

CLÉIDIO DA PAZ CABRAL

**EFICIÊNCIA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO
CONTROLE DA MANCHA-AQUOSA EM MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Fitopatologia.

RECIFE – PE

FEVEREIRO, 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

P348e Paz, Cléidio Cabral da
Eficiência de indutores de resistência no controle da man -
cha-aquosa em meloeiro / Cléidio Cabral da Paz. -- 2009.
64 f. : il.

Orientadora: Elineide Barbosa da Silveira
Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia.
Inclui bibliografia.

CDD 581.2

1. *Cucumis melo*
2. *Acidovorax avenae* subsp *citrulli*
3. Mancha-aquosa
4. Controle
5. Indutor de resistência
6. Fisiologia
7. Atividade enzimática
- I. Silveira, Elineide Barbosa do
- II. Título

**EFICIÊNCIA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO
CONTROLE DA MANCHA-AQUOSA EM MELOEIRO**

CLÉIDIO DA PAZ CABRAL

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Professora Dr^a. Elineide Barbosa da Silveira – Orientadora

Professora Dr^a. Rosa de Lima Ramos Mariano – Co-orientadora

RECIFE – PE

FEVEREIRO, 2009

EFICIÊNCIA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA MANCHA-AQUOSA EM MELOEIRO

CLÉIDIO DA PAZ CABRAL

Dissertação apresentada e aprovada pela Banca Examinadora em 27 de fevereiro de 2009.

ORIENTADORA:

Prof^a. Dra. Elineide Barbosa da Silveira

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Gilvan Pio Ribeiro
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Dra. Lílian Margarete Paes Guimarães
(Estação Experimental de Carpina - UFRPE)

Dra. Suzana Alencar Freire Dantas
(Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco)

RECIFE – PE

FEVEREIRO, 2009

**A minha tia DORA
OFEREÇO COM AMOR
E ETERNA GRATIDÃO**

**Aos meus irmãos
Cleilton e Cleiton
DEDICO**

**Aos meus pais,
Angelita e Vangiraldo
O MEU CARINHO**

**Aos meus amigos
Ivandro, Ivanise e Kirley
MINHA GRATIDÃO**

**As professoras
Elineide Barbosa e Rosa Mariano
A MINHA ADMIRAÇÃO
E O MEU RESPEITO**

" O Senhor é o meu pastor e nada me faltará.

Deita-me em verdes pastos e guia-me mansamente em águas tranqüilas.
Refrigera a minha alma, guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.

Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum,
porque Tu estás comigo, a Tua vara e o Teu cajado me consolam.

Prepara-me uma mesa perante os meus inimigos, unges a minha cabeça com
óleo, o meu cálice transborda.

Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da
minha vida e habitarei na casa do SENHOR por longos dias. "

Salmo: 23

“... Em algum lugar, a distância de tempo imensa:
divergiam em um bosque duas estradas
e eu escolhi a menos viajada
e esta escolha fez toda a diferença”

(Robert Frost)

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida, oportunidade de crescimento, felicidades e força para vencer obstáculos.

À **Universidade Federal Rural de Pernambuco** pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado em Fitopatologia.

À minha querida orientadora Prof^ª. Dr^ª **Elineide Barbosa da Silveira**, pelo apoio, amizade, incentivo, pela confiança, pelos conhecimentos cedidos durante todo o curso e pela paciência, dedicação e carinho.

À Prof^ª. Dr^ª **Rosa de Lima Ramos Mariano**, pelos ensinamentos, orientação, apoio e valiosas contribuições ao trabalho e pelo o exemplo de sabedoria e humildade.

Aos demais professores da **Pós-Graduação em Fitopatologia** pelos ensinamentos e pelos momentos agradáveis proporcionados.

Aos amigos do Laboratório de Fitobacteriologia, em especial aos meus grandes amigos: **Kátia Cilene, Alessandra Garcia, Kirley Michelly, Janaína Cortês, Aldenir Alves, Myrzânia Guerra, André Xavier, Marcelo Mello, Kedma e Ivanise Viana** pelo o bom convívio e amizade.

À minha orientadora de iniciação científica Dr^ª **Daniela Biaggione Lopes** pela a amizade, os ensinamentos e o apoio ao ingresso à pesquisa.

Aos amigos do Laboratório de Patologia Pós-Colheita, em especial a Prof^ª. **Sônia Oliveira**, pela atenção e informações compartilhadas, bem como o uso dos materiais e/ou equipamentos para realização da pesquisa.

Aos funcionários da Área de Fitossanidade, em especial a **Adelmo Santana, Darci Martins, Luiz Coelho, Romildo Angeiras e Sr. Luís** pela ajuda e presteza.

E, finalmente, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS _____	vii
SUMÁRIO _____	viii
RESUMO _____	ix
ABSTRACT _____	x
Capítulo I – Introdução Geral _____	11
1- IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MELOEIRO _____	12
2- MANCHA-AQUOSA DO MELOEIRO _____	14
3- INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA _____	19
4- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	27
Capítulo II - Efeito de indutores de resistência no controle da mancha- aquosa e na fisiologia do meloeiro _____	46
RESUMO _____	47
ABSTRACT _____	47
INTRODUÇÃO _____	48
MATERIAL E MÉTODOS _____	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	52
AGRADECIMENTOS _____	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	56
Conclusões Gerais _____	63

RESUMO

A mancha-aquosa causada pela bactéria *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Schaad et al.) Willems et al. é uma importante doença para a cultura do meloeiro ocasionando depreciação do valor comercial do fruto e grandes perdas na produção, que podem atingir até 100% em períodos chuvosos. Não se dispõe até o momento de medidas efetivas de controle dessa doença no Brasil o que torna imprescindível à realização de pesquisas que visem à obtenção de métodos alternativos de controle. Foi estudado o efeito de indutores de resistência no controle da mancha-aquosa em meloeiros Amarelo (AF4945) e Pele de Sapo (Nilo), em diferentes épocas de aplicação (10 e 15 dias após a emergência das plântulas) e dosagens (acibenzolar-S-metil – ASM - 25; 50 e 75 mg i.a. L⁻¹; Agro-Mos[®] - 0,5; 1,0 e 1,5 p.c. L⁻¹; Ecolife[®] - 2; 3 e 4 mL p.c. L⁻¹); e na fisiologia da planta em solo com ou sem NPK, avaliando-se altura (AL), biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA, BSPA), e atividade enzimática. A melhor época para aplicação dos indutores foi dez dias após a emergência das plântulas. Considerando os dois genótipos, ASM (50 mg i.a. L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹) elevaram o período de incubação em até 12,6 e 8 dias e reduziram a incidência da doença em 87,5 e 60%; índice de doença em 95,7 e 88%; e área abaixo da curva de progresso da doença em 93,7 e 74,5%, respectivamente. Esses dois indutores, independente do nível de NPK, reduziram a AL, BFPA e/ou BSPA em até 24,5; 41,4 e 34,2%, respectivamente. Apenas a atividade de peroxidase foi detectada aos 5, 10 e 45 dias após a aplicação dos indutores. ASM (50 mg i.a. L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹) mesmo tento afetado o desenvolvimento de plantas de meloeiro, apresentaram redução significativa da intensidade da mancha-aquosa tanto em meloeiro tipo Amarelo quanto Pele de Sapo, podendo ser inseridos no manejo integrado da mancha-aquosa.

Palavras-chave: *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Cucumis melo*, indutores de resistência, custo fisiológico, atividade enzimática.

ABSTRACT

Bacterial fruit blotch caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Schaad et al.) Willems et al. is an important melon (*Cucumis melo* L.) disease which causes fruit value reduction and high production losses reaching 100% in rainy season. At the present there are not effective methods of controlling this disease in Brazil, and therefore research for finding alternative control methods is essential. It was studied the effect of resistance inducers for controlling bacterial fruit blotch in 'yellow' melon (AF4945) and 'Pele de Sapo' (Nilo), evaluating different application periods (10 and 15 days after plant emergency), inducer dosages (acibenzolar-S-metil- ASM - 25; 50 and 75 mg a.i. L⁻¹; Agro-Mos[®] - 0.5; 1.0 and 1.5 c.p. L⁻¹; Ecolife[®] - 2; 3 and 4 mL c.p. L⁻¹) and plant physiology in soil supplemented or not with NPK observing plant height, fresh and dry shoot biomass and enzymatic activity. The best period for inducers application was 10 days after plant emergency. For both genotypes, ASM (50 mg a.i. L⁻¹) and Ecolife[®] (3 mL c.p. L⁻¹) increased incubation period until 12 and 8 days; and reduced disease incidence by 87.5 and 60%; disease index by 95.7 and 88%; and area under disease progress curve by 93.7 and 74.5%. The two inducers independent of NPK level reduced plant height, fresh and dry shoot biomass until 24.5; 41.4 and 34.2%, respectively. Only the peroxidase activity was detected at 5, 10 and 45 days after inducer application. Although ASM (50 mg i.a. L⁻¹) and Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹) had affected plant development they significantly reduced bacterial fruit blotch in both melon types, 'yellow' and 'Pele de Sapo', and should be used for the integrated management of this disease.

Keywords: *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Cucumis melo*, inducers of resistance, physiological cost, enzymatic activity.

Capítulo I

Introdução Geral

INTRODUÇÃO GERAL

1- IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MELOEIRO

A cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) foi trazida ao Brasil pelos escravos, sendo conhecido desde o século XVI. A segunda introdução do meloeiro foi feita pelos imigrantes europeus, quando se iniciou de fato a expansão da cultura nas regiões Sul e Sudeste, sobretudo no Estado do Rio Grande do Sul, considerado o primeiro centro de cultivo da cultura no país (MELO et al., 1998; ALVARENGA; RESENDE, 2002).

Em 2005 o melão foi cultivado por 84 países, com área mundial dedicada a este cultivo em torno dos 1,265 milhões de hectares e produção superior aos 27,0 milhões de toneladas. A China destacou-se como principal produtor mundial, sendo responsável por 50,28% da produção global e o Brasil ocupou a 20ª posição do ranking (FAO, 2006).

A produção brasileira de melão cresceu 95% entre 1994 e 2005, passando de 151 mil para 294 mil toneladas. Nesse período, a área cultivada com melão era de 11.500 ha e passou para aproximadamente 14.100 ha, aumentando 23% (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

A região Nordeste é a principal produtora de melão do Brasil, sendo os principais estados produtores: Ceará com 4.951 ha e produção de 44%; Rio Grande do Norte com 3.580 ha e produção de 32%; Bahia com 1.597 ha e produção de 14%; Pernambuco com 1,100 ha e produção de 10% (AGRIANUAL, 2008). O elevado crescimento da produção brasileira foi impulsionado, basicamente, pelo bom desempenho da produção cearense e potiguar, que cresceram respectivamente, 164% e 111% entre 1994 e 2001 (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Nesses Estados, as regiões produtoras caracterizam-se pela presença de empresas de médio e grande porte que lideram este agronegócio, mas também de muitos pequenos produtores que escoam a produção via grandes empresas (BUAINAIN; BATALHA, 2007) e são gerados 60 mil empregos diretos e indiretos em cultivos de meloeiro (TAVARES, 2002).

Há cerca de dez anos, no topo da lista de maiores produtores estavam os municípios de Mossoró (RN) e Juazeiro (BA). Este último com 8,15% da produção nacional teve participação reduzida, chegando em 2004 a apenas 0,95%. A participação de Mossoró na produção nacional decresceu de 43,5% em 1996 para 17% em 1999, cedendo à posição de primeiro produtor a Baraúna (RN), com 32% da produção

nacional, cujo ranking mantém-se assim até os dias de hoje (BUAINAIN; BATALHA, 2007). No Ceará, no Agropólo Baixo Jaguaribe, os municípios maiores produtores são Acaraú, Icapuí, Itaiçaba, Jaguaruana e Quixeré (SEAGRI, 2006).

Na região do Sub-médio do São Francisco é cultivada uma área de 2.500 ha de melão, concentrada nos municípios de Juazeiro, Curaçá e Santo Sé, no Estado da Bahia, e Santa Maria da Boa Vista e Petrolina, no Estado de Pernambuco (ARAÚJO et al., 2005). A área de plantio de melão no Vale do São Francisco aumentou 33% em 2007, em comparação com 2006. Esse crescimento representa a recuperação de áreas que haviam sido devastadas por chuvas registradas na região em abril de 2006 (PUPIN; CABRAL, 2007).

Em 2005 o Brasil exportou 827.708,334 t de frutas frescas, sendo o melão responsável por 21,73% desse montante, superado apenas pela banana (*Musa spp.*) (25,63%) (DATA FRUTA, 2006). Em 2006, o Nordeste brasileiro exportou US\$ 88.210.065,00, o equivalente a 172 mil toneladas de melão (SECEX/DATAFRUTA, 2007). Mais da metade da produção de melão do Brasil é destinado à exportação, que é favorecida por ocorrer no período de entressafra da Espanha (setembro a março), principal produtor Europeu.

As cultivares de melão de maior expressão, tanto em relação ao ciclo mais rápido de produção quanto de mercado internacional, são as do tipo Cantaloupe e Honey Dew, produzidos principalmente pela Espanha, Estados Unidos e Israel. Aproximadamente 98% do melão produzido no Brasil pertence ao tipo Amarelo (“Yellow Honey Dew”). Entretanto, os melões dos tipos Cantaloupensis e Reticulatus têm sido utilizados pelos produtores visando atender as preferências de consumidores mais exigentes e até mesmo de alguns importadores (GOMES JÚNIOR et al., 2001). No porto de Natal-RN em 2002, o melão Amarelo representou 50,33% das exportações, enquanto o Orange Flesh e Pele de Sapo representaram, respectivamente 19,06 e 9,90%. Os demais tipos Gália, Cantaloupe e Charantais, considerados nobres pelos produtores, representaram apenas 11,16; 7,03 e 2,52%, respectivamente (SALES JÚNIOR et al., 2006).

A baixa resistência às principais doenças desta cultura é um dos fatores limitantes para a competitividade do melão nos mercados nacional e internacional. Problemas fitossanitários agravados pelos cultivos intensivos e contínuos frequentemente acometem a cultura no Nordeste Brasileiro. Nos últimos anos a

principal fitobacteriose dessa cultura é a mancha-aquosa causada pela bactéria *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Schaad et al.) Willems et al. (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001).

2- MANCHA-AQUOSA DO MELOEIRO

Em meloeiro, o primeiro relato da mancha-aquosa causando impacto econômico foi nos Estados Unidos em 1996, com incidência de mais de 50% dos frutos em campos agrícolas no Texas (ISAKEIT et al., 1997). A doença também foi detectada na Austrália (O'BRIEN; MARTIN, 1999) e Israel (BURDMAN et al., 2005). No Brasil, *A. avenae* subsp. *citrulli* foi registrada em meloeiro nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste em 1992 (ROBBS et al., 1992). Em 1997 a doença foi detectada pela primeira vez no Rio Grande do Norte (ASSIS et al., 1999) e, posteriormente, no Ceará (VIANA et al., 2000), Rio Grande do Sul (UENO et al., 2003), Minas Gerais (MACAGNAN et al., 2003), Pernambuco e Bahia (MARIANO; SILVEIRA, 2004), passando a ter grande importância econômica. Estima-se que as perdas devido a essa doença no Rio Grande do Norte sejam em torno de 40 a 50%, atingindo até 100% (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001).

Acidovorax avenae subsp. *citrulli* (Sin: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* Schaad et al.; *Pseudomonas avenae* subsp. *citrulli* (Schaad et al) Hu et al. é uma bactéria Gram negativa, em forma de bastonete, aeróbica e móvel por um flagelo polar (MARIANO; SILVEIRA, 2004; SCHAAD et al., 2000). Apresenta bom crescimento no meio de cultura ágar nutritivo – extrato de levedura – dextrose (NYDA), onde forma colônias pequenas com 0,7 a 1,0 mm, brancas ou cremes, e não fluorescente em meio King B. Cresce a temperatura de 41°C, mas não a 4°C, com máximo desenvolvimento a 35°C; na faixa de pH de 5,0 a 9,0, com máximo em pH 7,0; e nas concentrações de 1, 2, 3 e 4% de NaCl, com crescimento máximo a 2% e mínimo a 4%. Não hidrolisa a arginina e apresenta reação positiva para os testes de catalase, oxidase, urease e lipase; utiliza os carboidratos fermentáveis glicose, galactose, ramnose, sacarose, lactose, maltose, amido, inulina, manitol, dulcitol, sorbitol e salicina (SCHAAD et al., 1978; CAVALCANTI et al., 2005). Conforme a descrição do isolado tipo (*P. pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*), a espécie não induz reação de hipersensibilidade em fumo (*Nicotiana tabacum* L.), contudo, a reação já foi observada em diversos isolados da bactéria (SOMODI et al., 1991; RANE; LATIN, 1992; SILVEIRA et al., 2003).

Meloeiro infectado por *A. avenae* subsp. *citrulli* pode apresentar os sintomas da mancha-aquosa em plântulas, folhas e frutos, sendo mais comuns e facilmente visualizados nos frutos. Todos os tipos de melão apresentam suscetibilidade à bactéria, incluindo Amarelo, Orange, Pele de Sapo, Charantais e Gália (LATIN, 1997; MARIANO et al., 2001).

Plântulas oriundas de sementes infectadas quando não entram em colapso total, apresentam extensas manchas encharcadas que progridem para verde-escuras (VIANA et al., 2000) e marrons nos cotilédones e às vezes necrose no hipocótilo (HOPKINS et al., 1996). Em áreas com cultivo adensado pode haver uma rápida expansão da doença (O'BRIEN; MARTIN, 1999).

Nas plantas adultas as lesões nas folhas são inicialmente pequenas, com aspecto oleoso e coloração verde-clara, assumindo posteriormente uma coloração marrom-escuro (VIANA et al., 2000), com ou sem halo (HOPKINS et al., 1996). As lesões são frequentemente observadas ao longo das nervuras ou nas margens da folha (O'BRIEN; MARTIN, 1999). Dependendo das condições climáticas e da cultivar, as manchas podem crescer e coalescer, e a necrose estender-se por quase toda a área foliar (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001).

Nos frutos maduros, os sintomas da doença são mais visíveis antes da colheita, embora a infecção ocorra durante a floração e formação destes (ISAKEIT, 1999). Caracterizam-se inicialmente por pontos com aspecto oleoso com 1 a 5 mm de diâmetro (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001), os quais se expandem tornando-se manchas marrons, necróticas com ou sem rachaduras no centro. Essas rachaduras podem servir como porta de entrada para outros microrganismos que aceleram o apodrecimento do fruto (COSTA et al., 2001). As lesões necróticas localizam-se na superfície do fruto, progredindo rapidamente (7 a 10 dias) e atingindo uma maior área antes da colheita (ISAKEIT, 1999). Os sintomas internos variam com a idade e o estágio de desenvolvimento do fruto no momento da infecção. Geralmente há uma descoloração da polpa marrom-avermelhada abaixo da casca, embora, a necrose ou simples lesão na casca não reflita o dano que ocorre na polpa imediatamente abaixo, ou seja, a parte interna já pode estar bastante comprometida, mesmo quando a lesão externa possui de 0,5 cm a 2,0 cm de diâmetro (O'BRIEN; MARTIN, 1999). A bactéria, em geral, coloniza a polpa do fruto, causando podridão seca, contaminando a semente externa e internamente através da região do hilo, o que dificulta a erradicação (ISAKEIT, 1999).

Em fase mais avançada e como resultado da ação de microorganismos secundários que penetram através de rachaduras, os frutos são rapidamente destruídos (COSTA et al., 2001). Após a colheita, a severidade do sintoma da mancha-aquosa não aumenta drasticamente nos frutos de meloeiro (MARIANO; SILVEIRA, 2004).

Acidovorax avenae subsp. *citrulli* sobrevive em plântulas voluntárias, hospedeiras alternativas (ISAKEIT, 1999), na semente (OLIVEIRA et al., 2001), em restos de folhas e frutos infectados por 28 dias e por três dias no solo na ausência de planta hospedeira (OLIVEIRA, 2008).

A disseminação de *A. avenae* subsp. *citrulli* a longa distância ocorre principalmente por sementes contaminadas, com níveis variando de 10 a 91% (O'BRIEN; MARTIN, 1999; OLIVEIRA et al., 2001) e pelo transplântio de mudas de cucurbitáceas infectadas (HOPKINS et al., 1996). Após a germinação da semente contaminada, a bactéria é facilmente disseminada para plântulas ou plantas vizinhas através de respingos de água de chuva e irrigação, solos infestados, insetos, implementos agrícolas, operários de campo (SANTOS; VIANA, 2000) e aerossóis (HOPKINS et al., 1992). A disseminação de *A. avenae* subsp. *citrulli* na pós-colheita pode ocorrer de forma limitada através do contato entre frutos sadios e doentes (RUSHING et al., 1997).

A bactéria penetra nas folhas de meloeiro através dos estômatos e nos frutos via estômatos e lenticelas, sendo os frutos verdes mais susceptíveis à invasão pela bactéria do que os maduros (SILVA NETO et al., 2006). *A. avenae* subsp. *citrulli* penetra nas sementes pelo sistema vascular da planta, muito embora a abertura na região do hilo tenha a capacidade de servir como acesso durante o processo de extração das sementes (HOPKINS et al., 1996). Flores também são consideradas um potencial local de penetração da bactéria, a qual foi detectada no estigma e estilete de flores de melancia (WALCOTT et al., 2003; LESSL et al., 2007).

Até o momento não se dispõe de resultados concretos para controle da mancha-aquosa em meloeiro no Brasil. Sabe-se, contudo, que uma vez introduzida em uma área, é de difícil erradicação (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001).

A primeira medida tomada visando o controle da mancha-aquosa é a utilização de sementes sadias, de firmas credenciadas e em embalagens herméticas (VIANA et al., 2000). Além disso, vários tratamentos de sementes têm sido recomendados: hipoclorito de sódio 0,5% por 20 minutos; ácido clorídrico 1,8% por 5 minutos (RANE; LATIN,

1992); ácido láctico 2% por 20 minutos (VIANA et al., 2000); estreptomicina por 16 horas ($1,0 \text{ mg mL}^{-1}$) (SOWELL; SCHAAD, 1979); sulfato de estreptomicina 0,1% por 30 minutos; sulfato de estreptomicina 0,1% + solução salina 1,5% por 30 minutos; Bion 0,01% (acibenzolar- S- metil) por 20 minutos (MORAES et al., 2002); Bion 0,01%, sulfato de estreptomicina 0,1%, kasugamicina 0,1% e oxicloreto de cobre 0,5%, isoladamente ou em mistura por 30 minutos (SILVA NETO et al., 2003); ácido peroxiacético $1.600 \mu\text{g mL}^{-1}$ por 30 minutos seguindo-se secagem a baixa umidade a 40°C por 24 horas (HOPKINS et al., 1996) ou; água quente a 52°C por 10 minutos (VIANA et al., 2000). Esses tratamentos têm diminuído consideravelmente a transmissão, mas não conseguem erradicar a bactéria dos lotes de sementes infectada natural e/ou artificialmente.

Para evitar a doença em cultivos estabelecidos, deve-se proteger a planta através de aplicações quinzenais ou semanais com fungicidas cúpricos, iniciando-se na floração, ou antes, e se prolongando até a maturação dos frutos (WALCOTT et al., 2003), quando parecem aumentar as barreiras morfológicas à penetração do patógeno (FRANKLE et al., 1993). Sales Júnior et al. (2005b) verificaram a eficiência de oxicloreto de cobre (1250 ppm), kasugamicina (70 ppm), kasugamicina + oxicloreto de cobre (40+1250 ppm) e sal de oxitetraciclina (82 ppm) na redução da incidência da doença em frutos no campo.

Outras medidas de controle também são recomendadas como: evitar plantio direto, em áreas úmidas ou em períodos chuvosos; manter registro de áreas plantadas no campo (citando variedade, número dos lotes de sementes e origem das mesmas), visando determinar possíveis fontes de inóculo; inspecionar as plântulas de melão desde o início da emergência e erradicar quando apresentarem sintomas característicos da mancha-aquosa; fazer rotação de culturas por pelo menos três anos; efetuar adubação equilibrada, evitando excesso de nitrogênio; erradicar plântulas/plantas com sintomas e hospedeiras alternativas dentro e próximo de plantios e destruir restos de culturas; irrigar somente por gotejamento para reduzir a umidade das plantas; manter temperatura e umidade em níveis baixos em casa de vegetação e estufa; evitar movimentação de pessoas ou implementos no campo quando as plantas estiverem molhadas (orvalho, irrigação, chuva); desinfestar equipamentos, inclusive os de irrigação, e ferramentas de trabalho com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% ou amônia quaternária 0,1% ('Quatermon') e utilizar rodolúvio e pedilúvio com amônia quaternária (DIAS et al.,

1998; O'BRIEN; MARTIN, 1999; VIANA et al., 2000; WALCOTT et al., 2001; MARIANO et al., 2001; MARIANO et al., 2004).

O manejo da doença através do desenvolvimento de cultivares resistentes, segundo Hopkins et al. (1993), é a medida de controle mais viável. Contudo, não existe até o momento cultivares de meloeiros tolerantes ou resistentes à doença, sendo comprovado que o tipo Pele de Sapo é tão ou mais suscetível que outros (SILVA et al., 2003).

Alternativas para controle da mancha-aquosa devem ser testadas e dentre elas cita-se o biocontrole. Medeiros et al. (2002) testando 50 isolados de bactérias endofíticas e epifíticas obtidas de melão e outras culturas, através da bacterização de sementes, selecionou o isolado RAB9 (*Bacillus* sp.) como eficiente no controle dessa doença em condições de casa de vegetação. Visando a proteção contra a infecção no campo, plantas de meloeiro com sete dias foram pulverizadas com isolados de *Bacillus* sp., destacando-se o isolado MEN2 com potencial para utilização no controle da mancha-aquosa (MEDEIROS et al., 2003). Oliveira et al. (2006) verificaram, através da microbiolização de sementes artificialmente infectadas, que os endofíticos ENM5 (*Bacillus* sp.), ENM9 (*Bacillus cereus*), ENM13 (*Bacillus* sp.), ENM16 (*Bacillus cereus*), ENM32 (*Bacillus subtilis*) e ENM43 (*Bacillus* sp.), revelaram potencial para o controle da mancha-aquosa. Também Santos (2004) conseguiu o controle da doença através do tratamento de sementes infectadas com líquidos fermentados com ou sem presença das células de *B. subtilis* R14, *B. megaterium* pv. *cerealis* RAB7, *B. pumilis* C116, *Bacillus* sp. MEN2.

Outra linha de controle utilizada entre os produtores de melão, em aplicações conjuntas com produtos bactericidas ou em aplicação isolada, é a utilização de elicitores ou indutores de resistência, sendo uma estratégia promissora e ecologicamente correta. A presença dos indutores na planta estimula a defesa natural das mesmas (PEREIRA, 2005). Nascimento et al. (2003) e Sales Júnior et al. (2003 a, b; 2007) verificaram que o indutor acibenzolar-S-metil (ASM) na dosagem de 1 g 20 L⁻¹ de água foi eficiente no controle da doença no campo, para as cultivares de meloeiro Goldex, Gold Mine e Pele de Sapo, aumentando a produtividade. Em maio de 2008 o produto ASM foi registrado como indutor de resistência para esta cultura (MAPA, 2008).

O fenômeno da indução de resistência vem sendo estudado há várias décadas como uma interessante alternativa para controle de fitopatógenos, no entanto, a

utilização de indutores nem sempre se traduz em benefícios para a produção, visto que, a ativação da resistência demanda um custo de energia por parte da planta (HEIL et al., 2000). Novos indutores precisam ser testados para o controle da mancha-aquosa, levando em consideração também o custo fisiológico da indução.

3- INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

A indução de resistência em plantas pode ser definida como uma resistência dinâmica baseada na produção de barreiras físicas e/ou químicas estimuladas pela aplicação de uma substância indutora (BONALDO et al., 2005). É um estado fisiológico de “aumento da capacidade de defesa” elicitado por um estímulo ambiental específico, quando as defesas da planta são potencializadas contra a chegada de um patógeno (VAN LONN, 1997). Este aumento na resistência é efetivo contra uma ampla faixa de patógenos e parasitas, incluindo fungos, bactérias, vírus, nematóides, plantas parasitas e até mesmo insetos herbívoros (KESSLER; BALDWIN, 2002).

O termo indução de resistência pode ser utilizado para designar uma proteção local, isto é, a indução de resistência apenas nos tecidos onde se efetuou o tratamento com o agente indutor, como também pode indicar uma resistência sistêmica, que se manifesta a distância do local de aplicação do indutor (MORAES, 1992). Os agentes indutores de origem biótica ou abiótica, capazes de ativar ou induzir qualquer resposta de resistência nas plantas são chamados de elicitores (SMITH, 1996), podendo apresentar natureza química variada, como oligossacarídeos, glicoproteínas, oligopeptídeos e ácidos graxos, o que demonstra a não existência de característica estrutural única na determinação da atividade elicitora (STANGARLIN et al., 1999).

A ativação das defesas das plantas pode ocorrer a partir da elicitação por compostos bióticos presentes em: extratos de plantas (STANGARLIN, et al., 1999), preparações de leveduras (STADNIK; BETTIOL, 2000), exopolisacarídeos bacterianos (CASTRO; BACH, 2004), rizobactérias promotoras de crescimento (VISWANATHAN; SAMIYAPPAN, 2002), fungos promotores de crescimento (MADI; KATAN, 1998), e ainda raças não virulentas do patógeno (MONOT et al., 2002), além do próprio patógeno inativado pelo calor (BACH et al., 2003). Pode-se ainda utilizar elicitores abióticos químicos ou físicos, como silício (Si) (CHÉRIF et al., 1994), ácido salicílico (AS) (CIPOLLINI, 2002;), ácido D-L-aminobutírico (BABA) (ZIMMERLI et al., 2000), quitosana (SATHIYABAMA; BALASUBRAMANIAN,

1998), cloreto férrico, fosfato de potássio dibásico (BÉCOT et al., 2000), acibenzolar-S-metil (ASM) e ácido 2,6-dicloroisonicotínico (INA) (BESSER et al., 2000), fosfato de potássio monobásico (REUVENI et al., 2000), ácido jasmônico (AJ) (BALDWIN, 1998; CIPOLLINI, 2002), metil jasmonato (MeJa) (HEIJARI et al., 2005), sacarina (BOYLE; WALTRERS, 2005), ácidos graxos (COQUOZ et al., 1995) ou luz em comprimentos de onda específicos (KHANAM et al., 2005).

Os indutores aumentam o nível de resistência da planta, sem alterar seu genoma, isso ocorrendo de maneira não específica por meio da ativação de genes envolvidos em diversas respostas de defesa, tais como explosões oxidativas (LAMB; DIXON, 1997), respostas de hipersensibilidade (ZIMMERLI et al., 2000), acúmulo de proteínas relacionadas a patogênese (por exemplo, peroxidases, quitinases e β -1,3-glucanases) (BAYSAL et al., 2003), síntese de inibidores de proteinases (IP) (ZAVALA et al., 2004), enzimas envolvidas na rota dos fenilpropanóides, como a fenilalanina amônia-liase (FAL), chalcona isomerase (CHI), chalcona sintase (CHS) (KIM et al., 2001), cinamil álcool desidrogenase (CAD) (GONZÁLEZ et al., 2000), polifenoloxidase (PFO) (THALER et al., 2001) e enzimas envolvidas na peroxidação de lipídios, como a lipoxigenase (LOX) (BUZI et al., 2004), síntese de fitoalexinas (LATUNDE-DADA; LUCAS, 2001), acúmulo de compostos fenólicos (CHÉRIF et al., 1994), aumentos na atividade de β -1,3-glucana sintase e conseqüente aumento na formação de calose (ZIMMERLI et al., 2000), formação de papila (BESSER et al., 2000), bem como o acúmulo de lignina em tecidos circunvizinhos ao local de penetração do microrganismo (COHEN et al., 1991).

A presença do patógeno, após a indução, altera a magnitude dos eventos bioquímicos, bem como, promove o acionamento de outros mecanismos, enquanto que, plantas não induzidas e inoculadas com o patógeno apresentam menor magnitude desses eventos bioquímicos. Dessa forma, quando plantas são pré-inoculadas com um microrganismo ou tratadas com indutores abióticos, embora pouco se observe em termos de alterações bioquímicas, a planta sistemicamente protegida reage de forma mais rápida e eficiente ao desafio com um patógeno virulento (HEIL; BOSTOCK. 2002; STICHER et al., 1997).

A resistência induzida depende, entre outros fatores, do intervalo de tempo entre o tratamento inicial com o indutor e a inoculação com o patógeno (agente desafiante). Essa dependência indica que mudanças específicas no metabolismo da planta, os quais

envolvem a síntese ou o acúmulo de compostos, são importantes para o fenômeno da resistência (RYALS et al., 1996). Além do intervalo de tempo, a concentração do indutor também pode afetar a ativação da resistência da planta. Por exemplo, Sales Júnior et al. (2005a), observaram que os menores índices de infecção de oídio em meloeiros tipo Pele de Sapo e cv. Sancho (Roger's) foram obtidos nas plantas tratadas com ASM nas dosagens de 1 e 2 g 20L⁻¹ de água quando comparados aos tratamentos com Ecolife[®] e Agro-Mos[®], independente da época de aplicação.

Entre as enzimas envolvidas na indução de resistência estão as peroxidases (POXs) e as Polifenoloxidas (PFO).

As POXs apresentam várias funções na defesa celular, pela sua participação na lignificação, suberização e metabolismo de parede celular, sendo classificadas por Van Loon e Van Strien (1999) como proteínas relacionadas a patogênese (PR-proteínas) pertencentes a família PR-9. O funcionamento básico das POXs consiste em reagir com compostos contendo grupos hidroxila anexado a um anel aromático (HIRAGA et al., 2001). A reação clássica destas enzimas é a oxidação desidrogenativa do guaiacol (o-metoxi-fenol) que resulta na formação de radicais fenoxi, sendo que a subsequente ligação de radicais instáveis leva a polimerização não enzimática de monômeros e de maneira similar, hidroxicinamil álcool e seus derivativos são convertidos em radicais fenoxi formando lignina, bem como o ácido hidroxicinâmico, contendo grupos funcionais alifáticos, é convertido em suberina (HIRAGA et al., 2001).

POXs também oxidam domínios fenólicos de polissacarídeos ferulicolados (polisacarídeo ligado a ácido ferúlico) (FRY, 1986; VANCE et al., 1980) e resíduos de tirosina de proteínas estruturais da parede celular, como glicoproteínas ricas em hidroxiprolina (EVERDEEN et al., 1988; BROWNLEADER et al., 1995), formando moléculas maiores e mais complexas, a partir da ligação cruzada dos radicais (HIRAGA et al., 2001). As macromoléculas polimerizadas pelas POXs também são depositadas na superfície extracelular, fortalecendo a parede celular, restringindo a invasão por patógenos e a expansão celular (HIRAGA et al., 2001).

Na indução de resistência as POXs são bastante estudadas devido a importância nos processos de defesa, e na maioria dos casos o aumento na atividade está diretamente relacionado com a redução da severidade da doença. Madi e Katan (1998) observaram o aumento de forma sistêmica da POX em melão e em algodão em função do tratamento, por infiltração, de filtrado de cultura ou suspensão de esporos de *Penicillium*

janczewskii (Zaleski), um fungo promotor de crescimento, que claramente reduziu a incidência de tombamento, causada por *Rhizoctonia solani* (Kuhn.) em melão, em 85% para ambos tratamentos, e, o mesmo acontecendo em algodão. Com indutores abióticos, Buzi et al. (2004) também associaram o aumento da resistência em melão, mediada por ASM e MeJa a partir do tratamento de sementes, contra *Didymela bryoniae* e *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.), e observaram o aumento na atividade de POX.

PFO agrupa um conjunto de enzimas responsáveis pela catálise da reação de oxidação de polifenóis (*o*-difenois) transformando-os em quinonas (*o*-diquinonas) constituindo uma atividade de difenolase. Porém, em algumas plantas essas enzimas podem também catalisar a *o*-hidroxilação de monofenóis, constituindo atividade de monofenolase (MAYER; HAREL, 1979; VAUGHN; DUKE, 1984). São também referidas na literatura como fenol oxidases, catecolases, fenolases, catecol oxidases ou tirosinase (OKOT-KOTBER et al., 2002). Nas plantas, estão geralmente distribuídas em toda estrutura, podendo alguns órgãos/tecidos apresentarem maiores concentrações, bem como, o nível pode variar em função da espécie ou cultivar (MAYER; HAREL, 1979), e do ambiente, podendo a expressão ser induzida por ferimentos ou por fornecimento exógeno de MeJa (CONSTABEL et al., 1995). A expressão de genes que codificam PFO é altamente correlacionada com a ativação da via sinalizadora dos octadecanóides, indicando que esta rota regula a expressão destas enzimas (CONSTABEL et al., 1995).

As PFO permanecem intracelularmente, em grande maioria em estado inativado, compartimentalizadas dentro dos tilacóides nos cloroplastos, separadas dos compostos fenólicos, que também estão compartimentalizados nos vacúolos, no entanto, pequena parte pode estar extracelularmente na parede celular (MAYER; HAREL, 1979; VAUGHN et al., 1988). Na medida em que ocorre a ruptura da célula, ocasionada por ferimento, ação de insetos ou patógenos, ou ainda senescência, as PFO são liberadas e iniciam o processo de oxidação de compostos fenólicos (CONSTABEL et al., 1995; MOHAMMADI; KAZEMI, 2002).

Na indução de resistência, Chérif et al. (1994) concluíram que a conversão de fenóis a compostos tóxicos, proporcionados pela PFO, foi em grande parte responsável pelo aumento da resistência em plantas de pepino induzidas por silicatos solúveis contra *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp., agente causal de tombamento. Para Liu et al. (2005) a indução de resistência com ASM, também resultou em aumento na atividade

de PFO em tratamento pós-colheita de frutos de pêssego, promovendo redução da severidade de *Penicillium expansum* (Link) em 50%.

Entre os produtos elicitores utilizados no controle de doenças de plantas destacam-se o Acibenzolar-S-Methyl (ASM), o Agro-Mos[®] e o Ecolife[®].

Vários estudos têm apontado o ASM como um dos mais promissores indutores abiótico de resistência vegetal. Sua molécula é um éster S-metil do ácido benzo (1,2,3)tiadiazole-7-carbótico (SOBRINHO et al., 2005), sendo empregado e estudado como indutor de resistência em várias espécies vegetais e contra fungos, bactérias e vírus. O aumento da resistência proporcionado pelo ASM, é explicado pela formação de papilas e está aparentemente associado com aumento da atividade da FAL e o acúmulo de compostos autofluorogênicos no local de penetração do patógeno (STADNIK; BUCHENAUER, 2000). O ASM é um produto de baixa toxicidade e sistêmico, que é rapidamente absorvido e translocado através da planta (OOSTENDORP et al., 2001). A indução da resistência pelo ASM foi relatada em vários patossistemas.

Em tomateiro (*Solanum lycopersicon* Mill.), o uso de ASM no processo de indução de resistência, resultou na formação de caloses e depósito de compostos fenólicos junto às paredes das células do fungo *Fusarium oxysporum* (Schltdl.) (BENHAMOU; BÉLANGER, 1998). Em plântulas de melão tratadas com ASM contra *Didymella bryoniae* e *Sclerotinia sclerotiorum* foi observado o aumento da atividade das PR-proteínas quitinases e POXs (BUZI et al., 2004). Em plantas de feijoeiro o uso do ASM alterou o metabolismo da planta, sendo a indução associada a aumentos na atividade da peroxidase, quitinase, β -1,3-glucanase, proteases, aumento da síntese de ligninas, aumento no teor de proteínas solúveis e açúcares redutores (KUHN, 2007).

O Ecolife[®], um produto comercial originado de biomassa cítrica, ou segundo o fabricante, uma formulação aquosa heterogênea contendo polifenóis, flavonóides, fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos, tem se mostrado eficaz na proteção de doenças, a exemplo das culturas do pepino, cafeeiro e cacauero. Esse produto contém substâncias antioxidantes que promovem alterações no metabolismo das plantas auxiliando na prevenção de doenças, regulando o crescimento vegetal e processos reprodutivos e a melhoria de produtos pós-colheita (MOTOYAMA et al., 2003). O produto é facilmente absorvido pelo vegetal aproximadamente de 12 a 24 horas após a sua aplicação, e é parcialmente translocado após a sua metabolização, obtêm-se um aumento na resistência dos tecidos vegetais, resultando numa menor predisposição à

ocorrência de novas infecções (QUINABRA LTDA, 2006). Ecolife[®] pulverizado em plantas de tomate contra *Xanthomonas vesicatoria* (Doidge) Dowson conferiu 39,2% de proteção, evidenciada pelo aumento da atividade de POX e oxidases de polifenóis (PPO) e discreto aumento no acúmulo de lignina (CAVALCANTI et al., 2006).

Agro-Mos[®] é um elicitor biótico formulado a base de mananoligossacarídeo fosforilado derivado da parede da levedura *Saccharomyces cerevisiae* 1026 (Hansen) (OLIVEIRA et al., 2004). Quando testado para controle de podridões causadas por *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon e Maubl. e *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz e Sacc.) em frutos de manga reduziu a severidade da doença, e elevou os valores de firmeza dos frutos quando comparados com as testemunhas inoculadas (DANTAS et al., 2004). Há evidências que indicam que Agro-Mos[®] controla doenças de duas maneiras: a primeira é que o fino filme formado pelo manano-oligossacarídeo depositado sobre as folhas, hastes e frutos tem uma ação profilática impedindo a fixação do patógeno sobre os tecidos das plantas, através disso reduz as infecções e consequentemente o desenvolvimento dos sintomas da doença. O segundo e mais importante modo de ação no qual o manano-oligossacarídeo auxilia no controle de doenças provocando nas plantas uma reação não específica a patógenos estranhos (IMPROCROP, 2008).

A utilização de elicitores com objetivo de induzir resistência requer muitas vezes um custo fisiológico de adequação das plantas, podendo apresentar efeito negativo no seu desenvolvimento e na produção quando as plantas não estão infectadas (HEIL et al., 2000). Toda alocação de recursos para a defesa pode ser considerado como custo geral, porém, este custo é dividido entre defesas constitutivas e induzíveis. As plantas, de um ponto de vista evolucionário, desenvolveram um sistema de defesa latente, com a finalidade de economizar energia e substrato, que pode ser ativado com a chegada do patógeno, ao contrário da resistência constitutiva, que representa um custo real à planta, uma vez que independente da presença do patógeno, esta investe seus limitados recursos na defesa. De acordo com a hipótese de alocação de recursos, é previsto que, quando os patógenos estão presentes o investimento de defesa deve valer a pena e as plantas induzidas serem beneficiadas (COLEY et al., 1985). Desta maneira, a resistência induzida em condições naturais representará custo apenas na presença do patógeno (HEIL; BALDWIN, 2002), e, mesmo com a chegada deste, há uma compensação pelo atraso temporal na expressão de defesa, alocando recursos para este propósito somente

quando necessário (BOSTOCK, 2005). Porém, plantas que investem recursos para se defenderem na ausência de patógeno arcarão com custos que refletirão na produtividade, uma vez que, as alterações metabólicas que levam a resistência têm um custo adaptativo associado, o qual pode pesar mais do que o benefício (IRIT; FAORO, 2003).

Em condições limitantes como deficiência de nutrientes, em especial o nitrogênio, o custo fisiológico da indução pode ter seus efeitos potencializados, uma vez que o nitrogênio é um dos principais fatores limitantes ao crescimento da planta e é fortemente afetado na expressão da resistência tanto constitutiva quanto induzida (DIETRICH et al., 2004).

Na natureza as plantas são expostas a variações ambientais que a forçam a se adaptarem através de alterações na atividade transcricional de diversos genes (SUZUKI et al., 2006). Dessa maneira, o custo da indução de resistência é difícil de ser mensurado, pois seria necessário um hospedeiro suscetível no estado inteiramente não induzido (KUHN et al., 2006). Devido à dificuldade de mensurar os custos totais das defesas induzidas, pesquisadores têm determinado apenas os custos de um indutor específico entre plantas induzidas e não induzidas (PURINGTON, 2002). Divergências podem ser geradas quando se comparam espécies ou variedades de plantas (DANN et al., 1998.), bem como variações ambientais (DIETRICH et al., 2005.) Segundo Bostock (2005), variações sutis no planejamento experimental e no indutor usado, associado com a variação entre diferentes interações planta/patógeno e o uso de alta densidade de inóculo, podem também influenciar os resultados e a interpretação destes. Dessa forma, para se comparar diferentes sistemas e se extrapolar para condições naturais, deve-se considerar a concentração do elicitor, o método de aplicação, a ausência de outros elicitores que possam estar presentes em fluidos extracelulares do microorganismo desafiante, a espécie da planta hospedeira e o estágio de crescimento da mesma.

Embora o custo diretamente relacionado à expressão de genes possa ser considerado como o mais importante, é preciso lembrar que alguns metabólitos envolvidos na resistência podem ser tóxicos às plantas e a expressão constitutiva dos mesmos pode impor uma significativa carga metabólica (HEIL, 2001; HEIL; BALDWIN, 2002). Na literatura, trabalhos que explicam este fenômeno ainda são escassos. A produção de compostos como o AS, em altas concentrações, pode ser danosa ao tecido vegetal jovem, como demonstrado por Rasmussen et al. (1991) que

observaram uma correlação entre a alta concentração de AS em folhas de pepino (*Cucumis sativus* L.) em expansão e o conseqüente atrofiamento destas. Da mesma forma, espécies ativas de oxigênio (EAO), que participam do processo de morte programada de célula (LAMB; DIXON, 1997), bem como fitoalexinas (CAVALCANTI et al., 2005) apresentam efeito danoso ao tecido vegetal.

Os indutores de resistência devem ser utilizados com cautela, pois o efeito negativo na produtividade ocorre em situações em que o indutor é utilizado repetidas vezes, em doses elevadas e na ausência de patógenos. De acordo com Heil et al., (2000), plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.), não tratadas com ASM apresentaram crescimento rápido e maior peso da biomassa do que as plantas tratadas com o indutor. Isso se deve provavelmente à competição entre a produção de compostos para a resistência contra o patógeno e para o crescimento da planta.

Plantas de tomateiro tratadas com Ecolife[®] mostraram redução significativa nos índices de severidade da mancha-bacteriana, porém foi observado atraso no desenvolvimento vegetativo das plantas tratadas quando comparadas às testemunhas sadias e plantas pulverizadas com ASM. A inibição no crescimento é freqüentemente associada à influência da deposição de lignina sobre a extensibilidade da parede celular primária, afetando a elongação celular (BOUDET, 1998). Sementes de melão quando tratadas com ASM e MeJa tiveram a germinação afetada, bem como diminuição no crescimento das plântulas. Este efeito foi atribuído ao custo da transferência de processos metabólicos envolvidos no crescimento para a síntese de compostos relacionados à defesa da planta (BUZI et al., 2004).

Dietrich et al. (2005) investigaram o custo adaptativo de *Arabidopsis* em diferentes condições de fornecimento de N. Para tanto, os autores conduziram experimentos que visavam avaliar a resposta de crescimento de plantas tratadas com ASM. As plantas foram cultivadas em vasos com solo comercial, sem nitrogênio, em condições de câmara de crescimento, sendo irrigadas três vezes por semana. Uma vez por semana, os vasos recebiam 10 mL de solução contendo 1 (N1), 3 (N3), 10 (N10) e 30 (N30) g L⁻¹ de nitrato de amônio. Após 25 dias, as plantas foram submetidas duas vezes ao tratamento indutor (150 mg L⁻¹ de ASM). Foram avaliados semanalmente, o diâmetro da roseta e o peso das sementes. Os autores concluíram que plantas crescendo sob condições limitantes de N somente compensam parcialmente o crescimento, permanecendo continuamente menores do que o controle. Entretanto, as plantas que

receberam altas doses de N (N30) tiveram um crescimento compensatório maior, tornando-se significativamente maior do que o controle. Portanto, a capacidade de compensação depende das condições de crescimento e de fornecimento de nitrogênio. Uma possível explicação pode ser devido ao fato dos mecanismos de resistência serem baseados na síntese de proteínas e de enzimas envolvidas em diferentes caminhos metabólicos, o que requer uma maior demanda por nitrogênio, o qual é suprido por fontes exógenas. No contexto agrícola moderno, onde a maioria dos solos estão degradados e a concentração de nitrogênio bastante baixa, os reflexos na produtividade em função da expressão dos mecanismos de defesa podem ser detectados com maior facilidade (KUHN, 2007).

A indução de resistência é uma proposta promissora para o controle de doenças, visando à redução efetiva de agrotóxicos e constituindo-se em um método alternativo para o controle de várias doenças (VRAIN, 1999; ANWAR et al., 2003).

Diante da importância econômica do meloeiro para o Nordeste do Brasil, principal região produtora do país, e da mancha-aquosa para essa cultura, o objetivo desde trabalho foi estudar o efeito dos indutores de resistência acibenzolar-S-metil, Agro-Mos[®] e Ecolife[®]: no controle da mancha-aquosa, em diferentes épocas de aplicação e dosagens; e na fisiologia de plantas de meloeiro, avaliando-se o desenvolvimento da planta e atividade enzimática.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP - Negócio e consultoria, 2008. 502 p.

ALVARENGA, M. C. A.; RESENDE, G. M. **A cultura do melão**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 149 p.

ANWAR, S. A.; McKENRY, M. V.; KWANG-YEOL, Y.; ANDERSON, A. J. Induction of tolerance to root-knot nematode by oxycom. **Journal of Nematology**, Gainesville, v. 35, p. 306-313, 2003.

ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, S. C.; ALELUIA, J. C. N. **Custo de produção e rentabilidade do melão do submédio do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 121).

ASSIS, S. M. P.; MARIANO, R. L. R.; SILVA-HANLIN, D. M. W.; DUARTE, V. Mancha-aquosa do melão causada por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, no Estado do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 191, 1999.

BACH, E. E.; BARROS, B. C.; KIMATI, H. Induced resistance against *Bipolaris bicolor*, *Bipolaris sorokiniana* e *Drechslera tritici-repentis* in wheat leaves by xanthan gum and heat-inactivated conidial suspension. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 151, p. 411-418, 2003.

BALDWIN, I. T. Jasmonate-induced responses are costly but benefit plants under attack in native population. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, Washington, v. 95, p. 8113-8118, 1998.

BAYSAL, Ö.; SOYLU, E. M.; SOYLU, S. Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* spp. *michiganensis*. **Plant Pathology**, Berlim, v. 52, n. 6, p. 747-753, 2003.

BÉCOT, S.; PAJOT, E.; LE CORRE, D.; MONOT, C.; SILUÉ, D. Fitogard® (K₂HPO₃) induces localized resistance in cauliflower to downy mildew of crucifers. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 417-425, 2000.

BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. Benzothiadiazole-mediated induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomato. **Plant Physiology**, Rockville, v.118, p.1203-1212, 1998.

BESSER, K.; JAROSH, B.; LANGEN, G.; KOGEL, K. H. Analysis of gene induced in barley after chemical activation reveals distinct disease resistance pathways. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 1, p. 277-286, 2000.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. (Eds.). **Indução de Resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 11-28.

BOSTOCK, R. M. Signal crosstalk and induced resistance: straddling the line between cost and benefit. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 42, p. 545-580, 2005.

BOUDET, A. M. A new view of lignification. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 3, p. 67-71. 1998.

BOYLE, C.; WALTERS, D. R. Sacharin-induced protection against powdery mildew in barley: effect on plant growth and phenylpropanoid metabolism. **Plant Pathology**, London, v. 54, p. 1-10, 2005.

BROWNLEADER, M. D.; AHMED, N.; TREVAN, M.; CHAPLIN, M. F.; DEY, P. M. Purification and partial characterization of tomato extensin peroxidase. **Plant Physiology**, Rockville, v. 109, p. 1115-1123, 1995.

BUAINAIM, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. 102 p. (Agronegócios; v. 7).

BURDMAN, S.; KOTS, N.; KRITZMAN, G.; KOPELOWITZ, J. Molecular, physiological, and host-range characterization of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* isolates from watermelon and melon in Israel. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, n. 12, p. 1339-1347, 2005.

BUZI, A.; CHILOSI, G.; DE SILLO, D.; MAGRO, P. Induction of resistance in melon to *Didymella bryoniae* and *Sclerotinia sclerotiorum* by seed treatments with acibenzolar-S-methyl and methyl jasmonate but not with salicylic acid. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 152, p. 34-42, 2004.

CASTRO, O. L.; BACH, E. E. Increased production of β -1,3-glucanase and protein in *Bipolaris sorokiniana* pathosystem treated using commercial xanthan gum. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 42, p. 165-169, 2004.

CAVALCANTI, L. S.; BRUNELLI, K. R.; STANGARLIN, J. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**, Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 81-124.

CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; ZACARONI, A. B.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; COSTA, J. C. B.; SOUZA, R. M. Acibenzolar-S-metil e Ecolife[®] na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 372-380, 2006.

CAVALCANTI, M. T.; SILVEIRA, E. B.; MARIANO, L. R. M.; VIANA, I. O. Crescimento de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* sob diferentes temperaturas, pH, concentrações de cloreto de sódio e fontes de carbono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1313-1318, 2005.

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* sp. **Phytopathology**, St. Paul, v. 84, p. 236-242, 1994.

CIPOLLINI, D. F. Does competition magnify the fitness costs of induced responses in *Arabidopsis thaliana*? A manipulative approach. **Oecologia**, Berlin, v. 131, p. 514-520, 2002.

COHEN, Y.; GISI, U.; MÖSINGER, E. Systemic resistance of potato plants against *Phytophthora infestans* induced by unsaturated fatty acids. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 38, p. 255-263, 1991.

COLEY, P. D.; BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, Washington, v. 30, p. 895-899, 1985.

CONSTABEL, C. P.; BERGEY, D. R.; RYAN, C. A. Systemin activates synthesis of wound-inducible tomato leaf polyphenol oxidase via the octadecanoid defense signaling pathway. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, Washington, v. 92, p. 407-411, 1995.

COQUOZ, J. L.; BUCHALA, A. J.; MEUWLY, P.; MÉTRAUX, J. P. Arachidonic acid treatment of potato plants induces local synthesis of salicylic acid and confers systemic resistance to *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, p. 1219-1224, 1995.

COSTA, N. D.; GRACEIRO, L. V.; FARIA, C. M. B.; TAVARES, S. C. C. H.; ALENCAR, J. A.; ARAÚJO, J. L. P. **A cultura do melão**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2001. 117p. (Coleção Plantar -série vermelha - Fruteiras).

DANN, E.; DIERS, B.; BYRUM, J.; HAMMERSCHMIDT, R. Effect of treating soybean with 2,6-dicloroisonicotinic acid (INA) and benzothiadiazole (BTH) on seeds yields and the level caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in field and greenhouse studies. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 104, p. 271-278, 1998.

DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C.; OLIVEIRA, S. M.; COELHO, R. S. B. SILVA, R. L. X. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 314-319, 2004.

DATAFRUTA. **Exportação brasileira de frutas frescas**. Comparativo das exportações brasileiras de frutas frescas, 2005. Disponível em: <<http://www.famato.org.br/>>. Acesso em: 08 jan. 2009.

DIAS, R. C. S.; COSTA, N. D.; CERDAN, C.; SILVA, P. C. G.; QUEIROZ, M. A.; ZUZA, F.; KEITE, L. A. S.; PESSOA, P. F. A. P.; TERRAO, D. A. Cadeia produtiva do melão no Nordeste. In: CASTRO, A. M. G. et al. (Eds.). **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecções tecnológicas**. Brasília: SPI, 1998. p. 440-493.

DIETRICH, R.; PLOSS, K.; HEIL, M. Constitutive and induced resistance to pathogens in *Arabidopsis thaliana* depends on nitrogen supply. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 27, n. 7, p. 896-906, 2004.

DIETRICH, R.; PLOSS, K.; HEIL, M. Growth responses and fitness cost after induction of pathogen resistance depend on environmental condition. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 28, p. 211-222, 2005.

EVERDEEN, D. S.; KIEFER, S.; WILLARD, J. J.; MULDOON, E. P.; DEY, P. M.; LI, X. B.; LAMPORT, T. A. Enzymic cross-linkage of monomeric extensin precursors *in vitro*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 87, p. 616-621, 1988.

FAO – FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT**. Agricultural statistics database. Rome: World Agricultural Information Centre, 2005. Disponível em: <<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl>>. Acesso em: 04 jan. 2009.

FRANKLE, W. G.; HOPKINS, D. L.; STALL, R. E. Ingress of watermelon fruit blotch bacterium into fruit. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 11, p. 1090-1092, 1993.

FRY, S. C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, Stanford, v. 37, p. 165-186, 1986.

GOMES JUNIOR, J.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; COSTA, F. B.; SOUZA, P. A. Qualidade pós-colheita de melão tipo cantaloupe, colhido em dois estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 50-55, 2001.

GONZÁLES, A. I.; POLANCO, C.; RUIZ, M. L. Protein pattern changes induced by culture filtrate of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) explants cultured *in vitro*. **Agronomie**, Paris, v. 20, p. 673-682, 2000.

HEIJARI, J.; NERG, A. M.; KAINULAINEN, P.; VIIRI, H.; VOURINEN, M.; HOLOPAINEN, J. K. Application of methyl jasmonate reduces growth but increases chemical defence and resistance against *Hylobius arietis* in Scots pine seedlings. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 115, p. 117-124, 2005.

HEIL, M. The ecological concept of cost of induced systemic resistance (ISR). **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, p. 137-146, 2001.

HEIL, M.; BALDWIN, I. T. Fitness costs of induced resistance: emerging experimental support for a slippery concept. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 7, n. 2, p. 61-67, 2002.

HEIL, M.; BOSTOCK, R. M. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defenses. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, p. 503-512, 2002.

HEIL, M.; HILPERT, A.; KAISER, W.; LINSENMAIR, K. E. Reduced growth and seed set following chemical induction of pathogen defence: does systemic acquired resistance (SAR) incur allocation cost? **Journal of Ecology**, Oxford, v. 88, p. 645-654, 2000.

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; ITO, H.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidases. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 42, n. 5, p. 462-468, 2001.

HOPKINS, D. L. Field spread of bacterial fruit blotch of watermelon. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 4, p. 466, 1993.

HOPKINS, D. L.; CUCUZZA, J. D.; WATERWON, J. C. Wet seed treatments for the control of bacterial fruit blotch of watermelon. **Plant Disease**, St. Paul, v. 80, n. 5, p. 529-532, 1996.

HOPKINS, D. L.; STALL, R. E.; LATIN, R.; RUSHING, J.; COOK, W. P.; KEINATH, A. P. B. **Bacterial fruit blotch of watermelon**. Florida: American Sunmelon, 1992. 2p. (Bulletin).

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; ITO, H.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidases. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 42, n. 5, p. 462-468, 2001.

IMPROCROP. **Soluções naturais para agricultura moderna**. 2008. Disponível em: http://www.improcrop.com/improcrop/pt/produtos_especial_agro_mos.cfm . Acesso em: 16 jun. 2008.

IRIT, M.; FAORO, F. Does benzothiadiazole-induced resistance increase fitness cost in bean? **Journal of Plant Pathology**, Bari, v. 85, n. 4 (special issue), p. 265-270, 2003.

ISAKEIT, T. **Bacterial fruit blotch in watermelon**. Texas: The Agricultural Extension Service - USA, 1999. Disponível em: <<http://www.cygnus.tamu.edu/extlabn/vegetables/wmelon.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

KESSLER, A.; BALDWUIN, I. T. Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analyses. **Annual Treview of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 229-328, 2002.

KHANAM, N. N.; KIHARA, J.; HONDA, Y.; TSUKAMOTO, T.; ARASE, S. Studies on red light-induced resistance of broad bean to *Botrytis cinerea*: I. Possible production of suppressor and elicitor by germinating spores of pathogen. **Journal of General Plant Pathology**, Sapporo, v. 71, p. 285-288, 2005.

KIM, Y. C.; BLEE, K. A.; ROBINS, J.; ANDERSON, A. J. Oxicom™ under field and laboratory conditions increases resistance responses in plants. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, p. 129-136, 2001.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção.** 2007. 140f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; CARDOSO FILHO, J. A.; PORTZ, R. L.; OSSWALD, W. Indução de resistência sistêmica em plantas: aspectos gerais, efeitos na produção e sobre microrganismos não-alvo. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 14, p. 251-302, 2006.

LAMB, C.; DIXON, R. A. The oxidative burst in plant disease resistance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 4, p. 251-275, 1997.

LATIN, R. X. Survival and spread of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in watermelon transplant production facilities. **Citrus & Vegetable Magazine**, Illinois, p. 3-4, 1997.

LATUNDE-DADA, A. O.; LUCAS, J. A. The plant defense activator acibenzolar-S-methyl primes cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) seedlings for rapid induction of resistance. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 58, p. 199-208, 2001.

LESSL, J. T.; FESSEHAIE, A.; WALCOTT, R. R. Colonization of female watermelon blossoms by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* and the relationship between blossom inoculum dosage and seed infestation. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 155, p. 114-121, 2007.

LIU, H.; JIANG, W.; BI, Y.; LUO, Y. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 35, p. 263-269, 2005.

MACAGNAN, D.; ROMEIRO, R. S.; MENDONÇA, H. L.; BARRETO, R. W. Mancha bacteriana da melancia: uma nova doença no estado de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 29, n. 3, p. 286-287, 2003 (Resumo).

MADI, L.; KATAN, J. *Penicillium janczewskii* and its metabolites, applied to leaves, elicit systemic acquired resistance to stem rot caused by *Rhizoctonia solani*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 53, p. 163-175, 1998.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **BION® 500 WG**. Registrado MAPA sob nº. 05801. 16 de maio de 2008. Disponível em: https://www.extrapratica.com.br/BR_Docs/Portuguese/Instructions/12.pdf . Acesso em: 16 jun. 2008.

MARIANO, R. L. R.; SILVA, V. A.; SILVA, A. M. F.; MEDEIROS, F. H. V.; VIANA, I. O. Ocorrência da mancha-aquosa do melão na Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, suplemento, p. S147-148, 2004. (Resumo).

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B. Mancha-aquosa: importante bacteriose do meloeiro no Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 1, p. 79-88, 2004.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; OLIVEIRA, I. S.; NASCIMENTO, A. R. P. Diagnose e manejo de fitobacterioses de importância no Nordeste brasileiro. In: MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. (Eds.). **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: UFRPE, p. 141-169, 2001.

MAYER, A. M.; HAREL, E. Polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry**, Oxford, v. 18, p. 193-215, 1979.

MEDEIROS, F. H. V.; MORAES, I. S. F.; MARIANO, R. L. R. Utilização de sementes para o controle da mancha-aquosa do melão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, suplemento, p. S64, 2002. (Resumo).

MEDEIROS, F. H. V., SILVA NETO, E. B., MARIANO, R. L. R.; VIANA, I. O. Proteção de plantas de melão contra *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* mediada por *Bacillus* spp. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, suplemento, p. S368, 2003. (Resumo).

MELO, A. M. T.; NAGAI, H.; TRANI, P. E. Melão: *Cucumis melo*. In: FAHL, J. I.; DE CAMARGO, M. B. P.; PIZZINATO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T.; DeMARIA, I.C.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6. ed. Campinas: Instituto Agronômico, p. 219-221, 1998 (IAC. Boletim 200).

MOHAMMADI, M.; KAZEMI, H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidases activities in susceptible and resistance wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. **Plant Science**, Amsterdam, v. 162, p. 491-498, 2002.

MONOT, C.; PAJOT, E.; LE CORRE, D.; SILUÉ, D. Induction of systemic resistance in broccoli (*Brassica oleracea* var *botrytis*) against downy mildew (*Peronospora parasitica*) by avirulent isolates. **Biological Control**, Orlando, v. 24, p. 75-81, 2002.

MORAES, I. S. F.; MEDEIROS, F. H. V.; MARIANO, R. L. R.; VIANA, I. Proteção de plantas de melão contra *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* mediada por *Bacillus* spp. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, suplemento, p. S65-66, 2002. (Resumo).

MOTOYAMA, M. M.; SCHWAN-ESTRADA, F. K. R.; STANGARLIN, J. R.; FIORITUTIDA, A. C. G.; SCAPIM, C. A. Indução de fitoalexinas em soja e em sorgo e efeito fungitóxico de extratos cítricos sobre *Colletotrichum lagenarium* e *Fusarium smitectum*. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, p. 491-496, 2003.

NASCIMENTO, M. T. A.; SALES JUNIOR, R.; NUNES, G. S.; AMARO FILHO, J.; MASCARENHAS, R. S.; PEREIRA, E. N. L. Eficácia de Acibenzolar-S-metil como indutor de resistência a fitopatógenos em meloeiro tipo Pele de sapo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, suplemento, p. 339, 2003. (Resumo).

O'BRIEN, R. G.; MARTIN, A. L. Bacterial blotch of melons caused by strains of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 39, n. 4, p. 479-485, 1999.

OKOT-KOTBER, M.; LIAVOGA, A.; YONG, K. J.; BAGOROGOZA, K. Activation of polyphenol oxidase in extracts of bran from several wheat (*Triticum aestivum*) cultivars using organic solvents, detergents, and chaotropes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 2410-2417, 2002.

OLIVEIRA, A. **Colonização de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em meloeiro e sobrevivência em restos de cultura e no solo**. 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

OLIVEIRA, A.; SANTOS, M. H. M.; SILVEIRA, E. B.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R. Biocontrole da mancha-aquosa do melão pelo tratamento de sementes com bactérias epifíticas e endofíticas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 373-377, 2006.

OLIVEIRA, I. S.; SALES JÚNIOR, R.; MARIANO, R. L. R. *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*: método de isolamento e transmissão por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, suplemento, p. 302, 2001.

OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F.; GURGEL, L. M. S. Indução de resistência em doenças pós-colheita em frutas e hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 12, p. 343-371, 2004.

OOSTENDORP, M.; KUNZ, W.; DIETRICH, B.; STAUB, T. Induced disease resistance in plants by chemicals. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, n. 1, p. 19-28, 2001.

PEREIRA, E. W. L. **Eficiência de Acibenzolar-S-methyl no controle da *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* e efeito na qualidade de frutos de melão**. 2005. 50f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró-RN.

PUPIN, F.; CABRAL, L. Melão Brasileiro conquista mais espaço na Europa. **Anuário Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n. 64, p. 22-23, 2007.

PURINGTON, C. B. Cost of resistance. **Currente opinion oh Plant Biology**, London, v. 3, p. 305- 308, 2002

QUINABRA LTDA. **Ecolife^{40®}**: estimulando as plantas a produzirem suas próprias defesas. São José dos Campos: Quinabra Ltda, 2006. 14 p. (Boletim técnico).

RANE, K. K.; LATIN, R. X. Bacterial fruit blotch of watermelon: Association of the pathogen with seed. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, p. 509-512. 1992.

RASMUSSEN, J. B.; HAMMERSCHMIDT, R.; ZOOK, M. N. Systemic induction of salicylic acid accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* **Plant Physiology**, Rockville, v. 97, p. 1342-1347, 1991.

REUVENI, R.; DOR, G.; RAVIN, M.; REUVENI, M.; TUZUN, S. Systemic resistance against *Sphaeroteca fuliginea* in cucumber plants exposed to phosphate in hydroponics system, and its control by foliar spray of mono-potassium phosphate. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 355-361, 2000.

ROBBS, C. F.; RODRIGUES NETO, J.; BERIAN, L. O. S. Podridões de frutos de melão em pós-colheita causadas por bactérias no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 195, 1992.

RUSHING, J. W.; COOK, W. P.; KEINATH, A. P. Postharvest behavior of watermelon fruit blotch. In: HOPKINS, D.; STALL, R. E.; LATIN, R.; RUSHING, J. W.; COOK, W. P.; KEINATH, A. P. Bacterial fruit blotch of watermelon. Tampa: **Citrus & Vegetable Magazine**, p. 5-6, 1997.

RYALS, J.; NEUENSCHWANDER, U.; WILLITS, M.; MOLINA, A.; STEINER, H.Y.; HUNT, M. Systemic acquired resistance. **Plant Cell**, Baltimore, v. 8, p. 1809-1819, 1996.

SANTOS, A. A; VIANA, F. M. **Mancha-aquosa do melão**. Fortaleza: EMBRAPA – SPI, 2000. 2 p.

SALES JÚNIOR, R.; ALVES, F. M. L.; MENDES, A. M. S.; FERREIRA, H. A. Utilização de indutores de resistência no controle do oídio em meloeiro. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n.4, p. 267-271, 2005a.

SALES JÚNIOR, R.; DANTAS, F. F; SALVIANO, A. M.; NUNES, G. H. S. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal-RN. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 286-289, 2006.

SALES JÚNIOR, R.; MENEZES, J. B. **Mapeamento das doenças fúngicas, bacterianas e viróticas do cultivo do melão no Estado do RN**. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 2001. 25 p. (Relatório Técnico).

SALES JÚNIOR, R.; NUNES, G. H. S.; PEREIRA, E. W. L.; NASCIMENTO, M. T. A.; FREITAS, L. S.; AMARO FILHO, J. Controle da mancha-aquosa do melão mediante a utilização de Acibenzolar-S-Methyl. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, suplemento, p. S369, 2003. (Resumo).

SALES JÚNIOR, R.; NUNES, G. H. S.; PEREIRA, E. W. L.; NASCIMENTO, I. J. B.; NASCIMENTO, M. T. A.; FREITAS, L. S.; AMARO FILHO, J. Utilização de Acibenzolar-S-Methyl como indutor de resistência em meloeiro a *Acidovorax avenae*

subsp. *citrulli*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, suplemento, p. 369, 2003. (Palestra).

SALES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, I. S.; MARIANO, R. L. M.; SILVA, G. F.; NUNES, G. H. S. Efeito de kasugamicina e oxicloreto de cobre no controle da mancha-aquosa do melão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 295-298. 2005b.

SALES JÚNIOR, R.; PONTES FILHO, F. S. T.; NUNES, G. H. S.; TORRES, G.R.C. Eficiência de Acibenzolar-S-metil e Oxicloreto de cobre no controle de *Acidovorax avenae* subsp. *citrullii*, agente causal da mancha-aquosa no meloeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 7, n. 1, p. 66-70, 2007.

SANTOS, E. R. **Controle biológico da mancha-aquosa do melão causada por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli***. 2007. 60f. Dissertação (Mestrado em Micologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

SATHIYABAMA, M.; BALASUBRAMANIAN, R. Chitosan induces resistance components in *Arachis hypogaea* against leaf rust caused by *Puccinia arachidis* Speg. **Crop Protection**, Guildford, v. 17, p.307-313, 1998.

SCHAAD, N. W.; JONES, J. B.; CHUN, W. **Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria**. 3 ed. St. Paul: APS Press, 2000. 373p.

SCHAAD, N. W.; SOWELL JR., G.; GOTH, R. W.; COLWELL, R. R.; WEBB, R. E. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* subsp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Ottawa, v. 28, p. 117-125, 1978.

SEAGRI – Secretaria da Agricultura e Pecuária. **Custos de produção e análise de rentabilidade de melão**. 2006. Disponível em: <<http://www.seagri.ce.gov.br/siga/cproducao/Melao.pdf>>. Acesso em: 17/01/2009.

SECEX/DATAFRUTA-IBRAF, 2005. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br> Acesso em: 05 de janeiro de 2008.

SILVA, E. I.; MARIANO, R. L. R.; SALES JUNIOR, R.; OLIVEIRA, I. S. Levantamento da incidência da mancha-aquosa do melão no Rio Grande do Norte e determinação do tamanho das amostras para quantificação da doença. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 2, p. 172-176, 2003.

SILVA NETO, E. B.; MEDEIROS, F. H. V.; MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B. Controle químico da mancha-aquosa do melão pelo tratamento de sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, suplemento, p. 340, 2003. (Resumo).

SILVA NETO, E. B.; SILVEIRA, E. B.; MARIANO, R. L. R.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Colonização e penetração de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em folhas, sementes e frutos de melão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, suplemento, p. 54, 2006.

SILVEIRA, E. B.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Severidade da mancha-aquosa em meloeiro sob diferentes condições de molhamento foliar e concentração de inóculo de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 171-175, 2003.

SMITH, C. J. Accumulation of phytoalexins: defense mechanisms and stimulus response system. **New Phytologist**, London, v. 132, p. 1-45, 1996.

SOBRINHO, C. A.; FERREIRA, P. T.; CAVALCANTI, L. S. Indutores abióticos. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 51-80.

SOMODI, G. C.; JONES, J. B.; HOPKINS, D. L.; STALL, R. E.; KUCHARREK, T. A.; HODGE, N. C.; WATERSON, J. C. Occurrence of a bacterial watermelon fruit blotch in Florida. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, n. 10, p. 1053-1056, 1991.

SOWELL, G.; SCHAAD, N. W. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* on watermelon: seed transmission and resistance of plant introductions. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 63, p. 437-441, 1979.

STADNICK, M. J.; BETTIOL, W. Controle biológico de oídios. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Controle Biológico**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. v. 2, p. 95-116.

STADNICK, M. J.; BUCHENAUER, H. Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase suppresses the resistance induced by benzothiadiazole in wheat to *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Minneapolis, v. 57, n. 1, p. 25-34, 2000.

STANGARLIN, J. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; NOZAKI, M. H. Plantas medicinais e o controle alternativo de fitopatógenos. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 2, p. 16-21, 1999.

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

SUZUKI, K.; NISHIUCHI, T.; NAKAYAMA, Y.; ITO, M.; SHINSHI, H. Elicitor-induced down-regulation of cell cycle-related gene in tobacco cells. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 183- 191, 2006.

TAVARES, S. H. Direto pro lixo. **Cultivar: Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 2, n. 13, p. 27-30, 2002.

THALER, J. S.; STOUT, M. J.; KARBAN, R.; DUFFEY, S. S. Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivore. **Ecological Entomology**, London, v. 26, p. 312-324, 2001.

UENO, B.; COUTO, M. E. O.; UESUGI, C. H. Ocorrência de mancha-aquosa em melão no estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, suplemento, p. S246, 2003. (Resumo).

VANCE, C. P.; KIRK, T. K.; SHERWOOD, R. T. Lignification as a mechanism of disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 18, p. 259-288, 1980.

VAN LOON, L. C. Induced resistance in plus the role of pathogenesis-related proteins. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 103, n. 9, p. 753-765, 1997.

VAN LOON, L. C.; VAN STRIEN, E. A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 55, p. 85-97, 1999.

VAUGHN, K. C.; DUKE, S. O. Function of polyphenol oxidase in higher plants. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 60, p. 106-112, 1984.

VAUGHN, K. C.; LAX, A. R.; DUKE, S. O. Polyphenol oxidase: the chloroplast oxidase with no established function. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 72, p. 659-665, 1988.

VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O.; LOPES, C. A. **Surto da mancha-aquosa em frutos de melão nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte**: recomendações preliminares de controle. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 50).

VISWANATHAN, R.; SAMIYAPPAN, R. Induced systemic resistance by fluorescent pseudomonads against red rot disease of sugarcane caused by *Colletotrichum falcatum*. **Crop Protection**, Guildford, v. 21, p. 1-10, 2002.

VRAIN, T.C. Engineering natural and synthetic resistance for nematode management. **Journal of Nematology**, Gainsville, v. 31, p. 424-436, 1999.

WALCOTT, R. R.; GITAITIS, R. D.; CASTRO, A. C. Role blossoms in watermelon seed infestation by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, n. 5, p. 528-534, 2003.

WALCOTT, R.R.; LANGSTON, D.; GITAITIS, R. D.; GAY, D.; HOPKINS, D. L.; KUCHARAK, T. A.; LATIN, R.; EGGEL, D.; COOK, W. P.; KEINATH, A. P.; LOVIC, B. **Guidelines for managing bacterial fruit blotch disease**. Georgia, USA, 2001. Disponível em: <<http://www.stalals.com/flyer.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

ZAVALA, J. A.; PAANKAR, A. G.; GASE, K.; BALDWIN, I. T. Constitutive and inducible trypsin proteinase inhibitor production incurs large fitness costs in *Nicotiana attenuate*. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, Washington, v. 101, p. 1607- 1612, 2004.

ZIMMERLI, L.; JAKAB, G.; MÉTRAUX, J. P.; MAUCH-MANI, B. Potentiation of pathogen-specific defense mechanisms in *Arabidopsis* by β -aminobutyric acid. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, Washington, v. 97, p. 12912-12925, 2000.

Capítulo II

Efeito de indutores de resistência no controle da mancha-aquosa e na fisiologia do meloeiro

1 EFEITO DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA MANCHA- 2 AQUOSA E NA FISIOLOGIA DO MELOEIRO

3
4 Cléidio da Paz Cabral¹, Marco Aurélio Siqueira da Gama¹, Elizabeth Rodrigues Alexandre¹,
5 Rosa de Lima Ramos Mariano¹ & Elineide Barbosa da Silveira²

6
7 ¹Departamento de Agronomia/Fitossanidade; ²Departamento de Biologia/Microbiologia;
8 Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, 52171-030, Recife, PE.

9
10 Autor para correspondência: Elineide B. Silveira, e-mail: elineidebs@yahoo.com.br

11 12 RESUMO

13 Foi estudado o efeito de indutores de resistência no controle da mancha-aquosa em
14 meloeiros Amarelo (AF4945) e Pele de Sapo (Nilo), em diferentes épocas de aplicação (10 e
15 15 dias após a emergência das plântulas) e dosagens (acibenzolar-S-metil – ASM - 25; 50 e
16 75 mg i.a. L⁻¹; Agro-Mos[®] - 0,5; 1,0 e 1,5 p.c. L⁻¹; Ecolife[®] - 2; 3 e 4 mL p.c. L⁻¹); e na
17 fisiologia da planta em solo com ou sem NPK, avaliando-se altura (AL), biomassa fresca e
18 seca da parte aérea (BFPA, BSPA), e atividade enzimática. A melhor época para aplicação
19 dos indutores foi dez dias após a emergência das plântulas. Considerando os dois genótipos,
20 ASM (50 mg i.a. L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹) elevaram o período de incubação em até 12,6
21 e 8 dias e reduziram a incidência da doença em 87,5 e 60%; índice de doença em 95,7 e 88%;
22 e área abaixo da curva de progresso da doença em 93,7 e 74,5%, respectivamente. Esses dois
23 indutores, independente do nível de NPK, reduziram a AL, BFPA e/ou BSPA em até 24,5;
24 41,4 e 34,2%, respectivamente. Apenas a atividade de peroxidase foi detectada aos 5, 10 e 45
25 dias após a aplicação dos indutores.

26 **Palavras-chave:** *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Cucumis melo*, indutores de resistência,
27 custo fisiológico, atividade enzimática

28 29 ABSTRACT

30 Effect of resistance inducers on bacterial fruit blotch control and melon plant physiology

31 It was studied the effect of resistance inducers for controlling bacterial fruit blotch in
32 ‘yellow’ melon (AF4945) and ‘Pele de Sapo’ (Nilo), evaluating different application periods
33 (10 and 15 days after plant emergency), inducer dosages (acibenzolar-S-metil- ASM – 25; 50
34 and 75 mg a.i. L⁻¹; Agro-Mos[®] - 0.5; 1.0 and 1.5 c.p. L⁻¹; Ecolife[®] - 2; 3 and 4 mL c.p. L⁻¹)

35 and plant physiology in soil supplemented or not with NPK observing plant height, fresh and
36 dry shoot biomass and enzymatic activity. The best period for inducers application was 10
37 days after plant emergency. For both genotypes, ASM (50 mg a.i. L⁻¹) and Ecolife[®] (3 mL
38 c.p. L⁻¹) increased incubation period until 12 and 8 days; and reduced disease incidence by
39 87.5 and 60%; disease index by 95.7 and 88%; and area under disease progress curve by 93.7
40 and 74.5%. The two inducers independent of NPK level reduced plant height, fresh and dry
41 shoot biomass until 24.5; 41.4 and 34.2%, respectively. Only the peroxidase activity was
42 detected at 5, 10 and 45 days after inducer application.

43 **Keywords:** *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Cucumis melo*, Inducers of resistance,
44 physiological cost, enzymatic activity

45

46 INTRODUÇÃO

47

48 A mancha-aquosa causada pela bactéria *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Schaad *et*
49 *al.*) Willems *et al.* é uma importante doença para a cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.),
50 ocasionando grandes perdas na produção e depreciação do valor comercial do fruto, a qual
51 pode ser de até 100% em períodos chuvosos (Sales Júnior & Menezes, 2001). Não se dispõe
52 até o momento de medidas efetivas de controle dessa doença no Brasil o que torna
53 imprescindível à realização de pesquisas que visem à obtenção de métodos alternativos de
54 controle.

55 No contexto da proteção de plantas, a resistência induzida pode ser visualizada como
56 uma das medidas de controle alternativo. Ela envolve a ativação de genes de defesas inativos
57 existentes nas plantas em resposta ao tratamento com agentes indutores. Entre os indutores
58 bióticos estão os microrganismos antagonistas tais como leveduras, bactérias, isolados
59 microbianos não patogênicos e produtos comerciais como Agro-Mos[®] (mananoligossacarídeo
60 fosforilado derivado da parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae* 1026 Hansen).
61 Entre os abióticos estão produtos sintéticos como acibenzolar-S-metil (ácido benzo-1,2,3-
62 triadiazole-7-carbotiótico éster S-metil) ou naturais, a exemplo do Ecolife[®] (originado de
63 biomassa cítrica, ou formulação aquosa heterogênea contendo polifenóis, flavonóides,
64 fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos) (Sticher *et al.*, 1997; Guzzo, 2004; Cavalcanti *et al.*,
65 2006).

66 Compostos de defesa da planta estão envolvidos na indução de resistência, sendo
67 verificado nas plantas, por exemplo, acúmulo de proteínas relacionadas à patogênese (PR-
68 proteínas), como peroxidases, quitinases e β -1,3-glucanases (Baysal *et al.*, 2003) e de enzimas

69 envolvidas na rota dos fenilpropanóides, como a fenilalanina amônia-liase e polifenoloxidase
70 (Thaler *et al.*, 2001). No entanto, a utilização de indutores nem sempre resulta em benefícios
71 na produção, visto que a ativação de resistência demanda custo de energia por parte da planta
72 sob condições em que não seria necessário, como na ausência do patógeno (Dietrich *et al.*,
73 2005; Walters *et al.*, 2005).

74 O controle da mancha-aquosa em meloeiro no Brasil utilizando indutores, foi
75 investigado por Nascimento *et al.* (2003) e Sales Junior *et al.* (2007) que relataram a
76 eficiência do acibenzolar-S-metil (1g 20L⁻¹ de água) em campo, no controle da doença e
77 aumento da produtividade das cultivares Gold Mine e Pele de Sapo. No entanto, indutores de
78 resistência precisam ser testados para a mancha-aquosa levando em consideração também o
79 efeito na fisiologia na planta.

80 Diante da importância econômica do meloeiro para o Nordeste do Brasil, principal
81 região produtora do país, e da mancha-aquosa para essa cultura, o objetivo deste trabalho foi
82 estudar o efeito de indutores de resistência no controle da mancha-aquosa, em diferentes
83 épocas de aplicação e dosagens; e na fisiologia do meloeiro, avaliando-se o desenvolvimento
84 da planta e atividade enzimática.

85

86

87

MATERIAL E MÉTODOS

88

89 **Efeito de indutores de resistência no controle da mancha-aquosa**

90 **Épocas de aplicação dos indutores** - As sementes de melão tipo Amarelo (híbrido AF4945) e
91 Pele de Sapo (híbrido Nilo) foram semeadas em vasos plásticos com capacidade de 2,8 L,
92 contendo solo esterilizado com brometo de metila (Bromex[®]) e substrato Tropstrato[®] (3:1 v:v)
93 mantendo-se uma planta por vaso. As plantas foram submetidas aos tratamentos com os
94 indutores químicos acibenzolar-S-metil (ASM) e Ecolife[®].

95 Os indutores foram aplicados através de pulverização, até o ponto de escorrimento, em
96 duas épocas diferentes: aos 10 e 15 dias após a emergência das plântulas, nas dosagens de 25
97 mg i.a. L⁻¹ (ASM), 1 mL p.c. L⁻¹ (Agro-Mos[®]) e 2 mL p.c. L⁻¹ (Ecolife[®]). A inoculação de *A.*
98 *avenae* subsp. *citrulli*, isolado Aac1 pertencente a Coleção de Culturas do Laboratório de
99 Fitobacteriologia da UFRPE, foi realizada aos 20 dias após a emergência das plântulas (10 ou
100 5 dias após aplicação dos indutores), também por meio de pulverização, com suspensão em
101 água destilada esterilizada adicionada de Tween 80 a 0,05% na concentração de 3,4 x 10⁷
102 UFC mL⁻¹. Plantas não induzidas e inoculadas com o patógeno foram utilizadas como

103 testemunha. Antes e após a inoculação as plantas foram submetidas à câmara úmida por um
104 período de 48 horas. O delineamento experimental para cada genótipo de meloeiro foi
105 inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (duas épocas de aplicação e três indutores
106 mais testemunha), com cinco repetições, sendo a unidade experimental constituída por cinco
107 folhas da planta.

108

109 **Dosagens dos indutores-** Foram testadas diferentes dosagens dos indutores, sendo utilizados
110 os seguintes tratamentos: 1) Testemunha; 2) ASM 25 mg i.a. L⁻¹; 3) ASM 50 mg i.a. L⁻¹; 4)
111 ASM 75 mg i.a. L⁻¹; 5) Agro-Mos[®] 0,5 mL p.c. L⁻¹; 6) Agro-Mos[®] 1 mL p.c. L⁻¹; 7) Agro-
112 Mos[®] 1,5 mL p.c. L⁻¹; 8) Ecolife[®] 2 mL p.c. L⁻¹; 9) Ecolife[®] 3 mL p.c. L⁻¹; e 10) Ecolife[®] 4
113 mL p.c. L⁻¹. Os produtos foram aplicados aos 10 dias após a emergência das plântulas, e o
114 patógeno 10 dias após a indução, como especificado no experimento anterior. O delineamento
115 experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo a unidade
116 experimental constituída por duas folhas da planta.

117 Nos dois experimentos as avaliações foram realizadas a intervalos de quatro dias,
118 contados a partir da inoculação até 20 dias após, determinando-se: a) período de incubação
119 (PI), obtido pelo número de dias entre a inoculação e o surgimento dos sintomas da doença;
120 b) incidência (INC) da mancha-aquosa, determinada pela porcentagem de plantas infectadas
121 em relação ao total de plantas inoculadas; c) índice de doença (IDO), aos 40 dias após a
122 emergência, calculado de acordo com Mckinney (1923), pela fórmula $IDO = \frac{\sum (\text{grau da escala} \times \text{freqüência})}{\text{total de unidades} \times \text{grau máximo da escala}}$, utilizando os dados
123 da severidade da doença, estimada com o auxílio de escala descritiva variando de 1 a 5, na
124 qual 0 = plântulas sem sintomas, 1 = plântulas com lesões cobrindo até 25% de uma ou
125 ambas folhas cotiledonares e hipocótilo sem sintomas, 2 = plântulas com lesões cobrindo
126 26% a 50% de uma ou ambas folhas cotiledonares e hipocótilo sem sintomas, 3 = plântulas
127 com lesões cobrindo 51% a 75% de uma ou ambas folhas cotiledonares e hipocótilo sem
128 sintomas, 4 = plântulas com lesões cobrindo 76% a 100% de uma ou ambas folhas
129 cotiledonares e hipocótilo sem sintomas e 5 = necrose total do hipocótilo, tombamento e
130 morte da plântula (Araújo *et al.*, 2005); e d) a área abaixo da curva de progresso da doença
131 (AACPD), calculada de acordo com Shaner & Finney (1977), pela fórmula: $AACPD = \sum (y_i + y_{i+1})/2 \cdot d_{ti}$, onde y_i e y_{i+1} são os valores de severidade observados em duas avaliações
132 consecutivas e d_{ti} o intervalo entre as avaliações.

135

136 **Efeito dos indutores na fisiologia do meloeiro**

137 **Desenvolvimento da planta** - As sementes de melão tipo Amarelo (híbrido AF4945) e Pele de
138 Sapo (híbrido Nilo) foram semeadas em vasos contendo solos com e sem suplementação de
139 NPK. No solo apresentando: pH - 5,4; P - 11 (mg (dm³)⁻¹); Na⁺ - 0,03 (cmol_c (dm³)⁻¹); K⁺ -
140 0,06 (cmol_c (dm³)⁻¹); Ca⁺² + Mg⁺² - 1,20 (cmol_c (dm³)⁻¹); Ca⁺² - 0,75 (cmol_c (dm³)⁻¹); Al⁺³ -
141 0,25 (cmol_c (dm³)⁻¹); H + AL- 5,5 (cmol_c (dm³)⁻¹); N - 0,05 dag kg⁻¹; C.O. - 12,97 g kg⁻¹;
142 M.O. - 12,97 g kg⁻¹, foi realizada suplementação mineral com os macronutrientes N (sulfato
143 de amônio) - 200 (mg (dm³)⁻¹); P₂O₅ (superfosfato triplo) - 250 (mg (dm³)⁻¹); e K₂O (cloreto
144 de potássio) - 150 (mg (dm³)⁻¹), de acordo com Nascimento *et al.* (2006) e conforme as
145 exigências nutricionais da cultura do meloeiro. Os indutores avaliados foram ASM e Ecolife[®]
146 nas dosagens 50 mg i.a. L⁻¹ e 3 mL p.c. L⁻¹, respectivamente. O delineamento experimental
147 foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 3 (dois tipos de solo e dois indutores mais
148 testemunha pulverizada com água), com cinco repetições, sendo a unidade experimental
149 constituída por uma planta.

150 Aos 45 dias após a emergência, as plantas foram avaliadas quanto à altura (AP) e
151 biomassa fresca (BFPA) e seca (BSPA) da parte aérea. A AP foi medida da superfície do solo
152 até o ponto mais alto da planta, a BFPA foi quantificada após a retirada das plantas dos vasos,
153 separando o sistema radicular da parte aérea na região de transição entre a raiz e o colo da
154 planta, e a BSPA foi determinada após as plantas serem colocadas em sacos de papel e
155 submetidas à secagem em estufa a 37°C, até peso constante.

156

157 **Atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase** - em outro experimento, plantas de
158 meloeiro submetidas aos mesmos tratamentos descritos no teste anterior foram analisadas
159 bioquimicamente para determinação da atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase.
160 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 3 (dois tipos
161 de solo e dois indutores mais testemunha pulverizada com água), com cinco repetições para
162 cada época de coleta, sendo a unidade experimental constituída por uma planta. Para cada
163 repetição dos tratamentos foram realizadas três repetições analíticas.

164 As amostras de folhas foram coletadas aos 5, 10 e 45 dias após a aplicação dos
165 indutores, acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo e transportadas imediatamente
166 ao laboratório para processamento. De cada repetição, as folhas foram fragmentadas e
167 homogeneizadas e destas, foram macerados 2,0 g com o auxílio de nitrogênio líquido,
168 adicionando 1% de polivinilpirrolidone (PVP) e 4,0 mL de tampão acetato de sódio (0,1 M,
169 pH 5,0), contendo 1 mM de EDTA. Os extratos protéicos foram congelados em freezer a -
170 20°C durante 12 horas e, após esse período, centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos a 4°C,

171 sendo o sobrenadante obtido considerado como extrato enzimático e transferido para tubos de
172 Eppendorf e armazenados no freezer a -20°C (Dann & Deverall, 2000). O teor de proteínas
173 totais foi determinado de acordo com o método colorimétrico descrito por Bradford (1976). A
174 análise da atividade da peroxidase (EC 1.11.1.7) foi realizada conforme protocolo descrito por
175 Dann & Deverall (2000), enquanto que a da polifenoloxidase (EC 1.14.18.1) foi obtida de
176 acordo com Campos *et al.* (2004).

177 Os resultados foram expressos em atividade específica ($\text{U mg proteína}^{-1}$), a qual foi
178 calculada dividindo-se a unidade de atividade (U mL^{-1}) pelo teor de proteína (mg proteína
179 mL^{-1}). Uma unidade de medida foi definida como a quantidade de enzima que causou um
180 aumento de 0,001 unidade de absorvância por minuto por $\text{mg de proteína mL}^{-1}$ da mistura.

181

182 **Análises Estatísticas**

183 Todos os experimentos foram repetidos uma vez e como apresentaram resultados
184 similares, foram analisados como repetição no tempo. Os dados obtidos para cada genótipo
185 foram submetidos separadamente à análise de variância para comparação das médias pelo
186 teste de Duncan ou Teste de T, utilizando o programa SAEG[®] 9.0 (Sistema de Análises
187 Estatísticas e Genéticas, Universidade Federal de Viçosa – MG, 2003).

188

189

RESULTADOS E DISCUSSÃO

190

191 **Efeito de indutores de resistência no controle da mancha-aquosa**

192 Os indutores ASM, Ecolife[®] e Agro-Mos[®], independente da época de aplicação, foram
193 eficientes no controle da mancha-aquosa, diferindo significativamente ($P \leq 0,05$) da
194 testemunha pelo teste de Duncan, tanto no meloeiro Amarelo quanto no Pele de Sapo,
195 diminuindo o IDO e AACPD (dados não apresentados). No entanto, a análise de variância
196 não mostrou significância ($P \leq 0,05$) para a interação tratamentos x épocas de aplicação,
197 indicando que o efeito dos indutores pode ser obtido pela pulverização das plântulas de
198 meloeiro tanto aos 10 quanto aos 15 dias após a emergência. É possível que a resistência em
199 meloeiro seja ativada rapidamente até pelo menos 10 dias antes da chegada do patógeno,
200 como verificado, não sendo observadas diferenças em relação às épocas. Nascimento *et al.*
201 (2003), testando a aplicação de ASM em meloeiro tipo Pele de Sapo a intervalos de 7 e 14
202 dias, a partir dos 15 dias do plantio, num total de 8 e 4 aplicações respectivamente, obtiveram
203 controle da mancha-aquosa com redução de perdas superior a 10 t ha^{-1} , independente da
204 época e número de aplicações.

205 O Teste de T demonstrou que a aplicação de ASM e Ecolife[®] em meloeiro tipo
206 Amarelo aos dez dias após a emergência das plântulas proporcionou diferenças significativas
207 ($P \leq 0,05$) em relação à aplicação aos 15 dias, em todas as variáveis analisadas. Diferenças
208 significativas em meloeiro tipo Pele de Sapo foram apenas observadas no PI e IDO quando o
209 Ecolife[®] foi aplicado aos dez dias (dados não apresentados). Esse período foi selecionado
210 para utilização nos testes posteriores.

211 Os indutores nas diferentes dosagens diferiram significativamente ($P \leq 0,05$) da
212 testemunha em relação ao PI, INC, IDO e AACPD, com exceção do Ecolife[®] nas dosagens 2
213 e 4 mL p.c. L⁻¹ em relação a INC no meloeiro Pele de Sapo (Tabela 1). Mesmo apresentando
214 bons resultados no controle da mancha-aquosa, o produto Agro-Mos[®] causou fitotoxidez às
215 plantas de meloeiro em todas as dosagens testadas. Desta forma, foram selecionados para os
216 experimentos posteriores por apresentaram a maior eficiência no controle da mancha-aquosa
217 nos dois genótipos o ASM na dosagem de 50 mg i.a. L⁻¹ e o Ecolife[®] na dosagem de 3 mL
218 p.c. L⁻¹. Em meloeiro Amarelo, respectivamente para ASM e Ecolife[®], foram verificados
219 aumentos do PI de 12 e 6,7 dias e reduções de INC de 77,5 e 35%; IDO de 93,2 e 77,8%; e
220 AACPD de 87,7 e 69,2%. No meloeiro Pele de Sapo os valores obtidos foram: PI de 12,6 e 8
221 dias, INC de 87,5 e 60%, IDO de 95,7 e 88% e AACPD de 93,7 e 74,5%.

222 Existem poucos trabalhos com ASM no patossistema meloeiro/*A. avenae* subsp.
223 *citrulli*, mas a eficiência desse produto também tem sido verificada em meloeiro em outras
224 interações. No entanto, não existem muitos estudos testando Ecolife[®] contra doenças
225 bacterianas e nenhum foi encontrado com o patossistema em estudo. Em trabalho de campo,
226 Sales Júnior *et al.* (2007) verificaram redução da incidência da mancha-aquosa em meloeiro
227 Gold Mine quando se utilizou ASM nas concentrações de 25 g ha⁻¹ e 50 g ha⁻¹. Em meloeiro
228 Pele de Sapo, também foi obtido controle da mancha-aquosa por Silva *et al.* (2002) e
229 Nascimento *et al.* (2003). Aplicações de ASM em 50 e 100 µg mL⁻¹ resultou em proteção
230 completa em melões contra *Colletotrichum lagenarium* (Pass.) Ell. and Halst. (Smith-Becker
231 *et al.*, 1998). Também com ASM aplicações em pré-colheita em melões induziram resistência
232 sistêmica na folhagem e assim diminuiu o inóculo dos patógenos *Alternaria*, *Fusarium* e
233 *Trichothecium*, sendo mais eficiente no controle da podridão-de-fusário (Huang *et al.*, 2000).
234 Sales Júnior *et al.* (2005), observaram que os menores índices de infecção de oídio em
235 meloeiros tipo Pele de Sapo cv. Sancho (Roger's) foram obtidos nas plantas tratadas com
236 ASM nas dosagens de 1 e 2g 20L⁻¹ de água quando comparados aos tratamentos com
237 Ecolife[®] e Agro-Mos[®], independente da época de aplicação. Ecolife[®] pulverizado em plantas

238 de tomate contra *Xanthomonas vesicatoria* (Doidge) Dowson conferiu 39,2% de proteção
239 (Cavalcanti *et al.*, 2006).

240

241 **Efeito de indutores na fisiologia do meloeiro**

242 Os dados analisados dos atributos de desenvolvimento do meloeiro e atividade
243 enzimática consistem em efeitos dos indutores ASM e Ecolife[®] na ausência do patógeno, uma
244 vez que, o objetivo deste trabalho foi avaliar o custo adaptativo da resistência induzida até o
245 momento da chegada deste.

246 Houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre solo suplementado ou não com NPK e
247 indutores apenas em meloeiro tipo Pele de Sapo em relação à altura da planta (Tabela 2),
248 sendo observada redução nessa variável nas plantas tratadas com ASM nos dois tipos de solo
249 e com Ecolife[®] no solo com NPK. As plantas no solo sem suplementação de NPK
250 apresentaram uma redução significativa nessa variável em relação ao solo com mais NPK nos
251 tratamentos testemunha e ASM, contudo, a maior redução na altura (23%) foi nas plantas
252 tratadas com ASM no solo com NPK. Discordando dos resultados aqui obtidos, Dietrich *et al.*
253 (2005), trabalhando com *Arabidopsis* L. induzida por ASM (150 mg i.a. L⁻¹), observaram
254 redução no crescimento em função da diminuição da concentração de nitrogênio e da água
255 disponíveis. Em condições limitantes como a deficiência de nutrientes, em especial o
256 nitrogênio, o custo fisiológico da indução pode ter seus efeitos potencializados, uma vez que o
257 nitrogênio é um dos principais fatores limitantes do crescimento da planta e é fortemente
258 afetado na expressão da resistência tanto constitutiva quanto induzida (Dietrich *et al.*, 2004).
259 No presente trabalho possivelmente não ocorreu este fato, uma vez que o teor de NPK já
260 existente no solo foi adequado, não potencializando o custo fisiológico da indução de
261 resistência pelo incremento deste.

262 Entre os tratamentos com os indutores e as testemunhas houve diferença significativa
263 ($P \leq 0,05$), independente do nível de NPK no substrato, para as variáveis AP, BFPA e BSPA
264 (Tabela 2). As plantas de meloeiro Amarelo tratadas com ASM apresentaram redução na AP e
265 BFPA de 24,5 e 41,4%, respectivamente, e com Ecolife[®] na BFPA de 17,3%. Entretanto, em
266 Pele de Sapo os dois indutores reduziram a BFPA e BSPA em 26,7 e 22% (Ecolife[®]) e 34,2 e
267 24,2% (ASM). Sementes de melão tratadas com ASM e ácido metil jasmônico tiveram a
268 germinação afetada, assim como houve diminuição no crescimento das plântulas. Este efeito
269 foi atribuído ao custo da transferência de processos metabólicos envolvidos no crescimento
270 para a síntese de compostos relacionados à defesa da planta (Buzi *et al.*, 2004). Em plantas de

271 trigo (*Triticum aestivum* L.) tratadas com ASM na ausência de doença, foi observada uma
272 redução no crescimento e biomassa da planta (Heil *et al.*, 2000). Boudet (1998) verificou que
273 plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratadas com Ecolife[®] mostraram redução
274 significativa nos índices de severidade da mancha-bacteriana, porém, apresentaram um atraso
275 no desenvolvimento vegetativo comparadas às testemunhas saudas.

276 Os resultados obtidos revelaram que tanto o ASM quanto o Ecolife[®] afetaram o
277 desenvolvimento das plantas de meloeiro. Portanto, para que seja viável a utilização desses
278 indutores num programa de manejo integrado da mancha-aquosa em meloeiro é necessário
279 que o custo da indução seja compensado pela diminuição da intensidade da doença obtida
280 pela indução de resistência, uma vez que esses produtos foram eficientes no controle da
281 mancha-aquosa apresentando alto nível de redução (Tabela 1). Nesse sentido, em trabalho de
282 campo, Silva *et al.* (2002) observaram que em parcelas onde foi aplicado ASM (1g 20 L⁻¹ de
283 água) houve uma maior produtividade em relação à testemunha, quase o dobro, portanto os
284 custos financeiros com a utilização do produto foram compensados pela produtividade obtida.
285 Sales Junior *et al.* (2007) testando o ASM (25 g ha⁻¹ e 50 g ha⁻¹) no campo nas cultivares
286 Gold Mine e Pele de Sapo também obtiveram eficiência no controle da doença e aumento da
287 produtividade.

288 Não foram verificadas interações significativas ($P \leq 0,05$) entre atividade enzimática e
289 solo suplementado ou não com NPK. A atividade de peroxidase foi expressa de forma
290 constitutiva pela planta, uma vez que estava presente na testemunha, mas também de forma
291 induzida, pois foi aumentada significativamente ($P \leq 0,05$) pela presença de ASM (50 mg i.a.
292 L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹), tanto no meloeiro tipo Amarelo quanto no Pele de Sapo, sendo
293 detectada aos 5, 10 e 45 dias após a aplicação dos indutores (Figura 1). No entanto, os
294 tratamentos mostraram tendência a diminuir a atividade de peroxidase em função do tempo de
295 avaliação. A detecção dessa enzima, mesmo que em menor concentração, em plantas com 45
296 dias é importante para o mecanismo de defesa da planta a *A. avenae* subsp. *citrulli*, haja vista
297 que nesta fase a doença pode estar sendo disseminada de folhas doentes pra folhas saudas,
298 aumentando assim o potencial de inóculo para os frutos.

299 Vários trabalhos evidenciam o aumento da atividade de enzimas pela aplicação de
300 indutores em plantas. Em plântulas de meloeiro tratadas com ASM foram observados
301 aumentos na atividade das PR-proteínas peroxidase e quitinase, as quais estariam
302 correlacionados com aumento na resistência a *D. bryoniae* e *S. sclerotiorum* (Buzi *et al.*,
303 2004). Kuhn (2007) verificou que em plantas de feijoeiro o uso do ASM alterou o
304 metabolismo da planta, sendo a indução associada a aumentos na atividade da peroxidase,

305 quitinase e β -1,3-glucanase, proteases, aumento da síntese de ligninas e aumento no teor de
306 proteínas solúveis e açúcares redutores. Ecolife[®] em plantas de tomateiro induziu o aumento
307 da atividade de peroxidases, polifenóis e acúmulo de lignina, protegendo contra o ataque de
308 *X. vesicatoria* (Cavalcanti *et al.*, 2006).

309 A atividade de polifenoloxidase foi detectada apenas nas plantas de meloeiro tipo Pele
310 de Sapo 5 dias após a aplicação dos indutores, diferindo significativamente ($P \leq 0,05$) da
311 testemunha apenas o ASM. Resultados negativos de produção dessa enzima foram verificados
312 em outros patossistemas. Na ausência do patógeno *Xanthomonas phaseoli* (*ex* Smith) Gabriel
313 plantas de feijoeiro tratadas com ASM também não alteraram a atividade de polifenoloxidase
314 ao longo do ciclo da cultura, independente do número de aplicações do indutor (Kuhn, 2007).

315 ASM (50 mg i.a. L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹) mesmo tento afetado o
316 desenvolvimento de plantas de meloeiro, apresentaram redução significativa da intensidade da
317 mancha-aquosa tanto em meloeiro tipo Amarelo quanto Pele de Sapo, podendo ser inseridos
318 no manejo integrado da mancha-aquosa.

319

320

AGRADECIMENTOS

321

322 Os autores agradecem ao CNPq e FACEPE pela concessão de auxílio financeiro (APQ
323 0350-5.01/06) e bolsas de Produtividade em Pesquisa.

324

325

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

326

327 Araújo DV, Mariano RLR, Michereff SJ (2005) Métodos de inoculação de *Acidovorax*
328 *avenae* subsp. *citrulli* em melão. Summa Phytopathologica 31:66-70.

329

330 Baysal Ö, Soyly EM, Soyly S (2003) Induction of defence-related enzymes and resistance by
331 the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused
332 by *Clavibacter michiganensis* spp. *michiganensis*. Plant Pathology 52:747-753.

333

334 Boudet AM (1998) A new view of lignification. Trends in Plant Science 3:67-71.

335

336 Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram
337 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry
338 72:248-254.

339

340 Buzi A, Chilosi G, de Sillo D, Magro P (2004) Induction of resistance in melon to *Didymella*
341 *bryoniae* and *Sclerotinia sclerotiorum* by seed treatments with acibenzolar-Smethyl and
342 methyl jasmonate but not with salicylic acid. Journal of Phytopathology 152:34-42.

343

344 Campos AD, Ferreira AG, Hampe MMV, Antunes IF, Brancão N, Silveira EP, Osório VA,
345 Augustin E (2004) Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão a
346 antracnose. Pesquisa Agropecuária Brasileira 39:637-643.

347

348 Cavalcanti FR, Resende MLV, Zacaroni AB, Ribeiro Junior PM, Costa JCB, Souza RM
349 (2006) Acibenzolar-S-metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra
350 a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). Fitopatologia Brasileira 31:372-380.

351

352 Dann EK, Deverall BJ (2000) Activation of systemic disease resistance in pea by a virulent
353 bacterium or a benzothiadiazole, but not by a fungal leaf spot pathogen. Plant Pathology
354 49:324-332.

355

356 Dietrich R, Ploss K, Heil M (2004) Constitutive and induced resistance to pathogens in
357 *Arabidopsis thaliana* depends on nitrogen supply. Plant, Cell and Environment 27:896-906.

358

359 Dietrich R, Ploss K, Heil M (2005) Growth responses and fitness cost after induction of
360 pathogen resistance depend on environmental condition. Plant, Cell and Environment 28:211-
361 222.

362

363 Guzzo SD (2004) Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência sistêmica adquirida em
364 cafeeiro contra *Hemileia vastatrix*. Tese de Doutorado. Piracicaba SP. Universidade de São
365 Paulo.

366

367 Heil M, Hilpert A, Kaiser W, Linsenmair KE (2000) Reduced growth and seed set following
368 chemical induction of pathogen defence: does systemic acquired resistance (SAR) incur
369 allocation cost? Journal of Ecology 88:645-654.

370

- 371 Huang Y, Deverall BJ, Tang WH, Wang W, Wu FW (2000) Foliar application of acibenzolar-
372 S-methyl and protection of postharvest Rock melons and Hami melons from disease.
373 European Journal of Plant Pathology 106:651-656.
374
- 375 Kuhn OJ (2007) Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar- S-
376 metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e
377 produção. Tese de Doutorado. Piracicaba SP. Escola Superior de Agricultura “Luiz de
378 Queiroz”, Universidade de São Paulo.
379
- 380 Mckinney RH (1923) Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat
381 seedlings by *Helminthosporium sativum*. Journal of Agricultural Research 26:195-218.
382
- 383 Nascimento CWA, Amarasiriwardena D, Xing B (2006) Comparison of natural organic acids
384 and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal
385 contaminated soil. Environmental Pollution 140:114-123.
386
- 387 Nascimento MTA, Sales Júnior R, Nunes GHS, Amaro Filho J, Mascarenhas, RS, Pereira
388 EWL (2003) Eficácia de Acibenzolar-S-methyl como indutor de resistência a fitopatógenos
389 em meloeiro tipo pele de sapo. Fitopatologia Brasileira 28:339.
390
- 391 Sales Júnior R, Alves FML, Mendes MAS, Ferreira HA (2005) Utilização de indutores de
392 resistência no controle do oídio em meloeiro. Caatinga 18:267-271.
393
- 394 Sales Júnior R, Menezes JB (2001) Mapeamento das doenças fúngicas, bacterianas e viróticas
395 do cultivo do melão no Estado do RN. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró
396 (Relatório Técnico).
397
- 398 Sales Júnior R, Pontes Filho FST, Nunes GHS, Torres GRC (2007) Eficiência de
399 Acibenzolar-S-metil e Oxiclóreto de cobre no controle de *Acidovorax avenae* subsp. *citrullii*,
400 agente causal da mancha-aquosa no meloeiro. Revista de Biologia e Ciências da Terra 7:66-
401 70.
402
- 403 Shaner G, Finney RE (1977) The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-
404 mildewing resistance in knox wheat. Phytopathology 67:1051-1056.

405

406 Silva EC, Sales Júnior R, Maracajá PB, Silva GF, Costa FM, Marinho REM (2002) Utilização
407 de indutor de resistência à mancha-aquosa em plantas de meloeiro. *Caatinga* 15:39-42.

408

409 Smith-Becker J, Marois E, Huguet EJ, Midland SI, Sims JJ, Keen NT (1998) Accumulation
410 of salicylic acid and 4-hydroxybenzoic acid in phloem fluids of cucumber during systemic
411 acquired resistance is preceded by a transient increase in phenylalanine ammonia-lyase
412 activity in petioles and stems. *Plant Physiology* 116:231-238.

413

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

416

417 Thaler JS, Stout MJ, Karban R, Duffey SS (2001) Jasmonate-mediated induced plant
418 resistance affects a community of herbivore. *Ecological Entomology* 26: 312-324.

419

420 Walters D, Walsh D, Newton A, Lyon G (2005) Induced resistance for plant disease control:
421 maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology* 95(12):1368-1373.

422

423 **TABELA 1** - Efeito de diferentes dosagens de acibenzolar-S-metil (ASM), Ecolife[®] e Agro-Mos[®] no controle da
 424 mancha-aquosa em meloeiro tipo Amarelo (híbrido AF4945) e tipo Pele de Sapo (híbrido Nilo), avaliado por
 425 componentes epidemiológicos, em casa de vegetação
 426

Tratamento ¹	Período de incubação ²		Incidência da doença		Índice de doença		Área abaixo da curva de	
	PI (dias)		INC (%)		IDO		progresso da doença	
	Amarelo	Pele de Sapo	Amarelo	Pele de Sapo	Amarelo	Pele de Sapo	Amarelo	Pele de Sapo
Testemunha	3,85 d ³	3,85 e	100,00 a	100,00 a	11,70 a	11,70 a	5,69 a	5,69 a
ASM 25 mg.i.a. L ⁻¹	12,45 ab	13,20 ab	35,00 de	37,50 d	1,50 de	1,50 ef	1,39 de	0,99 fg
ASM 50 mg.i.a. L ⁻¹	15,85 a	16,45 a	22,50 e	12,50 e	0,80 e	0,50 f	0,70 e	0,36 g
ASM 75 mg.i.a. L ⁻¹	12,78 ab	12,62 bc	40,00 cd	40,00 d	2,20 cde	2,10 de	1,47 de	1,28 ef
Agro-Mos [®] 0,5 mL.p.c. L ⁻¹	9,05 bc	12,02 bc	67,50 b	47,50 cd	4,20 bc	2,60 cde	3,06 b	1,69 cdef
Agro-Mos [®] 1 mL.p.c. L ⁻¹	10,52 bc	9,90 c	50,00 bcd	65,00 bc	2,86 bcd	3,20 cd	2,94 bc	2,22 cde
Agro-Mos [®] 1,5 mL.p.c. L ⁻¹	9,85 bc	9,70 c	57,50 bc	57,50 cd	3,60 bc	3,80 cd	2,30 bcd	2,38 bcd
Ecolife [®] 2 mL.p.c. L ⁻¹	8,40 c	6,62 d	70,00 b	87,50 ab	4,90 b	4,20 bc	2,95 bc	2,76 bc
Ecolife [®] 3 mL.p.c. L ⁻¹	10,52 bc	11,88 bc	65,00 b	40,00 d	2,60 bcd	1,40 ef	1,75 cd	1,45 def
Ecolife [®] 4 mL.p.c. L ⁻¹	7,95 c	6,58 d	72,50 b	85,00 ab	4,50 b	6,00 b	2,71 bc	3,46 b
CV. %	18,13	15,31	24,39	25,57	24,48	22,13	17,58	17,32

427 ¹ Meloeiros tratados com os indutores e inoculados com *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* aos 10 e 20 dias após
 428 emergência das plântulas, respectivamente;

429 ² PI - obtido pelo número de dias entre a inoculação e o surgimento dos sintomas da doença; INC - determinada
 430 pela porcentagem de plantas infectadas em relação ao total de plantas inoculadas; IDO - aos 40 dias após a
 431 emergência, calculado de acordo com McKinney (1923); AACPD- calculada de acordo com Shaner & Finney
 432 (1977);

433 ³ Média de 10 repetições. Dados transformados segundo $\sqrt{x + 1}$. Médias seguidas da mesma letra na coluna não
 434 diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449 **TABELA 2-** Efeito de indutores de resistência no desenvolvimento de plantas de meloeiro tipo Amarelo
 450 (híbrido AF4945) e tipo Pele de Sapo (híbrido Nilo) com 45 dias, em casa de vegetação
 451

Tratamento ¹	Altura da planta- AP (cm)			Biomassa fresca parte aérea - BFPA (g)		Biomassa seca parte aérea - BSPA (g)	
	Amarelo	Pele de Sapo		Amarelo	Pele de Sapo	Amarelo	Pele de Sapo
		NPK+ ²	NPK-				
Testemunha	144,70 ³ a ⁵	177,40 ⁴ aA	135,20 aB	20,96 a	28,05 a	1,27 a	1,86 a
Ecolife [®] 3 mLp.c. L ⁻¹	131,10 a	148,80 bA	135,40 aA	17,33 b	20,56 b	1,13 a	1,45 b
Acibenzolar-S-Metil (ASM) 50 mg.i.a. L ⁻¹	109,20 b	136,60 bA	112,80 bB	12,29 b	18,47 b	0,80 a	1,41 b
CV. %	8,01	8,14		15,16	26,13	9,87	26,79

452 ¹ Indutores aplicados 10 dias após a emergência das plântulas;

453 ² Solo com (NPK+) e sem (NPK-) suplementação de NPK: N - 200 mg dm⁻³ (sulfato de amônio); P₂O₅ - 250 mg
 454 dm⁻³ (superfosfato triplo); e K₂O: 150 mg dm⁻³ (cloreto de potássio);

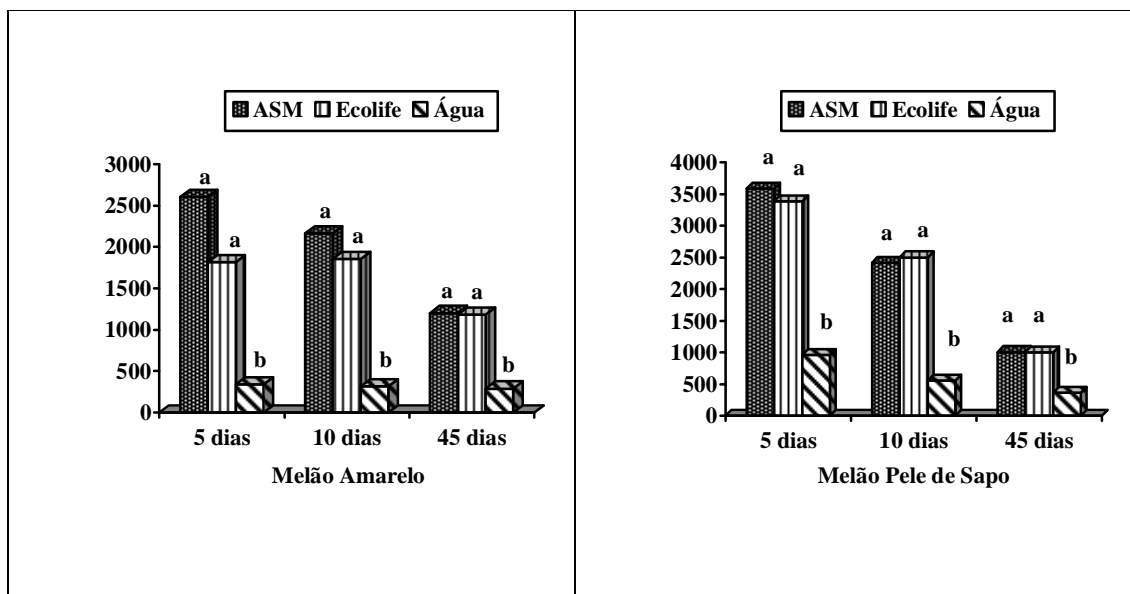
455 ³ Média de 20 repetições. Dados de meloeiro tipo Amarelo, transformados segundo $\sqrt{x + 0,5}$;

456 ⁴ Médias de 10 repetições;

457 ⁵ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente
 458 entre si pelo teste de Duncan (P≤0,05).

459

460



461

462 **FIG. 2** - Efeito do acibenzolar-S-metil (ASM) (50 mg.i.a. L⁻¹) e Ecolife® (3 mLp.c. L⁻¹) na atividade enzimática
 463 da peroxidase (U mg proteína⁻¹) aos 5, 10 e 45 dias após a aplicação dos produtos em casa de vegetação.
 464 [Médias de 20 repetições. Dados transformados segundo log x + 0,5. Médias seguidas da mesma letra em cada
 465 dia de avaliação não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (P≤0,05)].

466

467

468

469

470

471

472

473

Conclusões Gerais



CONCLUSÕES GERAIS

1 – A melhor época para aplicação dos indutores acibenzolar-S-metil e Ecolife[®] foi dez dias após a emergência das plântulas;

2- As dosagens 50 mg i.a. L⁻¹ de acibenzolar-S-metil e 3 mL p.c. L⁻¹ de Ecolife[®] foram as mais eficientes no controle da mancha-aquosa em meloeiro tipo Amarelo (híbrido AF4945) e Pele de Sapo (híbrido Nilo);

3- Agro-Mos[®] nas dosagens 0,5; 1,0 e 1,5 p.c. L⁻¹ causou fitotoxidez nas plantas de meloeiro;

4 - Acibenzolar-S-metil (50 mg i.a. L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹) afetaram o desenvolvimento das plantas de meloeiro;

5- A atividade de peroxidase foi expressa de forma constitutiva pelas plantas de meloeiro, mas também de forma induzida pelo tratamento com os indutores acibenzolar-S-metil (50 mg i.a. L⁻¹) e Ecolife[®] (3 mL p.c. L⁻¹).