a comercialização, nas condições experimentais. O desenvolvimento da coloração da casca como o amolecimento da polpa foram progressivamente retardados com o aumento da concentração de 1-MCP utilizada pelos autores. No presente ensaio, as concentrações de 1-MCP aplicadas sobre as bananas cv. Pacovan não prejudicaram o amadurecimento, nem o desenvolvimento da coloração e da polpa das bananas.

No que diz respeito ao pH, apenas 150 e 50 $\eta\text{L L}^{-1}$ diferiam estatisticamente em relação a testemunha, mesmo sendo muito pequena em relação aos demais tratamentos. Soto Ballester (1992) trabalhando com banana cv. Pacovan verificou que o pH da mesma ficou em torno de 4,2 a 4,8. Neste ensaio, os tratamentos que diferiram em relação à testemunha estão dentro da faixa de pH citada pela literatura especializada não ocorreu uma influência prejudicial à comercialização da mesma (Figura 3A).

Todos os teores de Acidez Total Titulável (ATT) foram estatisticamente diferentes em relação á testemunha com exceção a dosagem de 300 nL.L^{-1} (Figura 3B). Isso pode se explicado uma vez que as testemunhas não receberam o tratamento com 1-MCP, amadureceram normalmente. Enquanto que, os tratamentos que receberam as dosagens permaneceram ainda em estádios de maturação diferentes no momento das avaliações. Mesmo diferindo estatisticamente, os teores de ATT concordam com diversos autores como Fernandes et al. (1979), Rossignoli (1983), Alves et al. (2001) que estudaram a acidez em diversas cultivares de banana e verificaram que a mesma ficou em torno de 0,17 – 0,67 %. Da

mesma forma, Matsuura et al. (2002) verificaram que a ATT em banana cv. Pacovan destinada ao consumo *in natura* foi de 0,64 %.

Em relação ao Sólido Solúvel Total (SST) os resultados foram semelhantes a ATT, onde todos os tratamentos diferiram em relação à testemunha, e desta forma não poderiam ser diferente, tendo em vista que a banana não tratada seguiu normalmente sua acumulação de açúcares e as tratadas mantiveram-se com maturação 2, retardando amadurecimento (Figura 3C). Segundo Bleinroth (1995), o teor de SST aumentou até um máximo de 27 % tendo uma pequena diminuição quando a banana encontrava-se muito madura. No entanto, Alves et al. (2001) consideram para a banana madura, os SST são de, aproximadamente, 22 % e verde menos de 1 %. As frutas testemunhas do presente trabalho apresentaram 22,16 % corroborando desta forma para um amadurecimento e uma concentração de açúcares absolutamente normal. Estes resultados concordam com Pinheiro et al. (2006; 2007), que verificaram que as dosagens de 1-MCP não causaram modificações nas características físico-químicas das bananas.

Diante do exposto, o 1-MCP, pode ser indicado como mais uma ferramenta no manejo integrado da antracnose em pós-colheita de banana cv. Pacovan, em todas as dosagens utilizadas, recomendando-se 50 nL.L⁻¹, por uma questão econômica. Além de prolongar a vida útil da fruta não alterou, de modo geral e de acordo com a literatura especializada, os teores de pH, Sólidos Solúveis Totais e a Acidez Total Titulável das mesmas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa e ao Dr. Daniel Terao e a toda sua equipe pelos conselhos, consentimento do espaço físico e laboratório para realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves EJ (1999) A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2 ed. Brasília: Embrapa-SPI. 585p.
- Alves RE, Vilas Boas EVB, Filgueiras HAC, Menezes JB (2001) Características da fruta. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS (Eds.) Banana pós-colheita. Brasília: Embrapa-SPI. pp. 15-19.
- Bagnato N, Barrett R, Sedgley M, Klieber A (2003) The effects on the quality of Cavendish bananas, which have been treated with ethylene, of exposure to 1-methylcyclopropene. *International Journal of Food Science and Technology* 38:745-750.
- Blankenship SM, Dole JM (2003) 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28:1-25.
- Bleinroth AL (1995) Matéria-Prima. In: Instituto de Tecnologia de Alimentos. Banana – matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. Campinas: ITAL. pp.133-196.
- Botrel N, Freire Júnior M, Vasconcelos RM, Barbosa HTG (2002) Inibição do amadurecimento de banana ‘Prata anã’ com aplicação de 1-Metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24:53-56.
- Chillet M, Hubert O, Lapeyre de Bellaire L (2006) Relationship between ripening and the development of banana anthracnose caused by *Colletotrichum musae* (Berck. and Curt.) *Arx. Journal of Phytopathology* 154:143-147.
- Cordeiro ZJM, Mesquita ALM (2001) Doenças e pragas em frutos de banana. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS (Eds.) Banana pós-colheita. Brasília:Embrapa-SPI. pp.40-47.
- Fernandes KM, Carvalho VD, Cal-Vidal J (1979) Physical changes during ripening of silver bananas. *Journal of Food Science* 44:1254-1255.
- Golding JB, Shearer D, Wyllie SG, McGlasson WB (1998) Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 14:87-98.

- Harris DR, Seberry JA, Wills RBH, Spohr LJ (2000) Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening banana. *Postharvest Biology and Technology* 20:303-308.
- Jiang Y, Joyce DC, Macnish AJ (1999) Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. *Plant Growth Regulation* 28:77-82.
- Matsuura FCAU, Cardoso RL, Ribeiro DE (2002) Qualidade sensorial de frutos de híbridos de bananeira cultivar Pacovan. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24:263-266.
- Oliveira SMA, Terao T, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) (2006) *Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais*. Brasília:Embrapa SPI. 855p.
- Pereira WSP, Beltran A (2002) Mecanismos de ação e uso do 1-MCP, bloqueador da ação de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: Zambolim L (Ed.) *Manejo integrado: frutas tropicais – pragas e doenças*. Viçosa: UFV. pp.31-45
- Pessoa WRLS, Oliveira SMA (2006) Doenças da banana. In: Oliveira SMA, Terao T, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) *Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais*. Brasília:Embrapa SPI. pp.539-553.
- Pinheiro ACM, Vilas Boas EVB, Mesquita CT (2005) Ação do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira de banana ‘Maçã’. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27(1):25-28.
- Pinheiro ACM, Vilas Boas EVB, Mesquita CT (2006) Ação do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira de banana ‘Maçã’. *Ciência Agrotécnica* 30(2):323-328.
- Pinheiro ACM, Vilas Boas EVB, Alves AP, Laselva M (2007) Amadurecimento de bananas ‘maçã’ submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-MCP), *Revista Brasileira de Fruticultura* 29(1):1-4.
- Rossignoli, PA (1983) *Atmosfera modificada por filme de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana “Prata” em condição ambiente*. (Dissertação de Mestrado). Lavras. Escola Superior de Agricultura de Lavras. 80f.

- Santos CMS, Vilas Boas EV, Botrel N, Pinheiro ACM (2006) Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de bananas 'Prata-Anã'. *Ciência Agrotécnica* 30(2):317-322.
- Silva EO, Silva DFP, Mendonça FVS, Barbosa RL, Ribeiro Junior JI, Mosquim PR, Rolf P (2003) Uso do Smartfreshtm (1-MCP) no amadurecimento controlado de banana 'Prata-Anã', *Proc. Interamericana Sociedade Tropical de Horticultura* 47:129-131.
- Sisler EC, Serek M, Dupille E (1996) Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. *Plant Growth Regulation* 17:1-6.
- Sisler EC, Serek M (1997) Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiology Plant* 100:577-582.
- Soto Ballester M (1992) *Banano-cultivo y comercialización*. 2 ed. San José:Litografía e Imprenta.
- Terao D, Silva EO (2006) Controle alternativo com bloqueadores de etileno. In: Oliveira SMA, Terao T, Dantas SAF, Tavares SCCH (Eds.) *Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais*. Brasília:Embrapa SPI. pp.265-287.
- Vilas Boas EVB, Alves RE, Filgueiras HAC, Menezes JB (2001) Características da fruta. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS *Banana pós-colheita*. Brasília:Embrapa-SPI. pp.15-19.
- Watkins CB (2002) Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: Knee M. (Ed.) *Fruit quality and its biological basis*. Ohio:CRC Press.
- Zonta EP, Machado AA (1996) *Sistema de análise estatística para microcomputadores*. Pelotas:UFPEL. 102p.

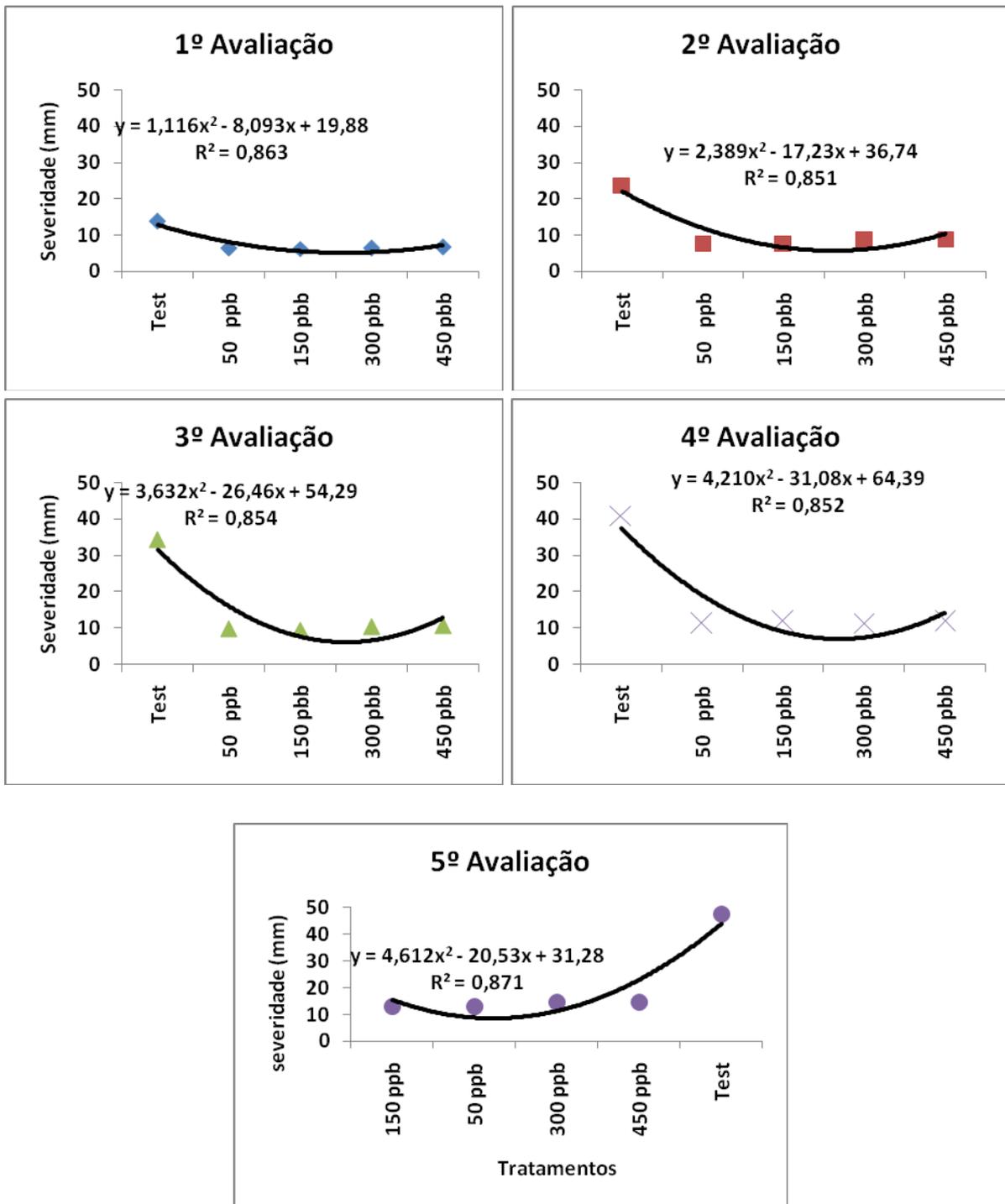


FIG. 1 – Efeito das dosagens de 1- metilciclopropeno (1-MCP) sobre a severidade da antracnose da banana cv. Pacovan após cinco dias de armazenamento em temperatura ambiente de laboratório.

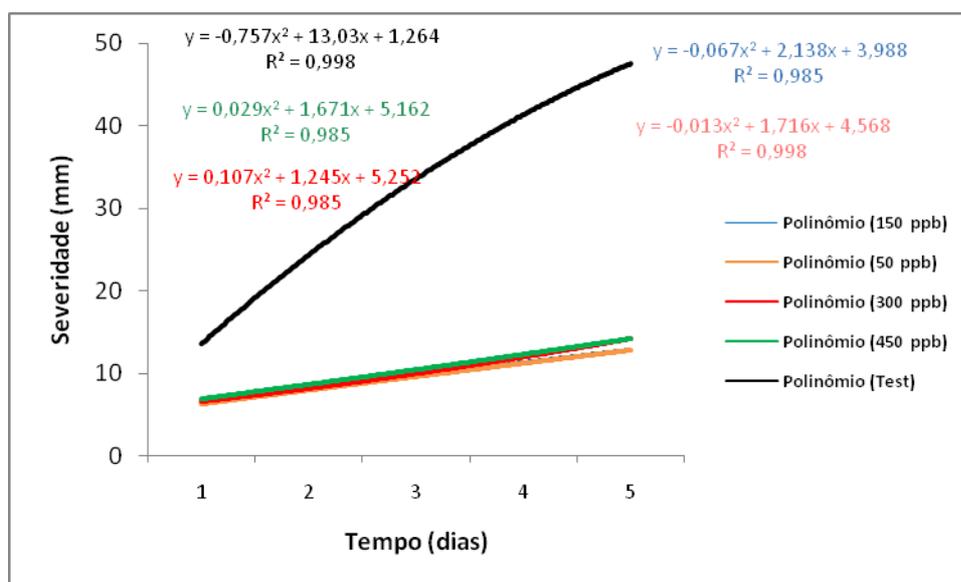
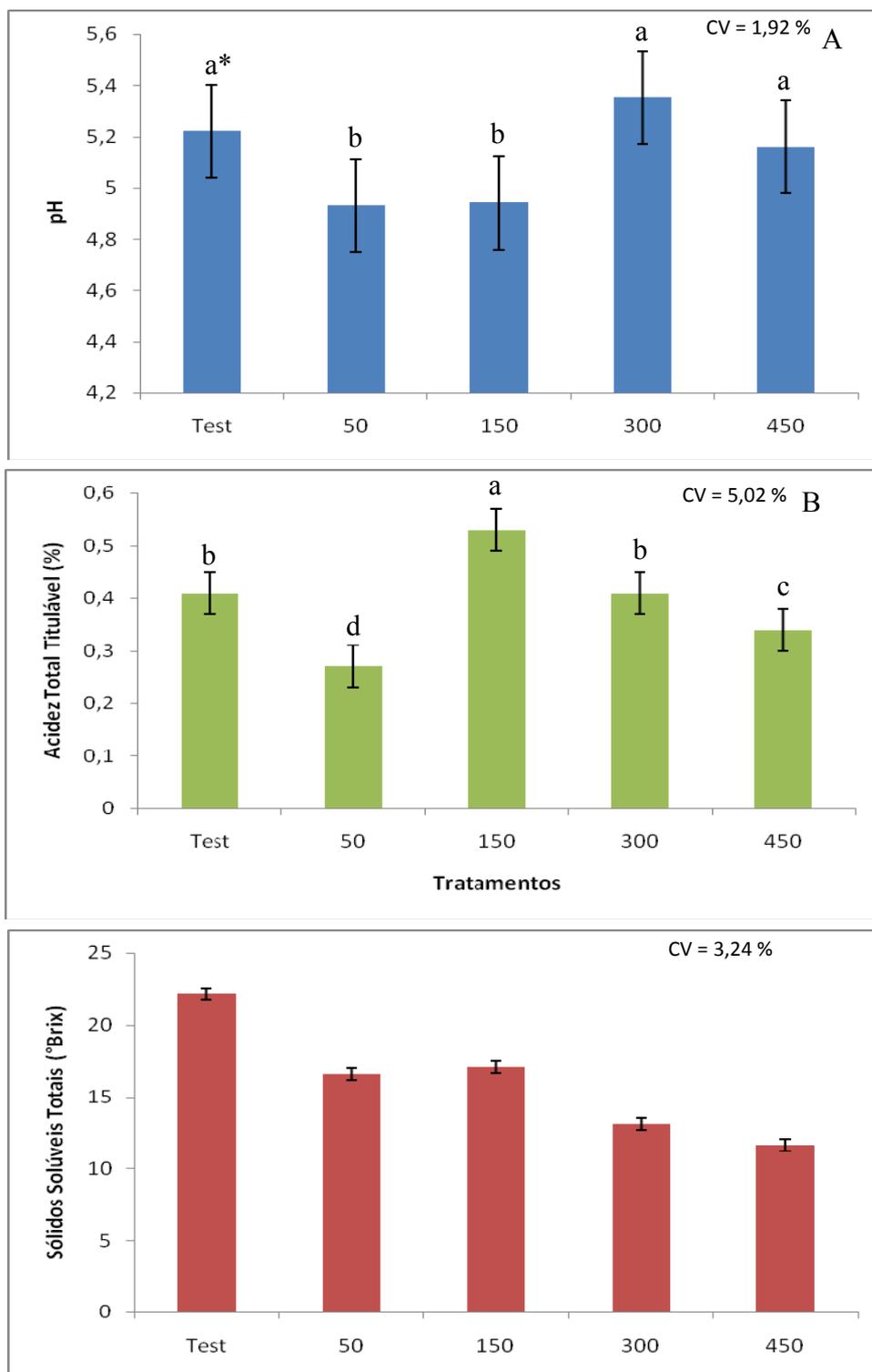


FIG. 2 Desenvolvimento da antracnose da banana 'Pacovan' em diferentes concentrações de 1- metilciclopropeno sobre diferentes períodos de avaliação (1-MCP) durante cinco dias de armazenamento.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

FIG. 3 – Influência das dosagens de 1-metilciclopropeno (1-MCP) (0, 50, 150, 300 e 450 nL.L⁻¹), sobre as características físico-químicas da banana cv. Pacovan, A. pH, B. Acidez Total Titulável (ATT) e C. Sólidos Solúveis Totais (SST), cinco dias após a inoculação.

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

- Em relação a agressividade todos os isolados comportaram-se de forma positiva quando inoculados sobre as bananas cv. Pacovan;
- Dos indutores de resistência utilizados, o ASM e Agro-Mós[®] apresentaram grande potencial para o uso no patossistema banana x *Colletotrichum musae*;
- Dentre os indutores testados apenas MJ e CRP podem causar fitotoxidez aos buquês de bananas ‘Pacovan’ sobre estas concentrações;
- O procloraz apresentou o melhor controle sobre a antracnose da banana, e não modificou negativamente as características físico-químicas;
- A produção de grande quantidade da enzima quitinase está potencialmente ligada a melhor performance do Agro-mós[®] no controle da antracnose;
- O AGM e o MJ foram os indutores que proporcionaram maior produção das enzimas peroxidase, β -1,3-glucanase e β -1,4-glucanase;
- O AGM apresentou maior produção da quitinase e MJ à maior de polifenoloxidase;
- A temperatura de 40 a 45 °C são as mais indicadas para o tratamento hidrotérmico da banana visando a redução da severidade da antracnose e manutenção da qualidade dos frutos;
- Temperaturas superiores a 50 °C podem causar injúrias sobre as cascas da banana ‘Pacovan’;
- As dosagens de 50 e 150 nL.L⁻¹ de 1-MCP podem ser utilizadas para o controle da antracnose em bananas ‘Pacovan’, sem perda na qualidade físico-química da fruta;
- Os tratamentos de forma geral não prejudicaram o pH, Sólido Solúvel Total (SST) e Acidez Total Titulável (ATT) ao ponto de prejudicar o consumo in natura da banana cv. Pacovan.