



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL  
DE PERNAMBUCO**  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM FITOPATOLOGIA**

**Dissertação de Mestrado**

**LEVEDURAS E SILÍCIO NO MANEJO DA  
MANCHA AQUOSA EM MELOEIRO**

**Claudeana Souza da Conceição**

**Recife-PE  
Julho-2013**

**CLAUDEANA SOUZA DA CONCEIÇÃO**

**LEVEDURAS E SILÍCO NO MANEJO 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 título de Mestre em Fitopatologia.

**Recife-PE**

**Julho-2013**

# **Leveduras e silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro**

**CLAUDEANA SOUZA DA CONCEIÇÃO**

## **COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elineide Barbosa de Souza – Orientadora**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosa de Lima Ramos Mariano – Co-orientadora**

**Recife-PE**

**Julho-2013**

Ficha catalográfica

C744L Conceição, Claudeana Souza da  
Leveduras e silício no manejo da mancha aquosa em  
meloeiro / Claudeana Souza da Conceição. – Recife, 2013.  
58 f. : il.

Orientadora: Elineide Barbosa de Souza.  
Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,  
Recife, 2013.

Referências.

1. *Acidovorax citrulli* 2. *Cucumis melo* 3. Indução de  
resistência 4. Biocontrole I. Souza, Elineide Barbosa de,  
orientadora II. Título

CDD 632

# **Leveduras e silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro**

**CLAUDEANA SOUZA DA CONCEIÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em 30 de Julho de 2013.

**ORIENTADORA:**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elineide Barbosa de Souza**

**EXAMINADORES:**

---

---

---

**RECIFE-PE  
Julho-2013**

*“A imaginação sonha, as metas dirigem, o entusiasmo impulsiona, mas só a perseverança produz os resultados.”*

I Timóteo 1:20

*Aos meus queridos irmãos, Clauderson Leandro e Clauberson Leonardo da Conceição, a minha querida tia Maria Lúcia de Leão, e aos amigos e familiares, pelo apoio, incentivo, amor e compreensão em todos os momentos.*

## **OFEREÇO**

*Aos amores da minha vida, meus pais Cléo Santana e Maria Cláudia da Conceição, pelo exemplo de vida, caráter, dedicação e amor, meu eterno agradecimento.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e força suprema, por estar comigo na alegria e na tristeza, na saúde e na doença durante mais esta caminhada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela formação acadêmica oferecida, por todo acolhimento e estrutura cedida para estudos, pesquisas e demais atividades, e pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação.

Às Professoras Dra. Elineide Barbosa de Souza e Dra. Rosa de Lima Ramos Mariano, pelo empenho, atenção, dedicação, amizade, orientação acadêmica e valiosos ensinamentos, que muito contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Aos professores que compõem o Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da UFRPE, pelos ensinamentos transmitidos com seriedade e compromisso.

Ao Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE) por todos os serviços prestados e estrutura cedida para as pesquisas, em especial à Gabriela Vasconcelos por toda a ajuda.

A Central de Laboratórios de Garanhuns (Cenlag) por todo acolhimento e estrutura cedida para as pesquisas, à Dra. Érika Valente, Krystal Notaro, Jamilly Barros, Jessica Moraes e Alana Soares pela valiosa colaboração e disponibilidade durante a execução de parte deste trabalho.

A Coordenação de Apoio e Pesquisa (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Meu enorme agradecimento a toda equipe que compõe o Laboratório de Fitobacteriologia (LAFIBAC), Agnes Barros, Adriano Márcio, CHRISTTIANNO ROLLEMBERG, Elias Silva, Francisco Conrado Queiroz, EDILAINE MELO, Gabriela Albuquerque, Greecy Mirian, Jéssica Rodrigues, KÁTIA FELIX, Liliana Santos, Luciana Omena, Marcos Araújo, Marco Aurélio, Meridiana Lima, MIRTIS MIDIARAM, Myrzânia Guerra, Tássia Camila, Walkiria Silva e Willams Oliveira, pelo companheirismo e valiosa ajuda durante a execução deste trabalho.

Aos amigos, Adriana Melo, Agna Rodrigues, Aldenir Alves, Antonio Neto, Kamila Correia, Elizabeth Rodrigues, Hailson Alves, Jacirleide Oliveira, Janaína Oliveira, Kamila Correia, Luiz Gustavo Melo, Mariote Netto, Matheus Silva, Mayumi Inokuti, Susan Tsuji, Waléria Guerreiro, Willie Anderson, Wilson Júnior e minha imensa gratidão, pelo companheirismo de todos os momentos dessa trajetória, amizade e toda força recebida.

À Dyana Tenório pela amizade, ajuda nas avaliações e abrigo em sua residência.

À Darcy Martins e Romildo Angeiras, pela amizade e presteza, ao longo do curso.

Ao Sr. Luis Coelho (Lula) e ao Sr. Luiz Silva, pela atenção, conselhos e disposição ao me ajudarem na casa de vegetação. Obrigada pela força e amizade!

A minha família Pará-Pernambucana, Moara Bandeira, Jackeline Figueira e Michelle Pantoja, obrigada pelo carinho, paciência e motivação em todos os sentidos.

Finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, participaram de todos os momentos vividos nessa jornada, minha eterna gratidão.



## SUMÁRIO

<b>Resumo geral</b> .....	<b>x</b>
<b>General abstract</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>12</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>13</b>
A cultura do meloeiro .....	13
A mancha aquosa do meloeiro .....	14
Biocontrole com leveduras .....	18
Silício no controle de doenças de plantas .....	20
<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>34</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>35</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>36</b>
<b>Material e métodos</b> .....	<b>37</b>
Patógeno e leveduras antagonistas .....	37
Fontes de silício e formas de aplicação.....	38
Efeito combinado de leveduras e silicato de cálcio na proteção de plântulas e plantas de meloeiro .....	39
Efeito combinado de leveduras e silicato de potássio na proteção de plântulas e plantas de meloeiro .....	40
Compatibilidade in vitro de leveduras e silicato de potássio .....	41
Durabilidade da proteção do meloeiro .....	41
Indução de respostas de defesas bioquímicas .....	42
Análises estatísticas .....	43
<b>Resultados</b> .....	<b>43</b>
Análises químicas do substrato.....	43
Efeito combinado de leveduras e silicato de cálcio na proteção de plântulas e plantas de meloeiro .....	43
Efeito combinado de leveduras e silicato de potássio na proteção de plântulas e plantas de meloeiro .....	44
Compatibilidade in vitro de leveduras e silicato de potássio .....	44
Durabilidade da proteção do meloeiro .....	44
Indução de respostas de defesas bioquímicas .....	45
<b>Discussão</b> .....	<b>45</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>49</b>
<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>49</b>
<b>Conclusões gerais</b> .....	<b>58</b>

## RESUMO GERAL

O efeito combinado de leveduras antagonistas (*Rhodotorula aurantiaca* LMA1, *R. glutinis* LMS e *Pichia anomala* CC-2) e silício (Si) foi avaliado em relação ao controle da mancha aquosa (*Acidovorax citrulli*) pela proteção de plântulas e plantas; e analisados possíveis mecanismos de ação envolvidos no controle. A incorporação de 1,41g Si kg<sup>-1</sup> (silicato de cálcio) ao substrato e pulverização foliar com as leveduras (1,5 x 10<sup>7</sup> cels mL<sup>-1</sup>), assim como a pulverização com 17 mM Si (silicato de potássio) e leveduras, em combinação ou isoladamente, reduziram a severidade da doença, protegendo plântulas e plantas. As plantas foram inoculadas com *A. citrulli* por pulverização (3,4 x 10<sup>7</sup> UFC mL<sup>-1</sup>), 24 h após os tratamentos. No entanto, não foi verificado efeito aditivo ou sinérgico das combinações. A pulverização de LMA1+Si e LMA1 proporcionou os maiores níveis de controle da mancha aquosa em plantas, sendo superior ao acibenzolar-S-methyl. LMA1 e Si pulverizados em combinação ou não, protegeram as plantas de meloeiro da infecção por *A. citrulli* por 29 dias. Aumentos nos níveis das enzimas PFO pela pulverização de Si e LMA1 e APX por LMA1+Si e LMA1 estão provavelmente relacionados à indução de resistência a mancha aquosa.

**Palavras-chave:** *Acidovorax citrulli*, *Cucumis melo*, indução de resistência, biocontrole.

## GENERAL ABSTRACT

The combined effect of the antagonistic yeasts *Rhodotorula aurantiaca* LMA1, *R. glutinis* LMS and *Pichia anomala* CC-2 and silicon (Si) was evaluated in relation to the control of bacterial fruit blotch (*Acidovorax citrulli*) in seedlings and plants, and possible mechanisms of action involved in the control were analyzed. The incorporation of 1.41 g Si kg<sup>-1</sup> (calcium silicate) into the substrate, together with foliar spraying with yeast (1.5 x 10<sup>7</sup> cells mL<sup>-1</sup>) and foliar spraying with 17 mM Si (potassium silicate) and the yeasts, separately or in combination, reduced the severity of the disease and protected seedlings and plants. These plants were inoculated with *A. citrulli* by foliar spraying (3.4 x 10<sup>7</sup> UFC mL<sup>-1</sup>) 24 h following the treatment. However, no additive or synergistic effects of the combined treatments were observed. The spraying of LMA1+Si and LMA1 resulted in the highest levels of control of bacterial fruit blotch in plants, and this level of control was higher than that provided by acibenzolar-S-methyl. Foliar spraying with LMA1 and Si, either separately or in combination, protected melon plants from infection by *A. citrulli* for 29 days. Increases in the activity of polyphenol oxidase (PFO) after foliar spraying with Si and LMA1, and increases of ascorbate peroxidase (APX) activity after foliar spraying with LMA1+Si and LMA1 are likely related to the induction of resistance to bacterial fruit blotch.

**Key-words:** *Acidovorax citrulli*, *Cucumis melo*, induced resistance, biocontrol.

# Capítulo I

---

*Introdução Geral*

## LEVEDURAS E SILÍCIO NO MANEJO DA MANCHA AQUOSA EM MELOEIRO

### INTRODUÇÃO

#### 1. A cultura do meloeiro

O meloeiro (*Cucumis melo* L.), pertencente à família das Cucurbitáceas, cujo centro de diversidade genética não está claramente estabelecido, sendo localizado por alguns autores como originário na África, enquanto que para outros no oeste da Ásia (BRANDÃO FILHO; VASCONCELOS, 1998; HARLAN; WET; STERMLER, 1997; TRENTIN, 1998;). No Brasil, a cultura foi introduzida pelos imigrantes europeus, sendo o estado do Rio Grande do Sul considerado o primeiro centro produtivo no país. Posteriormente, o meloeiro se difundiu em São Paulo, Pará e região Nordeste (COSTA, 2002). Nessa região, principal produtora do país, a cultura se expandiu principalmente nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Bahia, que concentram cerca de 90% da área total plantada (AGRIANUAL, 2011). A grande adaptação do meloeiro a região Nordeste se deu devido às condições edafoclimáticas, pois o clima semi-árido favorece o desenvolvimento da planta, a produtividade e também a qualidade dos frutos de melão (MOURA et al., 2011).

A produção brasileira de melão no ano de 2009 foi de 402.959 toneladas, dos quais o Nordeste foi responsável por aproximadamente 380.007 toneladas, destacando-se o estado do Rio Grande do Norte como o maior produtor, com 201.259 toneladas, respectivamente (AGRIANUAL, 2012).

O melão é a oitava fruta produzida e ocupa a terceira colocação entre as principais frutas frescas exportadas no país (AGRIANUAL, 2011). O Brasil exportou cerca de 35.548 toneladas de melão, sendo que os principais importadores foram a Espanha e os Países baixos com 14.972 e 12.750 toneladas, respectivamente (AGRIANUAL, 2012).

Entre os vários tipos de melão produzido e comercializado no Brasil cerca de 70% é do tipo Amarelo do qual fazem parte diversas cultivares e híbridos. Tal preferência deve-se ao potencial produtivo e a maior resistência do melão amarelo ao transporte por longas distâncias e no armazenamento em temperatura ambiente (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

A produção do melão no Nordeste é caracterizada pela sua importância socioeconômica, por ser uma cultura de alto valor comercial, tendo a participação de empresas de médio e grande porte que lideram este agronegócio, mas também de muitos pequenos produtores, também como a agricultura familiar que escoam a produção via grandes empresas (BUAINAIN; BATALHA, 2007; MOURA et al., 2011), gerando cerca de 60 mil empregos diretos e indiretos (TAVARES, 2002). As grandes empresas adotam um alto nível

tecnológico para o desenvolvimento da cultura, como cobertura plástica de polietileno (mulch), uso de irrigação localizada por gotejamento, e manta térmica tecido não tecido (TNT) (SANTOS et al., 2001). No entanto, mesmo com toda tecnologia aplicada na cultura, o meloeiro apresenta peculiaridades que dificultam o controle fitossanitário, como o ciclo curto, cerca de 60 dias em média, e o plantio de forma escalonada, favorecendo a migração de pragas e patógenos de uma cultura mais velha para uma recém-plantada (FERNANDES; FERREIRA; MONTAGNA, 2000).

Dentre as doenças que ocorrem nessa cultura, as bacterioses vêm assumindo uma importância crescente, destacando-se no Brasil a mancha aquosa causada por *Acidovorax citrulli* (Schaad et al.) Schaad et al., como a mais importante, além de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones); *Pseudomonas syringae* (Van Hall); *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (Smith) ; *Pseudomonas cichorri* (Swingle) Stapp; *Pseudomonas* sp. (Migula); e *Xanthomonas campestris* pv. *curcubitae* (Bryan) Dye (SALES JUNIOR; MENEZES, 2001).

O desequilíbrio progressivo do agrossistema, o emprego de variedades com alto potencial produtivo, porém suscetíveis, e a própria agressividade das bactérias, capazes de sobreviver de forma variada e de se disseminarem rapidamente, se estabelecendo com sucesso quando introduzidas em determinadas regiões agrícolas, são as causas de destaque para essa crescente importância das fitobacterioses (PRESTON, 2013).

## 2. A mancha aquosa do meloeiro

A mancha aquosa causada por *A. citrulli* (Sin: *A. avenae* subsp. *citrulli* Schaad et al. (Willems et al.), é uma das principais e importante doença para a cultura do meloeiro nas áreas produtoras do Nordeste, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, na estação das chuvas (SANTOS; VIANA, 2000).

A mancha aquosa foi assinalada pela primeira vez em melancia (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum.; Nakai) nos Estados Unidos em 1965, causando manchas encharcadas em plântulas, sendo posteriormente relatada em várias regiões produtoras deste país e em diversos outros países do mundo (WEBB; GOTH, 1965). Em melão, esta doença teve a sua primeira ocorrência também nos Estados Unidos da América em 1996, com incidência em mais de 50% dos frutos em campos agrícolas no Texas (ISAKEIT, 1997). No Brasil, a mancha aquosa foi detectada em 1997, no estado do Rio Grande do Norte (ASSIS et al.,1999). Em seguida foi assinalada no Ceará (SANTOS; VIANA, 2000), no Rio Grande do Sul (UENO; COUTO; UESUGI, 2003), em Pernambuco (MARIANO; SILVEIRA, 2004), e na Bahia

(MARIANO et al., 2004). Acredita-se que tenha sido introduzida no Brasil através da importação de sementes de melão infectadas (ASSIS et al., 1999). As perdas causadas por essa doença no Rio Grande do Norte já foram assinaladas entre 40 a 50%, atingindo até 100% em períodos chuvosos (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001).

Os sintomas da mancha aquosa podem se manifestar em qualquer fase de desenvolvimento da planta. Nas plântulas, sobre os cotilédones, desenvolvem-se manchas com aspecto oleoso. Estas podem entrar rapidamente em colapso total, murcharem ainda verdes e morrerem (VIANA et al., 2000). Sintomas foliares podem se desenvolver entre as nervuras, e em alguns casos, as lesões não são numerosas, não muito distintas, e podem ser confundidas com outras doenças. As lesões variam do marrom claro ao marrom avermelhado. As manchas foliares não resultam em desfolhamento, o que as tornam importantes reservatórios da bactéria para a infecção do fruto (HOPKINS, 1994). Nos frutos, os sintomas da doença são mais típicos. As lesões são inicialmente pontos oleosos com 1 a 5 mm de diâmetro (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001), as quais se expandem e se tornam manchas marrons, necróticas com ou sem rachadura no centro (VIANA et al., 2000). A bactéria, em geral, coloniza a polpa do fruto, onde causa podridão seca, podendo assim contaminar as sementes externa e internamente (MARIANO; SILVEIRA, 2007).

Os hospedeiros mais suscetíveis dentre as cucurbitáceas são o melão e a melancia, nos quais os sintomas se desenvolvem em folhas e frutos. Em outras cucurbitáceas como pepino (*Cucumis sativus* L.) e abóboras (*Cucurbita pepo* L. e *C. moschata* Duchesne) os sintomas são apenas foliares. Cucurbitáceas selvagens, como *Citrullus lanatus* var. *citroides* (Bailey), podem hospedar *A. citrulli* e possivelmente atuar como um reservatório da bactéria. Em estudos de inoculação artificial, espécies de solanáceas (*Capsicum* spp.), *Solanum lycopersicum esculentum* Mill., *Solanum melongena* L.) desenvolveram sintomas foliares (EPPO, 2010).

*Acidovorax citrulli* pertence ao Domínio Bactéria, Filo Proteobacteria, Classe Betaproteobacteria, Ordem Burkholderiales, Família Comamonadaceae, Gênero *Acidovorax*, Espécie *citrulli*. É uma bactéria Gram negativa, em forma de bastonete, aeróbica e móvel por um flagelo polar. 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. Não apresenta pigmento fluorescente em meio King B (SCHAAD et al., 1978). Cresce a temperatura de 41°C, mas não a 4°C, com máximo desenvolvimento a 35°C; nas concentrações de 1, 2, 3 e 4 % de NaCl, com crescimento máximo a 2 % e mínimo a 4 %; e na faixa de pH de 5,0 a 9,0, com máximo em pH 7,0. Utiliza os carboidratos fermentáveis

glicose, galactose, ramnose, sacarose, lactose, maltose, amido, inulina, manitol, dulcitol, sorbitol e salicina; apresenta reação positiva para os testes de catalase, oxidase, urease e lipase; e não hidrolisa a arginina (CAVALCANTI et al., 2005). O isolado tipo da espécie, denominado inicialmente de *P. pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*, não induz reação de hipersensibilidade em fumo (*Nicotiana tabacum* L.), contudo, a reação já foi observada em diversos isolados da bactéria (RANE; LATIN, 1992; SILVEIRA; MICHEREFF; MARIANO, 2003; SOMODI et al., 1991).

O ciclo da mancha aquosa inicia-se com sementes infectadas ou infestadas originando plântulas doentes, sendo estas responsáveis por significativa proporção de mudas infectadas. O patógeno dissemina-se para novas folhas e plantas vizinhas à medida que as plantas vão crescendo no campo. A principal fonte de inóculo para frutos imaturos são lesões nas folhas (HOPKINS, 1994). Frutos maduros infectados deixados no campo servem como fonte de infecção para plantas saudáveis (LATIN, 1996) e os frutos colhidos, como fonte de infecção pós-colheita (RUSHING; COOK; KEINATH, 1997).

Para o manejo da mancha aquosa é recomendado o tratamento químico ou físico de sementes com: estreptomicina por 16 horas (1 mg/ mL) (SOWELL; SCHAAD, 1979); ácido clorídrico 1,8 % por 5 minutos (RANE; LATIN, 1992); hipoclorito de sódio 0,5 % por 20 minutos; ácido láctico 2 % por 20 minutos (VIANA et al., 2000); 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; MEDEIROS; MARIANO, 2002); Bion 0,01 %, sulfato de estreptomicina 0,1 %, kasugamicina 0,1 % e oxicloreto de cobre 0,5 %, isoladamente ou em mistura por 30 min (SILVA NETO et al., 2003); ácido peroxiacético 1.600 µg/mL por 30 minutos seguindo-se de secagem a baixa umidade a 40 °C por 24 horas (HOPKINS, 2003); água quente a 52° C por 10 minutos (SANTOS; VIANA, 2000). Essas medidas diminuem a transmissão da bactéria pelas sementes, entretanto não se consegue erradicá-la completamente (MARIANO; SILVEIRA, 2004). Além disso, o tratamento com químicos pode causar efeitos negativos na qualidade das sementes, bem como a redução da germinação e do crescimento das plântulas (HOPKINS et al., 2003).

Medidas de manejo para evitar a doença em cultivos estabelecidos consistem na proteção das plantas 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., 2001) e quatro aplicações com intervalos semanais de acibenzolar-S-metil (SALES JÚNIOR et al., 2007). Como medidas culturais, principalmente após a entrada de *A. citrulli* no campo são indicadas: erradicar plântulas/plantas com sintomas de mancha aquosa; manter



temperatura e umidade em níveis baixos em casa de vegetação e estufa (DIAS et al., 1998); destruir restos de culturas, principalmente em campos infectados; diminuir a movimentação de pessoas ou implementos no campo quando as plantas estiverem molhadas (orvalho, irrigação, chuva); evitar plantio direto (ISAKEIT, 1999; O'BRIEN; MARTIN, 1999); fazer rotação de culturas por pelo menos três anos, não utilizando hospedeiros alternativos de *A. citrulli*; evitar plantio em áreas úmidas ou em períodos de muitas chuvas; efetuar adubação equilibrada, sem excesso de nitrogênio; eliminar cucurbitáceas silvestres, como melão-pepino (*Solanum muricatum* Ait.), bucha (*Luffa cylindrica* M. Roemer), cabaça (*Lagenaria vulgaris* Ser.) e melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.) (VIANA et al., 2000).

O uso de cultivares resistentes é a medida de controle mais eficiente para o manejo da mancha aquosa (HOPKINS, 1993). Trabalhos de seleção para obtenção de fontes de resistência à mancha aquosa em meloeiro foram realizadas por Bahar et al. (2009) e em melancia por Carvalho et al. (2012). No entanto variações frequentes têm sido encontradas nos resultados, em decorrência das diferenças nas condições experimentais (CARVALHO, 2012) e a alta variabilidade dos isolados selecionados (HOPKINS, 1993), não existindo cultivares comerciais resistentes a essa fitobacteriose.

Bactérias antagonistas têm sido testadas para o biocontrole da mancha aquosa em meloeiro com resultados promissores. Líquidos fermentados com ou sem presença das células de *B. subtilis* (R14), *B. megaterium* de Bary pv. *cerealis* (Hosford) (RAB7), *B. pumilis* (Meyer e Gottheil) (C116) e *Bacillus* sp. (MEN19) reduziram a incidência e severidade da doença (SANTOS et al., 2006). Já os endofíticos ENM5 (*Bacillus* Cohn sp.), ENM9 (*Bacillus cereus* Frankland e Frankland), ENM13 (*Bacillus* sp.), ENM16 (*B. cereus*), ENM32 (*Bacillus subtilis* Cohn) e ENM43 (*Bacillus* sp.) quando aplicados em sementes artificialmente infectadas com *A. citrulli* (OLIVEIRA et al., 2006) revelaram potencial para o controle da doença. Medeiros et al. (2009) testaram 50 isolados de bactérias endofíticas e epifíticas obtidas de melão e outras culturas e selecionaram o isolado RAB9 (*Bacillus* sp.) como eficiente no controle da mancha aquosa pela bacterização de sementes infectadas e o isolado MEN2 (*Paenibacillus lentimorbus* Dutky) pela pulverização em plântulas para proteção das folhas.

Outras medidas alternativas para o controle da mancha aquosa em meloeiro devem ser avaliadas. Já existem pesquisas que evidenciam a eficiência de leveduras (MELO, 2012; WANG et al., 2009) e silício (FERREIRA, 2009; PRESTON, 2013) no controle dessa doença. No entanto, estudos mais aprofundados precisam ser realizados.

### 3. Biocontrole com leveduras

A preocupação da sociedade por uma agricultura mais limpa, pela redução do impacto dos agroquímicos no meio ambiente e da contaminação da cadeia alimentar, vem alterando o cenário agrícola, resultando na produção de alimentos sem o uso desses produtos ou mesmo aqueles com selos que garantem que foram utilizados de forma adequada. Dentre as alternativas, o controle biológico é uma das mais discutidas para a redução do uso de agroquímicos podendo tanto aproveitar o controle biológico natural como realizar a introdução de um agente de controle biológico (BETTIOL; MORANDI, 2009).

Introduzir organismos antagonistas visando o biocontrole de patógenos vem sendo prioridade quando se trata de proteção de plantas. Tem crescido o interesse pelo uso de leveduras no controle biológico. As leveduras apresentam capacidade de se desenvolverem rapidamente nas superfícies de frutos, folhas e flores, especialmente em habitats ricos em açúcar. Colonizam o ambiente e excluem o crescimento de outros microrganismos por meio de competição por espaço e nutrientes, parecendo essa ser a forma mais comum de controle biológico das leveduras (VALDEBENITO SANHUEZA, 2000). Porém, também podem produzir enzimas hidrolíticas (JIJAKLI; LEPOIVRE, 1998); compostos antibióticos (McCORMACK; WILDMAN; JEFFRIES, 1994) e toxinas *killer* (WALKER; MCLEOD; HODGSON, 1995); indução de resistência (BETTIOL; MORANDI, 2009); e promoverem o crescimento de plantas (SHALABY; EL-NADY, 2008).

As pesquisas com leveduras no biocontrole de doenças fúngicas em frutas, vegetais e cereais pós-colheita já estão bem estabelecidas (DRUVEFORS et al., 2002; FRAVEL 2005; LASSOIS; De BELLAIRE; JIJAKLI, 2008), inclusive existindo produtos comerciais em alguns países (FRAVEL, 2005; HAISSAM, 2011). Leveduras também têm sido testadas para o controle de doenças da parte aérea e radiculares causadas por fungos em diversas culturas (BUCK, 2002; GASPERINI et al., 2011; LUZ, 1985; MACHADO; BETTIOL, 2010; PICCININ; DI PIERO; PASCHOLATI, 2005, incluindo a do meloeiro (CRUZ, 2010).

Com relação ao controle de fitobacterioses com leveduras, existem poucas pesquisas. Reduções na incidência de 100% da podridão mole em pimentão (*Capsicum annuum* L.) foram obtidas com o isolado LD-19 de *Rhodotorula* sp. (MELO et al., 1995), que também reduziu em 21,2% a severidade da doença em tomateiro (GOMES et al., 2005). Em couve-chinesa (*Brassica pekinensis*) (Lour.) Rupr., o isolado Rh1 de *Rhodotorula* sp. reduziu a área abaixo da curva de progresso da doença em até 33,5% em casa de vegetação e o índice de doença em 8,8%, em campo (MELLO et al., 2011). Três isolados de *Cryptococcus*, sendo

dois de *C. magnus* (Lodder e Kreger-van Rij) Baptist e Kurtzman e um não identificado, quando aplicados em estigmas destacados de flores de maçã (*Malus domestica* Borkh) foram eficientes na supressão de *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al., com controle de até 65% (PUSEY; STOCKWELL; MAZZOLA, 2009).

Sabendo-se que a bactéria *A. citrulli* causadora da mancha aquosa do meloeiro é disseminada por meio de sementes infectadas (O'BRIEN; MARTIN, 1999), o tratamento das sementes com microrganismos que sejam eficientes constitui uma possível alternativa de controle economicamente desejável para o manejo da doença, visando assim, inibir o patógeno ou proteger a plântula emergente. Toda via, uma vez que a bactéria infecta a planta em diferentes estádios de desenvolvimento, agentes de biocontrole podem também ser utilizados para proteção de plântulas e plantas (MELO, 2012). O controle em plântulas é importante para que as mesmas não sejam fonte de inóculo da bactéria no campo, a qual é disseminada para plântulas ou plantas vizinhas através de respingos de água de chuva e irrigação, solos infestados, insetos, implementos agrícolas e operários de campo (SANTOS; VIANA, 2000), o que aumenta a incidência da doença. As lesões foliares são muito importantes como fonte de inóculo para os frutos, os quais são altamente suscetíveis a mancha aquosa (BAHAR; KRITZMAN; BURDMAN, 2009), e sob ótimas condições de temperatura e umidade, perdas totais podem ocorrer em campos afetados, porque frutos sintomáticos não são comercializáveis (LATIN; HOPKINS, 1995).

A pulverização foliar da levedura *Pichia anomala* (Hansen) Kurtzman em folhas de melão Hami (*Cucumis melo* L. var. *saccharinus* Naudin) foi efetiva na redução da incidência e da severidade da mancha aquosa. O tratamento das sementes com extrato metabólico desta levedura diminuiu a incidência da doença em plantas, e a sua eficácia não diferiu significativamente dos tratamentos químicos com sulfato de estreptomicina (0,1% p/v) e ácido hidrocloreídrico (2% v/v) (WANG et al., 2009). No Brasil, resultados promissores no controle da mancha aquosa em meloeiro foram obtidos por Melo (2012) ao testarem 60 isolados de leveduras. Os isolados LMA1 (*Rhodotorula aurantiaca*) (Saito) Lodder, e CC-2 (*P. anomala*) foram eficientes na proteção de plantas e no tratamento das sementes, com redução do índice de doença e área abaixo da curva de progresso da doença de até 58,6 e 47,2%, respectivamente. No entanto, os mecanismos envolvidos no controle da doença por esses isolados não foram elucidados, uma vez que *in vitro* essas leveduras não inibiram o crescimento de *A. citrulli*, ou seja, não agiram por antibiose e produção de toxinas *killer*, sendo sugerido que a indução de resistência pode estar envolvida. Na indução de resistência por *Pichia membranifaciens* em doenças pós-colheita, significantes variações na atividade de

polifenoloxidase (PFO), peroxidase (POX), fenilalanina-amônia-liase (FAL), superóxido dismutase (SOD) e  $\beta$ -1,3-glucanase (GLU) foram relatadas (Alavi fard; Etebarian; Sahebani, 2012; Chan e Tian, 2006; Fan e Tian, 2000; Qin et al., 2002, 2003; Yao e Tian, 2005). Tian et al. (2006) encontraram que *Cryptococcus laurentii* aumentou a atividade das enzimas relacionadas à defesa, GLU, PAL, POX e PFO contra *Alternaria alternata* (Fr. (Keissler) em frutos de pêra (*Pyrus communis* L.).

#### 4. Silício no controle de doenças de plantas

A nutrição mineral, por ser um fator ambiental de fácil manipulação, e vem sendo utilizado no controle de doenças de plantas. Por alterar a morfologia, a anatomia celular e a composição química das células, podem aumentar ou reduzir a expressão da resistência das plantas aos patógenos (MARSCHNER, 1995).

O silício (Si) não é considerado elemento essencial às plantas porque não atende aos critérios diretos e indiretos de essencialidade (MENGEL; KIRKBY, 2001). De acordo com o critério direto de essencialidade, um elemento é considerado essencial quando faz parte de um composto ou participa de uma reação necessária para a sobrevivência da planta. No critério indireto, um elemento é considerado essencial quando, na sua ausência, a planta não completa seu ciclo de vida, não pode ser substituído por nenhum outro elemento, tem efeito direto no crescimento e desenvolvimento das plantas e não exerce nenhum papel neutralizador de efeito físico, químico ou biológico desfavoráveis para a planta (MALAVOLTA, 1980).

Dentre os benefícios potencializados pelo Si às plantas destacam-se: aumento no conteúdo de fósforo nos tecidos vegetais, devido à melhor disponibilidade desse elemento no solo e pela sua maior mobilidade das raízes para o colmo; melhoria no aproveitamento da água com conseqüente diminuição na taxa de transpiração; aumento da rigidez das folhas, das bainhas foliares e do colmo, tornando-os mais eretos e com maior área fotossintética; e redução no número de grãos quebrados (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007; EPSTEIN, 2001). A maioria das plantas tem capacidade de acumular Si principalmente na parte aérea, o qual desempenha papel importante na resistência a estresses biótico e abiótico (CHIBA et al., 2009).

Devido ao intemperismo intenso e lixiviação no qual se sujeitam, os solos tropicais e subtropicais cultivados em sucessão tendem a apresentar baixos níveis de Si, num processo conhecido como dessilicificação. Visto que, o principal reservatório desse mineral seja na fase sólida do solo, é na solução do solo onde o Si pode ser encontrado na forma de ácido monossilícico -  $H_4SiO_4$ , com concentrações variando entre 3,5 e 40 mg Si L<sup>-1</sup>, a qual a

absorção imediata de Si pelas raízes das plantas acontece (EPSTEIN, 1999; MARSCHENER, 1995).

Embora todas as plantas cresçam com o sistema radicular em contato com Si na solução do solo e este elemento possa estar em elevadas concentrações, o acúmulo nos tecidos vegetais varia significativamente de 0,1 a 10% da matéria seca. Está diretamente ligado à habilidade diferencial do sistema radicular das espécies em absorver e transportar o Si a partir da solução do solo (MA; YAMAJI, 2006; MITANI; MA, 2005). A maioria das espécies vegetais absorve Si por difusão passiva, ou seja, o Si é levado através do xilema para a parte aérea pelo fluxo de transpiração. Entretanto espécies das famílias Poaceae, Equisetaceae e Cyperaceae absorvem Si de forma ativa, via receptores específicos de membrana, chamados transportadores de influxo, como o Ls1 (MA et al., 2006). Este processo pode ser ativado por estresses biótico e abiótico (BÉLANGER; BENHAMOU; MENZIES, 2003; CURRIE; PERRY, 2007). Plantas cujos teores de SiO<sub>2</sub> variam de 1 a 3% na matéria seca são consideradas acumuladoras de Si e aquelas com menos de 0,5% de SiO<sub>2</sub>, não acumuladoras (MARSCHENER, 1995). As cucurbitáceas com 0,5 a 1,0% de Si na matéria seca são classificadas como intermediárias, ainda que a relação molar Si/Ca seja inferior a 1 (MA; MYAKEY; TAKAHASHI, 2001). Segundo Preston (2013), plantas de meloeiro híbrido AF 4945 tratadas com escória de siderurgia apresentaram um conteúdo de Si e uma relação Si/Ca de 0,7% e 0,4, respectivamente, enquanto que o híbrido Medellín apresentou 0,8% de Si em matéria seca e relação Si/Ca de 0,5. Houve diferença entre os híbridos, porém os resultados reforçam a classificação da cultura do meloeiro como uma espécie acumuladora intermediária.

O ácido monossilícico (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>), é uma molécula de carga neutra que é transportada até a parte aérea pelo xilema. A polimerização do ácido monossilícico, forma a sílica amorfa hidratada (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O), depositada nos diferentes tecidos vegetais (MA et al., 2006). O transporte à longa distância, da raiz a parte aérea, é feito via apoplasto (OLIVEIRA et al., 2010). O Si pode ser absorvido via foliar por meio do transportador Lsi6 que se localiza no lado adaxial das células do parênquima do xilema na bainha da folha (MITANI et al., 2009). No entanto, a absorção radicular de Si é mais eficiente do que a absorção foliar, conferindo mais resistência a fatores bióticos, a exemplo da redução do oídio do trigo em 80% com aplicação de Si ao solo (GUÉVEL; MENZIES; BÉLANGER, 2007).

O aumento da resistência de determinada espécie hospedeira, mono ou dicotiledônea, a um patógeno específico pode ocorrer tanto por barreiras físicas quanto químicas tais como: densidade de células silicificadas na epiderme (ISHIGURO, 2001); fortificação da parede

celular de células da epiderme (KIM; KIM; PARK, 2001); deposição e polimerização do ácido silícico abaixo da cutícula, formando uma dupla camada de sílica cuticular que reduz a transpiração (DATNOFF; SNYDER; KORNDÖRFER, 2001; RODRIGUES et al., 2010); acúmulo de compostos fenólicos, e ou fitoalexinas (RODRIGUES et al., 2004); e aumento na atividade de enzimas relacionadas à patogênese (CHÉRIF; ASSELIN; BÉLANGER, 1994; FORTUNATO et al., 2012). Além destas, o Si pode possuir um papel ativo na potencialização e antecipação (*priming*) da expressão de genes que codificam enzimas como foi verificado em plantas de tomateiro inoculadas com *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al., demonstrando a função deste elemento na defesa da planta em nível transcricional (GHAREEB et al., 2011). A redução da transpiração causada pelo Si proporciona uma menor exigência de água, sendo de extrema importância para as plantas cultivadas em solos de clima tropical (FREITAS et al., 2011).

Inúmeros são os relatos na literatura mostrando que a deposição de sílica amorfa no apoplasto foliar impede a penetração do patógeno, reduzindo assim a intensidade de doenças (FAUTEUX et al., 2005). Particularmente no patossistema modelo dos estudos envolvendo Si, sendo este o arroz (*Oryza sativa* L.) e as doenças fúngicas como brusone, podridão do colmo, escaldadura, queima das bainhas, descoloração dos grãos e mancha parda tiveram suas intensidades significativamente reduzidas com a aplicação de Si no solo (DALLAGNOL et al., 2013; DATNOFF, 1997; DATNOFF; DEREN; SNYDER, 1997; RODRIGUES et al., 2001, 2003;).

Existem poucos relatos quanto à resistência conferida pelo Si às principais doenças bacterianas. O primeiro relato do efeito do Si em doenças bacterianas em plantas não acumuladoras deve-se a Dannon e Wydra (2004) que estudando o efeito desse elemento em solução nutritiva verificaram significativa redução dos sintomas da murcha do tomateiro causada por *R. solanacearum* tanto em genótipos suscetíveis quanto em moderadamente resistentes. Estes mesmos autores observaram correlações negativas entre a concentração de Si na raiz e o número de bactérias na parte mediana do caule, sugerindo, portanto, uma possível indução de resistência. No patossistema trigo-*Xanthomonas translucens* pv. *ondulosa* (Smith, Jones & Reddy) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings, reduções de 50,2% foram verificadas na área foliar clorótica de plantas tratadas com Si, sendo sugerido que o suprimento de Si às plantas pode aumentar a resistência contra a estria bacteriana possivelmente por um aumento na lignificação dos tecidos e participação de peroxidases (SILVA et al., 2010). Redução na severidade da mancha angular do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) causada pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *malvacearum* (ex Smith) Schaad

et al. foi obtida com a aplicação de  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$  ao solo. Aumento na atividade das proteínas solúveis e das enzimas SOD, ascorbato peroxidase (APX), POX, fenilalanina-amônia-liase (FAL) e GLU, foram sugeridos como mecanismo de indução de resistência nesse patossistema (OLIVEIRA et al., 2012). Alves (2012) obteve reduções de 63,9% (cv. Enterprise) e 50,4% (cv. Impacto) para área abaixo da curva de progresso da murcha bacteriana do tomateiro com a dose de  $3,00 \text{ de SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$ , sendo associado a indução de resistência as enzimas CAT, APX, POX, GLU e quitinase (QUI). Em plantas de bananeira (*Musa sp.*) inoculadas com *R. solanacearum* raça 2 e tratadas com silicato de potássio, as enzimas relacionadas ao estresse oxidativo (CAT, SOD e APX) e também à defesa da planta (POX, PFO, GLU e QUI) foram aumentadas indicando uma possível participação na redução da severidade da doença “moko da bananeira” (ROLLEMBERG, 2013). Além destes patossistemas, o Si tem se destacado por reduzir a severidade da necrose apical bacteriana da mangueira (*Mangifera indica L.*), causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall. (CAZORLA et al., 2006) e a mancha bacteriana do maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims.*) (BRANCAGLIONE et al., 2009).

Em meloeiro, silicato de cálcio incorporado ao solo reduziu em 88,54 e 85,34% respectivamente o índice de doença e área abaixo da curva de progresso da doença (FERREIRA, 2009), e silicato de potássio pulverizado nas plantas também foi eficiente no controle da mancha aquosa elevando o período de incubação em dois dias quando comparado com a testemunha. Nas plantas tratadas com Si e inoculadas com *A. citrulli* foi observado um aumento no nível de proteínas solúveis totais; maior atividade de APX e fenóis totais; e significativa atividade de PFO e POX, resultando assim na redução da severidade da mancha aquosa em meloeiro (PRESTON, 2013).

Como constatado nos trabalhos de Melo (2012) e Preston (2013) leveduras e Si, respectivamente, mostraram potencial para o controle da mancha aquosa. No entanto, a melhoria da eficiência desses tratamentos no controle da doença pode ser obtida pelo uso combinado de leveduras e silício, como evidenciado em outros estudos. A combinação de metasilicato de sódio e *Cryptococcus laurentii* (Kufferath) suprimiu completamente o mofo azul (*Penicillium expansum* Link) e a podridão parda [*Monilinia fructicola* (G. Wint.) Honey]] em frutos de cereja doce (*Prunus avium L.*) após três e quatro dias de incubação e reduziram respectivamente em 43 e 87% a incidência dessas doenças após 5 dias (QIN; TIAN, 2005). Eficiência de 100% no controle do mofo azul em maçã foi obtida pela combinação de silicato de sódio a 0,1% com *Pichia guilliermondii* (Wick.) e a 0,5% com *Candida membranifaciens* (Kurtzman) (FARAHANI et al., 2012).

Diante do exposto os objetivos deste estudo foram: (a) avaliar o efeito combinado de leveduras antagonistas com silício no controle da mancha aquosa através da proteção de plântulas e plantas; e (b) analisar possíveis mecanismos de ação envolvidos no controle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2011.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2012.

ALAVI FARD, F.; ETEBARIAN, H. R.; SAHEBANI, N. Biological control of gray mold of apple by *Candida membranifaciens*, *Rhodotorula mucilaginosa* and *Pichia guilliermondii*. **Iranian Journal of Plant Pathology**, Iran, v. 48, n. 1, p. 17-26, 2012.

ALVES, A. O. **Controle alternativo da murcha bacteriana do pimentão utilizando óleos essenciais vegetais e silicato de cálcio**. 2012, 93 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

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

BAHAR, O.; KRITZMAN, G.; BURDMAN, S. Bacterial fruit blotch of melon: screens for disease tolerance and role of seed transmission in pathogenicity. **European Journal Plant Pathology**, Dordrecht, v.123, n. 1, p. 71-83, 2009.

BÉLANGER, R. R.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*). **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, n. 4, p. 402-412, 2003.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Eds.) **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 7-14.

BRANCAGLIONE, P.; SAMPAIO, A. C.; FISCHER, I. H.; ALMEIDA, A. M.; FUMIS, T. F. Eficiência de argila silicatada no controle de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, *in vitro* e em mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 31, n. 3, p. 718-724, 2009.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VASCONCELOS, M. A. S. A. **Cultura do melão**: In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliça em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. p. 161-193.

BUAINAIM, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília, DF: IICA: MAPA/SPA, 2007. 102 p. (Agronegócios; v. 7).

BUCK, J.W. *In vitro* antagonism of *Botrytis cinerea* by phylloplane yeasts. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.80, n. 8, p.885-891, 2002.



CARVALHO, F. C. Q. **Avaliação de genótipos de melancia quanto à resistência à mancha aquosa.** 2012, 54f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CARVALHO, F.C.Q.; SANTOS, L.A.; DIAS, R.C.S.; MARIANO, R.L.R.; SOUZA, E.B., 2012. **Selection of watermelon genotypes for resistance to bacterial fruit blotch.** *Euphytica* July 2012. doi:10.1007/s10681-012-0766-1. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10681-012-0766-1/fulltext.html>. Acesso em: 30 jun. 2013

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.

CAZORLA, M. F.; ARREBOLA, E.; OLEA, F.; VELASCO, L.; HERMOSO, J. M.; PÉREZ-GARCÍA, A.; TORÉS, J. A.; FARRÉ, J. M.; VICENTE, A. Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.116, p. 279-288, 2006.

CHAN, Z.; TIAN, S. Induction of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-metabolizing enzymes and total protein synthesis by antagonistic yeast and salicylic acid in harvested sweet cherry fruit. **Postharvest Biology Technology**, v. 39, p. 314–320, 2006

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, St. Paul, v. 84, n. 3, p. 236-242, 1994.

CHIBA, Y.; MITANI, N.; YAMAJI, N.; MA, J. F. HvLsi1 is a silicon influx transporter in barley. **The Plant Journal**, London, v. 57, n. 5, p. 810–818, 2009.

COSTA, N. D. **Cultivo do melão.** Embrapa Semi-Árido: Petrolina/PE, 2002 (Apostila).

CRUZ, T. M. **Potencial de leveduras no controle biológico da podridão-de-Fusário em frutos de meloeiro.** 2010, 64f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

CURRIE, H. A.; PERRY, C. Silica in Plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies. **Annals of Botany**, London, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; CHAVES, A. R. M.; VALE, F. X. R.; DAMATTA, F. M. Photosynthesis and sugar concentration are impaired by the defective active silicon uptake in rice plants infected with *Bipolaris oryzae*. **Plant Pathology**, Saint Paul, v. 62, n. 1, p. 120-129, 2013.

DANNON, E.; WYDRA, K. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.64, p.233-43, 2004.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for diseases management of rice in Florida. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 525-531, 1997.

DATNOFF L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon on Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 424p.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for diseases management of rice in Florida. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 525-531, 1997.

DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. **Mineral Nutrition and Plant Disease**. Saint Paul: APS Press, 2007. 233 p.

DIAS, R. C. S.; COSTA, N. D.; SILVA, P. C. G.; QUEIRÓZ, M. A.; ZUZA, F.; LEITE, L. A. S.; PESSOA, P. F. A.; TARAO, D. A. Cadeia produtiva do melão no Nordeste. In: CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; GOEDERT, W. J.; FREITAS FILHO, A.; VASCONCELOS, J. R. P. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica** (Eds.). Brasília EMBRAPA-SPI. pp 440-493, 1998.

DRUVEFORS, U.; N. JONSSON, M.E.; BOYSEN.; J. SCHNURER. Efficacy of the biocontrol yeast *Pichia anomala* Yeast during long-term storage of moist feed grain under different oxygen and carbon dioxide regimens. **FEMS Yeast Res**, France, v. 44, n. 6, p. 389-394, 2002

EPPO. European and Mediterranean Plant Protection Organization. **Acidovorax citrulli: Bacterial fruit blotch of cucurbits**, 2010. Disponível em: [http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert\\_List/bacteria/Acidovorax\\_citrulli.html](http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/bacteria/Acidovorax_citrulli.html)>. Acesso em: 20 Jun. 2013.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.) **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 1-15.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p. 641-664, 1999.

FAN, Q.; TIAN, S. P. Postharvest biological control of Rhizopus rot on nectarine fruit by *Pichia membranaefaciens* Hansen. **Plant Disease**, Amsterdam, v. 84, p. 1212-1216, 2000.

FARAHANI, L.; ETEBARIAN, H. R.; SAHEBANI, N.; AMINIAN, H. Effect of two strains of antagonistic yeasts in combination with silicon against two isolates of *Penicillium expansum* on apple fruit. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**. v. 3 (1), p. 18-23, 2012.

FAUTEUX, F.; REMUS-BOREL, W.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R. R. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 249, n. 1, p. 1-6, 2005.

FERNANDES, O. A.; FERREIRA, C. C.; MONTAGNA, M. A. **Manejo integrado de pragas de meloeiro: manual de reconhecimento das pragas e táticas de controle**. Jaboticabal: Funep-CNPq, 2000. 28p.

- FERREIRA, H. A. **Silício no controle da mancha aquosa em meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. 2009, 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- FORTUNATO, A. A.; RODRIGUES, F. Á.; BARONI, J. C. P.; SOARES, G. C. B.; RODRIGUEZ, M. A. D.; PEREIRA, O. L. Silicon suppresses fusarium wilt development in banana plants. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 160, n. 11-12, p. 674-679, 2012.
- FRAVEL, D. Commercialization and implementation of biocontrol. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 43, n.1, p. 337-359, 2005.
- FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.
- GASPERINI, A. M.; HASHIMOTO, E. H.; COELHO, A. R.; HIROOKA, E. Y. Leveduras killer visando o biocontrole de *Fusarium verticillioides* micotoxigênico para a qualidade de milho. In: III Encontro Paranaense de Engenharia de Alimento /UNICENTRO, 2011, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: EPEA, 2011. p.1-12.
- GHAREEB H.; BOZSÓ Z.; OTT P.G.; REPENNING C.; STAHL F.; WYDRA K. Transcriptome of silicon-induced resistance against *Ralstonia solanacearum* in the silicon non-accumulator tomato implicates priming effect. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 75, n. 3, p. 83-89, 2011.
- GOMES, A. M. A.; SILVEIRA, E. B.; MARIANO, R. L. R. Tratamento pós-colheita com cálcio e microrganismos para controle da podridão-mole em tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 108-111, 2005.
- GUÉVEL, M. H.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 119, n. 4, p. 429-436, 2007.
- HAISSAM, J.M. *Pichia anomala* in biocontrol for apples: 20 years of fundamental research and practical applications. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdã, v. 99, n. 1, p. 93–105, 2011.
- HARLAN, J. R.; WET, J. M. J.; STERMLER, A. B. L. Origen of Africa plant domestication. In: DAMANIA, A. B.; VALKOUN, A. J.; WILLCOX, G.; QUALSET, C. (Eds.). **The origen of agriculture and crop domestication**, Syria: ICARDA, IPGRI, FAO e UC/GRCP, 1997, p. 5-10.
- HOPKINS, D. L. Field spread of bacterial fruit blotch of watermelon. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 4, p. 466, 1993.
- HOPKINS, D. L. Spread of bacterial fruit blotch of watermelon in the greenhouse. **Phytopathology**, St. Paul, v. 84, n. 7, p. 755, 1994.
- HOPKINS, D. L. Wet seed treatment with peroxyacetic acid for the control of bacterial fruit blotch and other seedborne diseases of watermelon. **Plant Disease**, St Paul, v. 87, n.5, p. 1495–1499, 2003.

ISAKEIT, T. First report of infection of honeydew with *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Plant Disease**, St. Paul, v.81, n.6, p.694- 700, 1997.

ISAKEIT, T. Bacterial fruit blotch in watermelon. **The Agricultural Extension Service-USA**, Texas, 1999.

ISHIGURO, K. Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KÖRNDORFER, G. H. (Eds.). **Silicon in Agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science. 2001. p. 277-291.

JIJAKLI, M. H.; LEPOIVRE, P. Characterization of an  $\alpha$ -1,3-glucanase produced by *Pichia anomala* strain K, antagonist of *Botrytis cinerea* on apples. **Phytopathology**, Lancaster, v. 88, n. 4, p.335-343, 1998.

KIM, S. G.; KIM, K. W.; PARK, E. W. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves, a cytological mechanism of blast resistance. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 91, n. 6 (supl.), p. S49. 2001.

LASSOIS, L.; De BELLAIRE, L.; JIJAKLI, M. H. Biological control of crown rot of bananas with *Pichia anomala* strain K and *Candida oleophila* strain O. **Biological Control**, v. 45, p. 410-418, 2008.

LATIN, R. X. **Bacterial fruit blotch of cucurbits**. St Paul: Plant Health Progress-USA, 1996. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/management/bacterialblotch/>> Acesso em: 9 jun. 2013.

LATIN, R.; HOPKINS, D. L. Bacterial fruit blotch of watermelon. The hypothetical exam question becomes reality. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, p. 761-765, 1995.

LUZ, W. C. Efeito de microrganismos do filoplano sobre as manchas fúngicas foliares do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 10, n.1, p.79-84, 1985.

MACHADO, M. A. C. F.; BETTIOL, W. Potencial para o biocontrole de *Botrytis cinerea* por leveduras em sistema integrado de cultivo de lírio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.539-545, 2010.

MA, J.F.; MYAKEY, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF et al. **Silicon on Agriculture**. 2001. cap, 2; p. 17-39.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006.

MA, J.F.; TAMAI, K.; YAMAJI, N.; MITANI, N.; KONISHI, S.; KATSUHARA, M.; ISHIGURO, M.; MURATA, Y.; YANO, M. A silicon transporter in rice. **Nature**, New York, v. 440, n. p. 688-691, 2006.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 215p.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B. Mancha-aquosa: importante bacteriose do meloeiro no brasil. **Anais...** Recife, v. 1, p.79-88, 2004.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B. Melões indefesos. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 7, p. 08-10, 2007.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R.; DONATO, V. M. T. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 1, p. 89-111, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 674p.

MCCORMACK, P. J.; WILDMAN, H. G.; JEFFRIES, P. Production of antibacterial compounds by phylloplane inhabiting yeasts and yeastlike fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 60, n. 3, p. 927-931, 1994.

MEDEIROS, F. H.V.; MORAES, I. S. F.; SILVA NETO, E. B.; SILVEIRA, E. B.; MARIANO, R. L. R. Management of melon bacterial blotch by plant beneficial bacteria. **Phytoparasitica**, Rehovot, v. 37, p. 453-460, 2009.

MELLO, M. R. F.; SILVEIRA, E. B.; VIANA, I. O.; GUERRA, M. L., MARIANO, R. L. R. Uso de antibióticos e leveduras para controle da podridão-mole em couve-chinesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 78-83, 2011.

MELO, E.A. **Eficácia de leveduras no biocontrole da mancha aquosa em meloeiro**. 2012, 58f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogenicos. In: Melo, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.) **Controle biológico**. Jaguariúna. Embrapa, 1998, p. 17-67.

MELO, R.A.G.; MARIANO, R.L.R.; MICHEREFF, S.J.; MENEZES, M.; COELHO, R.S.B. Controle biologico da podridao mole do pimentao (*Capsicum annuum*) causada por *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 21, n.3/4, p. 206-212, 1995.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 414, p. 1255-1261, 2005.

MITANI, N.; CHIBA, Y.; YAMAJI, N.; MA, J. F. Identification and characterization of maize and barley Lsi2-like silicon efflux transporter reveals a distinct silicon uptake system from that Rice. **The Plant Cell**, Baltimore, v. 21, p. 2133-2142, 2009.

- MORAES, I. S. F.; MEDEIROS, F. H. V. ; MARIANO, R. L. R. Tratamento de sementes para o controle da mancha-aquosa do melão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 65 – 66. 2002.
- MOURA, M. C. F.; SILVA, S. G. A.; OLIVEIRA, L. C. S.; SANTOS, E. C. Atividades impactantes da cadeia produtiva do melão no agropólo Mossoró/Assú – RN. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n 3, p. 09 – 14, 2011.
- 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.
- 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, L. A.; ABREU JUNIOR, C. H.; CARNEIRO, J. M. T.; BENDASSOLLI, J. A. Mecanismos de absorção do silício pelas plantas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 61-88.
- OLIVEIRA, J. C.; ALBUQUERQUE, G. M. R.; MARIANO, R. L. R.; GONDIM, D. M. F.; OLIVEIRA, J. T. A.; SOUZA, E. B. Reduction of the severity of angular leaf spot of cotton mediated by silicon. **Journal of Plant Pathology**, Piza, v. 94, n. 2, p. 297-304, 2012.
- PICCININ, E.; DI PIERO, R. M.; PASCHOLATI, S. F. Efeito de *Saccharomyces cerevisiae* na produtividade de sorgo e na severidade de doenças foliares no campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 5-9, 2005.
- PRESTON, H. A. F. **Potencial de fontes silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro**. 2013, 142f. Tese (Doutorado em Fitopatologia)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- PUSEY, P. L.; STOCKWELL, V. O.; MAZZOLA, M. Epiphytic bacteria and yeasts on apple blossoms and their potential as antagonists of *Erwinia amylovora*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 99, n. 5, p. 571-581, 2009.
- QIN, G. Z., TIAN, S. P. Enhancement of Biocontrol Activity of *Cryptococcus laurentii* by Silicon and the Possible Mechanisms Involved. **Biological Control**, Montreal, v. 95, n. 1, p. 69-75, 2005.
- QIN, G.Z.; TIAN, S.P.; LIU, H.B.; XU, Y.; Polyphenol oxidase, peroxidase, and phenylalanine ammonium lyase induce in postharvest peach fruit by inoculation with *Pichia membranefaciens* or *Rhizopus stolonifer*. **Agricultural Sciencis in China**, China, v. 1, n. 12, p. 1242-1249, 2002
- QIN, G.Z.; TIAN, S.P.; XU, Y.; WAN, Y.K. Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in sweet cherry fruit. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 62, n. 3, p. 147-154, 2003.

RANE, K. K.; LATIN, R. X. Bacterial fruit blotch of watermelon: Association of the pathogen with seed. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 5, p. 509-512, 1992.

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

RODRIGUES, F. Á.; McNALLY, D. J.; DATNOFF, L. E.; Jones, J. B.; LABBE, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 94, n. 2, p. 177-183, 2004.

RODRIGUES, F. Á.; VALE, F. X. R.; KORNDÖRFER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; OLIVEIRA, A. M. A.; ZAMBOLIM, L. Influence of silicon on sheath blight of rice in Brazil. **Crop Protection**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 23-29, 2003.

RODRIGUES, F.A.; DUARTE, H. S. S.; REZENDE, D. C.; WORDELL FILHO, J. A.; KORNDÖRFER, G. H.; ZAMBOLIM, L. Foliar spray of potassium silicate on the control of angular leaf spot in beans. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 33, n. 14, p. 2082-2093, 2010.

ROLLEMBERG, C. L. **Uso do silício na micropropagação de bananeira visando o controle da murcha-de-fusário e do moko da bananeira**. 2013, 118f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

RUSHING, J. W.; COOK, W. P.; KEINATH, A. P. **Postharvest behavior of watermelon fruit blotch**. In: HOPKINS, D. et al. **Bacterial fruit blotch of watermelon: Citrus & Vegetable Magazine**, Illinois, p. 5-6, 1997.

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. 25p. (Relatório Técnico).

SALES JUNIOR, R.; PONTES FILHO, F.S.T.; NUNES, G.H.S.; TORRES, G.R.C. Eficiência de Acibenzolar-S-Methyl e Oxiclureto de Cobre no Controle de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, Agente Causal da “Mancha-Aquosa” no Meloeiro. **Revista Biologia e Ciência da Terra**, v.7, p. 66- 71, 2007.

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

SANTOS, F. J. de S. **Irrigação do melão: manejo através do tanque classe “A”**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 7 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 11).

SANTOS, E. R.; GOUVEIA, E. R.; MARIANO, R. L. R.; SOUTO-MAIOR, A. M. Biocontrol of bacterial fruit blotch of melon by bioactive compounds produced by *Bacillus* spp. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.376-378, 2006.

SCHAAD, N. W.; SOWELL, G.; GOTH, R. W.; COLWELL, R. R.; WEBB, R. E. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*. **International Journal of Systematic Bacteriology**. Washington, v.28, p117-125, 1978.

SHALABY, M. E. S.; EL-NADY, M. F. Application of *Saccharomyces cerevisiae* as a biocontrol agent against *Fusarium* infection of sugar beet plants. **Acta Biologica Szegediensis**, v. 52, n. 2, p. 271-275, 2008.

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, p. 340, 2003.

SILVA, I. T.; RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, J. R.; PEREIRA, S. C.; ANDRADE, C. C. L.; SILVEIRA, R. P.; CONCEIÇÃO, M. M. Wheat resistance to bacterial leaf streak mediated by silicon. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 158, n. 4, p. 253-262, 2010.

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.

SOMODI, G. C.; JONES, J. B.; HOPKINS, D. L.; STALL, R. E.; KUCHAREK, T. A.; HODGE, N. C.; WATTERSON, 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.

TAVARES, S. C. C. H. Introdução. In: TAVARES, S. C. C. H. (Ed.). **Melão: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p. 9-10. (Frutas do Brasil, 25).

TIAN, S.; WAN, Y.; QIN, G.; XU, Y. Induction of defense responses against *Alternaria rot* by different elicitors in haversted pear fruit. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 70, p. 729-734, 2006.

TRENTIN, L. Origine e botânica del melone. **Supplemento a l'Informatore Agrario**, Sicília, n. 3, p. 5-6, 1998.

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, p. 246, 2003.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Leveduras para o biocontrole de fitopatógenos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.) **Controle Biológico**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente. 1991. p. 41-56, 2000.

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. 4p. (Comunicado Técnico, 50).



WALCOTT, R. R.; LANGSTON, D.; GITAITIS, R. D.; GAY, D.; HOPKINS, D. L.; KUCHAREK, T. A.; LATIN, R.; EGGEL, D.; COOK, W. P.; KEINATH, A. P.; LOVIC, B. **Guidelines for managing bacterial fruit blotch disease**. Georgia, 2001. Disponível em: <<http://www.stalals.com/flyer.htm>>. Acesso em: 20 jun 2013.

WALKER, G. M.; MCLEOD, A. H.; HODGSON, V. J. Interactions between killer yeasts and pathogenic fungi. **FEMS Microbiology Letters**, Wales, v. 127, n. 3, p. 213-222, 1995.

WANG, X.; LI, G.; JIANG, D. H.; HUANG, H. C. Screening of plant epiphytic yeasts for biocontrol of bacterial fruit blotch (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*) of hami melon. **Biological Control**, Montreal, v.50, p. 164–171, 2009.

WEBB, R.E.; GOTH, R. W. A seedborne bacterium isolated from watermelon. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 48, p. 818-821, 1965.

YAO, H.J.; TIAN, S.P. Effect of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 35, n. 3, p. 253-262, 2005.

## Capítulo II

---

*Efeito combinado de leveduras e silício no controle da  
mancha aquosa em meloeiro*

1 **Efeito combinado de leveduras e silício no controle da mancha aquosa em meloeiro**

2

3 **Claudeana S. Conceição<sup>1</sup>, Kátia Cilene S. Felix<sup>1</sup>, Rosa. L. R. Mariano<sup>1</sup>, Erika V.**  
4 **Medeiros<sup>2</sup> & Elineide B. Souza<sup>3</sup>**

5

6 <sup>1</sup>Departamento de Agronomia/Fitossanidade, Universidade Federal Rural de Pernambuco-  
7 UFRPE, 52171-900, Recife, PE, Brasil; <sup>2</sup>Unidade Acadêmica de Garanhuns- UFRPE, 55296-  
8 270, Garanhuns, PE, Brasil; <sup>3</sup>Departamento de Biologia/Microbiologia - UFRPE, 52171-030,  
9 Recife, PE, Brasil.

10

11 Autor para correspondência: Elineide B. Souza, e-mail: elineidebs@yahoo.com.br

12

13 **RESUMO**

14 Foram avaliados o efeito combinado de leveduras antagonistas (*Rhodotorula aurantiaca*  
15 LMA1, *R. glutinis* LMS e *Pichia anomala* CC-2) e silício (Si) no controle da mancha aquosa  
16 (*Acidovorax citrulli*) pela proteção de plântulas e plantas; e analisados possíveis mecanismos  
17 de ação envolvidos no controle. A incorporação de 1,41g Si kg<sup>-1</sup> (silicato de cálcio) ao  
18 substrato e pulverização foliar com as leveduras (1,5 x 10<sup>7</sup> cels mL<sup>-1</sup>), assim como a  
19 pulverização com 17 mM Si (silicato de potássio) e leveduras, em combinação ou  
20 isoladamente, reduziram a severidade da doença, protegendo plântulas e plantas. As plantas  
21 foram inoculadas com *A. citrulli* por pulverização (3,4 x 10<sup>7</sup> UFC mL<sup>-1</sup>), 24 h após os  
22 tratamentos. No entanto, não foi verificado efeito aditivo ou sinérgico das combinações. A  
23 pulverização de LMA1+Si e LMA1 proporcionou os maiores níveis de controle da mancha  
24 aquosa em plantas, sendo superior ao acibenzolar-S-methyl. LMA1 e Si pulverizados em  
25 combinação ou não, protegeram as plantas de meloeiro da infecção por *A. citrulli* por 29 dias.

26 Aumentos nos níveis das enzimas PFO pela pulverização de Si e LMA1 e APX por LMA1+Si  
27 e LMA1 estão provavelmente relacionados à indução de resistência a mancha aquosa.

28 **Palavras-chave:** *Acidovorax citrulli*, *Cucumis melo*, indução de resistência, biocontrole.

29

## 30 INTRODUÇÃO

31 A cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Brasil é de grande importância econômica  
32 para a região Nordeste, principal produtora e exportadora desta fruta no País. Em 1997, a  
33 mancha aquosa, causada por *Acidovorax citrulli*, foi relatada no Rio Grande do Norte (Assis  
34 et al., 1999), expandindo-se posteriormente para os estados do Ceará, Pernambuco, Bahia e  
35 Rio Grande do Sul (Preston, 2013). Acredita-se que a doença foi introduzida no Brasil com a  
36 importação de sementes de melão infectadas (Assis et al., 1999) e elevadas perdas já foram  
37 registradas em plantios no Rio Grande do Norte em períodos chuvosos.

38 No Brasil o manejo da mancha aquosa tem incluído utilização de sementes certificadas;  
39 erradicação de plântulas/plantas com sintomas da doença; destruição de restos de culturas;  
40 eliminação de cucurbitáceas silvestres como melão-pepino (*Solanum muricatum* Ait.), bucha  
41 (*Luffa cylindrica* M. Roemer), cabaça (*Lagenaria vulgaris* Ser.) e melão-de-são-caetano  
42 (*Momordica charantia* L.); pulverizações quinzenais com cúpricos, iniciando-se na floração,  
43 ou antes, e se prolongando até a maturação dos frutos; e quatro pulverizações semanais com o  
44 indutor de resistência acibenzolar-S-metil. Apesar dessas medidas, a doença ainda é fator  
45 limitante à produção de melão no Nordeste, o que justifica a busca de novas medidas de  
46 controle. Considerando que os sintomas da mancha aquosa ocorrem inicialmente nas folhas,  
47 de onde a bactéria é facilmente disseminada para os frutos; e ainda que a doença é transmitida  
48 pelas sementes, é importante que estratégias para o controle da mancha aquosa incluam  
49 tratamento de sementes e da parte aérea da planta.

50 Leveduras e silício (Si) têm sido testados separadamente no controle da mancha aquosa  
51 em meloeiro com resultados promissores (Ferreira, 2009; Wang et al., 2009; Melo 2012;  
52 Preston, 2013). No entanto, nada se conhece da combinação de leveduras e Si no controle  
53 dessa e de outras fitobacterioses. Por outro lado, efeito aditivo ou sinérgico de leveduras e  
54 Si no controle de doenças fúngicas pós-colheita têm sido obtidos (Tian et al., 2005; Farahani  
55 et al., 2012).

56 As respostas de defesas bioquímicas envolvidas no controle da mancha aquosa por  
57 leveduras são desconhecidas, e por Si não foram totalmente elucidadas, necessitando de mais  
58 investigações. As leveduras *Rhodotorula aurantiaca* LMA1, *R. glutinis* LMS e *Pichia*  
59 *anomala* CC-2 não foram capazes de inibir o crescimento de *A. citrulli* e nem produzir toxinas  
60 *killer*, podendo estar envolvido no controle da doença a indução de resistência (Melo, 2012).  
61 Nas plantas tratadas com Si na forma de silicato de cálcio e inoculadas com *A. citrulli* foi  
62 observado um aumento no nível de proteínas solúveis totais e fenóis totais; maior atividade de  
63 APX (Ascorbato peroxidases); e significativa atividade de PFO (polifenoloxidasas) e POX  
64 (peroxidases), sendo associados à redução da severidade da mancha aquosa em meloeiro  
65 (Preston, 2013).

66 Diante do exposto, os objetivos deste estudo foram: (a) avaliar o efeito combinado de  
67 leveduras antagonistas com silício no controle da mancha aquosa através da proteção de  
68 plântulas e plantas; (b) analisar possíveis mecanismos de ação envolvidos no controle.

## 69 MATERIAL E MÉTODOS

### 70 Patógeno e leveduras antagonistas

71 Foi utilizado o isolado Aac1.12 de *A. citrulli*, oriundo de fruto de meloeiro, pertencente  
72 à Coleção de Culturas do Laboratório de Fitobacteriologia da UFRPE (LAFIBAC). A bactéria  
73 foi cultivada em ágar nutritivo-dextrose-extrato de levedura (NYDA) (10 g dextrose, 3 g  
74 extrato de carne, 5 g extrato de levedura, 5 g peptona e 20 g ágar L<sup>-1</sup>) e incubada por 48 h a

75 28±2°C. As suspensões utilizadas nos experimentos foram ajustadas em espectrofotômetro  
76 (Analyser 500 M, Brasil) para  $A_{570} = 0,25$ , que corresponde a  $3,4 \times 10^7$  UFC mL<sup>-1</sup>.

77 Os isolados de leveduras antagonistas *R. aurantiaca* LMA1 e *R. glutinis* LMS foram  
78 obtidos da Coleção de Culturas do LAFIBAC e o isolado *P. anomala* CC-2, da Coleção de  
79 Culturas do Laboratório de Fungos de Solos da UFRPE, provenientes de folhas (LMA1 e  
80 LMS) e frutos (CC-2) de meloeiro. Essas leveduras foram selecionadas e identificadas por  
81 Melo (2012) como eficientes no controle da mancha aquosa nos estádios de semente, plântula  
82 e/ou planta de meloeiro. As leveduras foram cultivadas em meio de cultura Sabouraud-  
83 dextrose-ágar (SDA) (40 g dextrose, 10 g neopeptona e 20 g ágar L<sup>-1</sup>), suplementado com  
84 extrato de levedura (1,5 g L<sup>-1</sup>) e cloranfenicol (50 mg L<sup>-1</sup>) e incubadas durante 48 h a 28 ±  
85 2°C. As concentrações das suspensões foram ajustadas para  $1,5 \times 10^7$  cels mL<sup>-1</sup>, por contagem  
86 em câmara de Neubauer.

### 87 **Fontes de silício e formas de aplicação**

88 Como fontes de Si foram utilizados o silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>), aplicado via  
89 incorporação ao substrato, e o silicato de potássio (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), via pulverização.

90 O silicato de cálcio possuía 16% de óxido de cálcio (CaO) e 64% de óxido de silício  
91 (SiO<sub>2</sub>), sendo o teor de Ca nivelado com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub> - 40% Ca). O produto  
92 foi incorporado ao substrato comercial na dose de 1,41 g de Si kg<sup>-1</sup>. O substrato foi incubado  
93 em sacos plásticos por 25 dias sob alta umidade, e então distribuído em bandejas de  
94 poliestireno expandido. Após esse período, análises químicas do substrato tratado e não  
95 tratado com Si foram realizadas. O silicato de potássio utilizado continha 12,23% de Si, 12,8  
96 g de K<sub>2</sub>O e densidade de 1,3875 g cm<sup>-3</sup>, sendo a concentração para pulverização ajustada para  
97 17 mM Si, pH 10,5 (Preston, 2013).

98 **Efeito combinado de leveduras e silicato de cálcio na proteção de plântulas e plantas de**  
99 **meloeiro**

100 Sementes de meloeiro tipo Amarelo (Mandacaru F1) foram semeadas em bandejas de  
101 poliestireno expandido, contendo substrato comercial Basaplant<sup>®</sup> (BX, BaseAgro, SP) no qual  
102 foi incorporado 1,41 g de Si kg<sup>-1</sup> na forma de silicato de cálcio, 25 dias antes do plantio. Para  
103 o experimento de proteção das plântulas, cinco dias após a emergência, as folhas  
104 cotiledonares foram pulverizadas com suspensão das leveduras LMA1, LMS e CC-2 (1,5 x  
105 10<sup>7</sup> cels mL<sup>-1</sup>), até o escoamento.

106 Visando a proteção das plantas, 10 dias após o semeio em substrato tratado com Si as  
107 plantas foram transplantadas para vasos de 500 mL contendo solo. Cinco dias após a  
108 transferência, o primeiro par de folhas verdadeiras foi pulverizado com suspensão das  
109 leveduras, até o escoamento. Nos dois experimentos, 24 h após o tratamento das plântulas e  
110 plantas com os antagonistas, as folhas foram inoculadas por meio de pulverização da  
111 suspensão de Aac1.12 (3,4 x 10<sup>7</sup> UFC mL<sup>-1</sup>) também até o escoamento (Silveira et al.,  
112 2003), sendo submetidas à câmara úmida de pré e pós-inoculação por 24 h. Nestes e nos  
113 demais experimentos, como controle positivo foi utilizado acibenzolar-S-methyl – ASM na  
114 concentração de 50 mg i.a. L<sup>-1</sup> (Cabral et al., 2010) e como controle negativo as plantas foram  
115 inoculadas apenas com *A. citrulli*. Para melhor aderência o surfactante Tween 80 a 0,03%  
116 (v/v) foi adicionado às suspensões de todos os tratamentos.

117 Após a inoculação do patógeno, as plântulas e plantas foram avaliadas diariamente por  
118 seis e 10 dias, respectivamente, quanto ao aparecimento dos sintomas e severidade da doença,  
119 com auxílio de uma escala descritiva. Em plântulas, foi utilizada a escala descritiva de Araújo  
120 et al. (2005), variando de 0 a 5, na qual 0 = plântulas sem sintomas; 1 a 4 = plântulas com  
121 lesões marginais em uma ou ambas as folhas cotiledonares, variando de 1 a 25%, 26 a 50%,  
122 56 a 75% e de 76 a 100%, respectivamente; e 5 = necrose total das folhas cotiledonares e

123 hipocótilo, tombamento e morte. A escala descritiva de Silveira et al. (2003) foi utilizada  
124 para avaliação da severidade da doença nas plantas, com notas variando de 0 a 6, onde 0  
125 indica folhas sem sintomas e 1-6 indicando, respectivamente, 1-5%, 6-12%, 13-37%, 38-62%,  
126 63-87% e 88 a 100% de área foliar infectada. Com os dados obtidos foi determinado o  
127 período de incubação (PI), sendo que nas plantas sem sintomas foi acrescentado um dia à  
128 última avaliação (Iamsupasit et al., 1993); índice de doença (ID), calculado pela fórmula de  
129 McKinney (1923), e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Shaner &  
130 Finney, 1977).

### 131 **Efeito combinado de leveduras e silicato de potássio na proteção de plântulas e plantas** 132 **de meloeiro**

133 Sementes de meloeiro tipo Amarelo (Mandacaru F1) foram semeadas em bandejas de  
134 poliestireno contendo substrato e as plântulas com seis dias tiveram as folhas cotiledonares  
135 pulverizadas pela combinação das leveduras ( $1,5 \times 10^7$  cels mL<sup>-1</sup>) com Si na forma de silicato  
136 de potássio (17 mM Si, pH 10,5), até o escorrimento.

137 No experimento para proteção das plantas, estas foram transplantadas aos 10 dias após  
138 o semeio para vasos de 500 mL contendo solo, e cinco dias depois o primeiro par de folhas  
139 verdadeiras foi pulverizado pela mistura leveduras+Si. Após 24 h as folhas tratadas de ambos  
140 os experimentos foram pulverizadas com a suspensão do patógeno e avaliadas como descrito  
141 anteriormente.

142 Em todos os experimentos o delineamento foi inteiramente casualizado com nove  
143 tratamentos (LMA1; LMS; CC-2; Si; LMA1+Si; LMS+Si; CC-2+Si; ASM; Controle) e cinco  
144 repetições, sendo cada repetição constituída por 10 plântulas ou cinco plantas. As plântulas  
145 foram irrigadas diariamente e mantidas em casa de vegetação com umidade relativa do ar e  
146 temperatura médias de 58,9% e 32,5 °C, respectivamente, enquanto as condições ambientais



147 dos experimentos com as plantas foram 70,9% de umidade relativa do ar e 34,3 °C de  
148 temperatura.

#### 149 **Compatibilidade *in vitro* de leveduras e silicato de potássio**

150 A compatibilidade *in vitro* das leveduras ao Si na forma de silicato de potássio (17 mM  
151 Si, pH 10,5) foi determinada em cultivo sólido e líquido. Uma alíquota de 500 µL da  
152 suspensão da levedura ( $1,5 \times 10^7$  cels mL<sup>-1</sup>) foi semeada em placas de Petri (18 mm) contendo  
153 meio de cultura DAS. Em seguida, discos de papel filtro esterilizados e embebidos com a  
154 solução de Si foram depositados em pontos equidistantes da placa, sendo água destilada e  
155 esterilizada utilizada como controle negativo. As placas foram mantidas em B.O.D. por 48 h a  
156  $28 \pm 2$  °C, e avaliadas pela observação da presença de halo de inibição do crescimento das  
157 leveduras.

158 Para o ensaio utilizando meio líquido, uma alíquota 500 µL de Si esterilizado por  
159 filtração em filtro Millipore (0,22 µm) foi adicionada em 9 mL do meio SD contidos em tubo  
160 de ensaio. Em seguida, 500 µL da suspensão das leveduras foram adicionados aos tubos os  
161 quais foram incubados a  $28 \pm 2$  °C por 48 h, sendo agitados manualmente duas vezes ao dia.  
162 Tubos de ensaio contendo apenas as leveduras foram utilizados como controle. A inibição do  
163 crescimento da levedura foi determinada pela leitura em espectrofotômetro (Analyser 500 M,  
164 Brasil). O delineamento experimental nos dois testes foi inteiramente casualizado com nove  
165 tratamentos (LMA1; LMS; CC-2; Si; LMA1+Si; LMS+Si; CC-2+Si; ASM; Controle) e com  
166 cinco repetições, sendo cada repetição constituída por um disco de papel filtro ou tubo de  
167 ensaio.

#### 168 **Durabilidade da proteção do meloeiro**

169 No estudo da durabilidade da proteção das plantas de meloeiro à mancha aquosa foram  
170 analisados, em combinação ou não, a levedura LMA1 e Si na forma de silicato de potássio.  
171 Foi utilizada a metodologia do experimento de proteção das plantas de meloeiro com essa

172 fonte de Si. O primeiro par de folhas verdadeiras de plantas com 15 dias foi pulverizado com  
173 Si e procedeu-se a inoculação de *A. citrulli* no 1º, 2º, 3º, 4º e 5º pares de folhas verdadeiras,  
174 respectivamente um, oito, 15, 17 e 19 dias após os tratamentos, em diferentes plantas. As  
175 plantas foram avaliadas diariamente por 10 dias após cada período de inoculação do patógeno,  
176 sendo então determinados os componentes epidemiológicos da doença (PI, ID e AACPD) aos  
177 10, 18, 25, 27 e 29 dias após as inoculações. O delineamento experimental foi inteiramente  
178 casualizado com quatro tratamentos (LMA1, Si, LMA1+Si e Controle), cinco amostragens  
179 (cada amostragem referente ao par de folhas tratadas), com quatro repetições, sendo cada  
180 repetição constituída por cinco plantas. As plantas foram submetidas a regas diárias e  
181 mantidas em casa de vegetação, com médias de umidade relativa do ar e temperaturas de 93%  
182 e 28 °C, respectivamente.

### 183 **Indução de respostas de defesas bioquímicas**

184 Para avaliar a atividade enzimática em plantas de meloeiro pulverizadas com a  
185 combinação LMA1 e Si (silicato de potássio), foram conduzidos experimentos de acordo com  
186 metodologia descrita anteriormente para proteção das plantas de meloeiro com essa fonte de  
187 Si. As amostras foram coletadas no tempo zero (equivalente a 30 min), 96 e 192 h após a  
188 inoculação de *A. citrulli*. Para determinar a atividade enzimática, amostras com 0,1 g das  
189 folhas foram maceradas em N<sub>2</sub> líquido acrescido de 0,05g de polivinilpirrolidona (PVP) e 4  
190 mL do tampão fosfato de potássio (50 mM), pH 7,0. O concentrado foi colocado em  
191 microtubos, centrifugados por 10 min a 10.000 g a 4°C. O sobrenadante foi transferido para  
192 microtubos e conservados em freezer a -20°C. Para a determinação da atividade da catalase  
193 (CAT, EC 1.11.1.6) foi utilizada a metodologia descrita por Havir & Mchale (1987). A  
194 atividade da ascorbato peroxidase (APX, EC 1.11.1.11) foi determinada pela metodologia  
195 de Nakano & Asada (1981) modificada por Koshiba (1993). A determinação da atividade da  
196 peroxidase (POX, EC 1.11.1) foi avaliada de acordo com Urbanek et al. (1991) usando

197 guaiacol e  $\text{H}_2\text{O}_2$  como substrato, e a da polifenoloxidase (PFO, EC 1.10.3.1) foi determinada  
198 pela oxidação do pirogalol (Kar & Mishra, 1976). Todas as atividades enzimáticas foram  
199 medidas em  $\text{U min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ .

## 200 **Análises estatísticas**

201 Todos os experimentos foram conduzidos duas vezes e como foi detectada  
202 reprodutibilidade dos resultados, sem diferenças significativas, realizou-se análise conjunta  
203 dos dados. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistix for  
204 Windows® (versão 9.0, Analytical Software Tallahassee).

## 205 **RESULTADOS**

### 206 **Análises químicas do substrato**

207 As propriedades químicas do substrato foram influenciadas pela incorporação de Si,  
208 alterando a disponibilidade de alguns nutrientes. Verificaram-se aumentos nos níveis de N  
209 (502%),  $\text{K}^+$  (90%), Si (45%), Mn (7%),  $\text{Mg}^{2+}$ (4%) e pH de 5,8 para 6,6, enquanto que  
210 reduções foram observadas nos níveis de P (17%),  $\text{Ca}^{+2}$ (9%) e  $\text{Na}^+$  (3%) .

### 211 **Efeito combinado de leveduras e silicato de cálcio na proteção de plântulas e plantas de** 212 **meloeiro**

213 A incorporação de Si ao substrato combinado à pulverização foliar com as leveduras,  
214 assim como os tratamentos isoladamente, foram eficientes em proteger as plântulas e plantas  
215 da infecção por *A. citrulli*, aumentando o PI e reduzindo o ID e/ou AACPD (Tabela 1). No  
216 entanto, não foi verificado efeito aditivo ou sinérgico das combinações, as quais não  
217 diferiram significativamente ( $P \leq 0,05$ ) dos tratamentos contendo apenas as leveduras. Nas  
218 plântulas somente na combinação CC-2+Si foi obtida uma redução da severidade da doença  
219 de 51%, maior que a utilização isolada do Si.

220 As combinações LMA1+Si e CC-2+Si em plantas foram tão eficientes quanto o ASM  
221 (padrão positivo) em reduzir o ID e a AACPD , diferindo significativamente do controle e do

222 tratamento Si, embora sem diferirem dos tratamentos com as leveduras isoladamente (Tabela  
223 1).

### 224 **Efeito combinado de leveduras e silicato de potássio na proteção de plântulas e plantas** 225 **de meloeiro**

226 A pulverização das plântulas e plantas de meloeiro com as leveduras e Si (silicato de  
227 potássio) em combinação ou isoladamente, foram eficientes em aumentar o PI e reduzir a  
228 severidade da mancha aquosa (ID e AACPD) (Tabela 2). Contudo, também não foi observado  
229 efeito aditivo ou sinérgico das interações no controle da doença.

230 A combinação CC-2+Si, embora diferindo significativamente ( $P \leq 0,05$ ) do controle, foi  
231 a menos eficiente em controlar a mancha aquosa em plântulas. Esta combinação foi  
232 significativamente diferente de todos os tratamentos testados, exceto CC-2. Diferenças não  
233 foram observadas entre as outras combinações testadas e os tratamentos com as leveduras ou  
234 Si usados isoladamente (Figura 1). Em plantas, a combinação LMA1+Si proporcionou os  
235 maiores níveis de controle da mancha aquosa, aumentando o PI em sete dias e reduzindo o ID  
236 e AACPD em respectivamente 87 e 65%, sem diferir apenas do tratamento com essa levedura.  
237 Essa combinação foi mais eficiente do que o ASM em controlar a mancha aquosa.

### 238 **Compatibilidade in vitro de leveduras e silicato de potássio**

239 Não foi observada a formação de halos de inibição de crescimento de levedura nas  
240 culturas sólidas ou de redução da densidade de inoculo nas culturas líquidas, indicando que o  
241 Si não inibiu o crescimento das três leveduras testadas.

### 242 **Durabilidade da proteção do meloeiro**

243 A proteção das plantas de meloeiro através da pulverização de LMA1, Si e LMA1+Si  
244 no 1º par de folhas verdadeiras (plantas com 15 dias) foi verificada durante todo o período de  
245 avaliação, ou seja, até os 29 dias após os tratamentos quando foram obtidos aumentos de PI de  
246 seis dias, e reduções de ID e AACPD de 83% com a combinação LMA1+Si (Figura 1).

247 Contudo, esta combinação foi mais eficiente do que LMA1 em controlar a mancha aquosa até  
248 os 25 dias, e do que o Si durante todo o período.

### 249 **Indução de respostas de defesas bioquímicas**

250 Os tratamentos com levedura, Si e combinação não induziram aumentos nem  
251 decréscimos significativos nos níveis de POX e CAT (Figura 2A, 2B). Os maiores aumentos  
252 na atividade de PFO foram observados 96 h após a inoculação do patógeno pela pulverização  
253 das plantas com Si e as 192 h por LMA1 (Figura 2C). A maior atividade da APX foi  
254 verificada 96 h após a inoculação para a combinação LMA1+Si e LMA1 (Figura 2D).

### 255 **DISCUSSÃO**

256 As leveduras utilizadas na presente pesquisa haviam sido selecionadas dentre um total  
257 de 60 isolados, pela eficiência no controle da mancha aquosa em diferentes estádios de  
258 desenvolvimento do meloeiro (plântula, planta, semente), reduzindo o ID e AACPD em até  
259 58,6 e 47,2%, respectivamente, em plantas (Melo, 2012). Da mesma forma, Si incorporado ao  
260 solo, na forma de silicato de cálcio também reduziu a severidade da doença em meloeiro  
261 (Ferreira, 2009; Preston, 2013). Diante do potencial dessas leveduras e do Si no controle da  
262 mancha aquosa, um efeito aditivo ou sinérgico desta combinação era esperado.

263 No entanto, não foi constatado efeito aditivo ou sinérgico das combinações dos  
264 isolados das leveduras LMA1, LMS e CC-2 pulverizadas nas plântulas e plantas de meloeiro  
265 com o Si incorporado ao substrato (Tabela 1). Embora as combinações tenham sido eficientes  
266 na proteção de plântulas e plantas, as leveduras aplicadas isoladamente apresentaram a mesma  
267 eficácia. Inclusive, as combinações LMA1+Si e CC-2+Si e as leveduras isoladamente  
268 evidenciaram efeito protetor similar ao ASM. Possivelmente, o Si não potencializou o efeito  
269 antagônico das leveduras no controle da mancha aquosa, como obtido em outras interações no  
270 controle de doenças em pós-colheita (Qin & Tian, 2005; Farahani et al., 2012).

271 Embora na maioria das pesquisas o Si seja incorporado ao solo, o tratamento do  
272 substrato com Si evidenciou a melhoria das suas propriedades químicas, em particular os  
273 níveis de N, K e Si e tornando o pH mais próximo da neutralidade. Esse resultado indica a  
274 viabilidade do uso dessa técnica pelo agricultor, uma vez que o tratamento do substrato é mais  
275 fácil e barato. O aumento do conteúdo de Si e outros nutrientes em solos tratados com  
276 diferentes fontes de Si já foi observado em outras pesquisas (Lana et al., 2003; Ferreira, 2009;  
277 Preston, 2013). No solo, os silicatos atuam de forma semelhante ao carbonato de cálcio e  
278 magnésio, corrigindo a acidez por meio da elevação do pH e redução dos teores de H+Al;  
279 neutralizando o Al trocável; e ainda aumentando a disponibilidade de Si solúvel (Epstein,  
280 1999).

281 O aumento do PI e a redução da severidade da doença (ID e AACPD) foram obtidos  
282 pela pulverização combinada de leveduras e Si em plântulas e plantas de meloeiro, mesmo  
283 sem efeito aditivo ou sinérgico no controle da doença (Tabela 2). Por outro lado, a ausência  
284 de inibição do crescimento das leveduras pelo silicato de potássio, evidenciada *in vitro*, tanto  
285 no cultivo sólido quanto líquido, indicaria a possibilidade de um efeito sinérgico no  
286 controle, o que não foi observado. Destacou-se na redução da severidade da mancha aquosa a  
287 combinação LMA1+Si (87%), porque mesmo com eficiência similar ao uso isolado da  
288 levedura (80%), foi superior ao efeito do ASM, utilizado como controle positivo. Isto explica  
289 a escolha dessa combinação para os estudos de durabilidade da proteção do meloeiro e  
290 atividade bioquímica.

291 O indutor ASM foi utilizado como controle positivo nos testes porque tem mostrado  
292 eficácia no controle da mancha aquosa quando comparado a outros indutores e defensivos  
293 usados por produtores e em pesquisas, tanto em condições de casa de vegetação (Cabral et al.,  
294 2010) quanto de campo (Sales Junior et al., 2007), além de ser registrado para o patossistema  
295 meloeiro x mancha aquosa no Brasil (Agrofit, 2003). Em plântulas, foi obtida uma proteção

296 total (100% de controle) pela pulverização desse indutor na dose 50 mg i.a. L<sup>-1</sup>. Dessa forma,  
297 outras leveduras e fontes de Si precisam ser testadas em plântulas visando à obtenção de um  
298 nível de controle similar a esse produto.

299 A redução da severidade da mancha aquosa observada com as combinações ou não das  
300 leveduras e Si é de grande relevância, porque no ciclo desta doença as lesões foliares atuam  
301 como fonte de inóculo para os frutos (Latin & Hopkins, 1995). Frutos de melão são altamente  
302 suscetíveis a mancha aquosa (Bahar et al., 2009) e sob condições de temperatura e umidade  
303 elevadas, perdas totais podem ocorrer em campos afetados, uma vez que frutos sintomáticos  
304 não são comercializáveis (Preston, 2013).

305 Com relação à durabilidade da proteção do meloeiro pelo uso de leveduras e Si, em  
306 combinação ou não, foi verificada uma proteção por um período de 29 dias (limite máximo da  
307 avaliação), destacando-se uma maior redução da severidade da doença de 83%, 25 dias após a  
308 pulverização da combinação de LMA1+Si (Figura 1). Atualmente são recomendadas  
309 aplicações quinzenais ou semanais de fungicidas cúpricos, iniciando-se na floração, ou antes,  
310 e se prolongando até a maturação dos frutos (Walcott et al., 2001); e quatro pulverizações, em  
311 intervalos semanais, do indutor ASM na dose de 25 g ha<sup>-1</sup> (Sales Júnior et al., 2007. Dessa  
312 forma, os resultados obtidos são promissores, uma vez que as leveduras e/ou Si precisariam  
313 ser aplicados apenas duas vezes durante o ciclo da cultura.

314 Testes *in vitro* realizados por Melo (2012) evidenciaram a ausência de efeitos diretos  
315 das leveduras LMA1, LMS e CC-2, bem como do silicato de cálcio e do silicato de potássio  
316 (Ferreira, 2009; Preston, 2013) sobre *A. citrulli*. Por outro lado, a constatação da durabilidade  
317 da proteção das plantas de meloeiro pelo uso da levedura LMA1 e Si no presente trabalho é  
318 um indicativo da indução de resistência da planta como mecanismo de controle.

319 Plantas pulverizadas com a levedura LMA1 e inoculadas com *A. citrulli* apresentaram  
320 aumento da atividade das enzimas APX e PFO (Figura 2), que podem se combinar para

321 aumentar a resistência à doença. O Si (silicato de potássio) induziu aumento apenas no nível  
322 de PFO em meloeiro. Nesse mesmo patossistema, porém, utilizando o silicato de cálcio,  
323 Preston (2013) verificou além de PFO, aumentos na atividade das enzimas APX e POX.

324 Mesmo tendo sido verificada a indução de resistência pela levedura LMA1 e Si, a  
325 combinação LMA1+Si não potencializou as respostas de defesa da planta quanto à expressão  
326 das enzimas APX e PFO (Figura 2). Adicionalmente, a POX e a CAT não foram induzidas  
327 pela levedura e Si, isoladamente ou em combinação. Essas e outras enzimas já foram  
328 sugeridas como mecanismos de indução de resistência de leveduras e Si no controle de  
329 doenças de plantas (Yao & Tian, 2005; Silva et al., 2010; Alavi Fard et al., 2012; Oliveira et  
330 al., 2012). Nas respostas de defesa bioquímica em plantas, as APXs são enzimas importantes  
331 na eliminação de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), tanto no citosol quanto nos cloroplastos da  
332 célula vegetal (Inzé & Montagu, 1995), onde utilizam o ascorbato como doador específico de  
333 elétrons na redução de  $H_2O_2$  a água. Isto ocorre porque embora  $H_2O_2$  tenha uma importante  
334 função na proteção de plantas, agindo sobre as membranas bacterianas, sua excessiva  
335 acumulação é prejudicial ao hospedeiro, conduzindo a oxidação de proteínas, ácidos graxos e  
336 DNA, causando assim danos e eventual morte celular (Halliwell, 2006; Oliveira et al., 2012).  
337 Já as PFOs têm as funções de metabolismo de fenóis e mecanismo de defesa da planta contra  
338 fitopatógenos. O aumento da atividade de PFO pode contribuir para defesa da planta através  
339 da produção de formas oxidativas de quinonas, o que pode inativar as enzimas pectinolíticas  
340 produzidas pelos patógenos (Hindumathy, 2012). A verificação do aumento da atividade da  
341 enzima PFO, sugere possível atuação de quinonas na redução da severidade da mancha  
342 aquosa.

343 A constatação da produção de PFO por LMA1 e Si, e APX por LMA1+Si e LMA1 aos  
344 96 ou 192 h não seria o suficiente para fundamentar a durabilidade da proteção, detectada até



345 29 dias, indicando que outras enzimas não investigadas podem também ser responsáveis pela  
346 indução de resistência.

347 Os resultados obtidos neste trabalho confirmaram a eficácia da atividade das leveduras  
348 antagonistas (Melo, 2013) e do Si (Ferreira, 2009; Preston, 2013) no controle da mancha  
349 aquosa e indicaram a ausência de efeito aditivo ou sinérgico da combinação destes. Dessa  
350 forma, considerando a eficiência de controle, a durabilidade da proteção, o aumento da  
351 expressão de enzimas relacionadas à indução de resistência e a viabilidade do tratamento pela  
352 pulverização de plântulas e plantas, a levedura LMA1 deverá ser testada em condições de  
353 campo, para que futuras formulações sejam desenvolvidas.

#### 354 **AGRADECIMENTOS**

355 A CAPES pela concessão da bolsa de estudo a Claudeana S. Conceição e de pesquisa a Kátia  
356 C. S. Felix, e ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa a Rosa L. R. Mariano e Elineide  
357 B. Souza.

#### 358 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 359 Agrofit. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, 2003. Disponível em: [www.agrofit.agricultura.gov.br / agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://www.agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acessado em 12 de maio de 2013.
- 360
- 361 Alavi Fard F, Etebarian HR, Sahebani N (2012) Biological control of gray mold of apple by  
362 *Candida membranifaciens*, *Rhodotorula mucilaginosa* and *Pichia guilliermondii*. Iranian  
363 Journal of Plant Pathology 48:17-26.
- 364 Araújo DV, Mariano RLR, Michereff SJ (2005) Inoculation methods of *Acidovorax avenae*  
365 subsp. *citrulli* in melon. Summa Phytopathologica 31:69-73.
- 366 Assis SMP, Mariano RLR, Silva-Hanlin DMW, Duarte V (1999) Mancha-aquosa do melão  
367 causada por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* no Estado do Rio Grande do Norte.  
368 Fitopatologia Brasileira 24:191.

- 369 Bahar O, Kritzman G, Burdman, S (2009) Bacterial fruit blotch of melon: screens for disease  
370 tolerance and role of seed transmission in pathogenicity. *European Journal Plant Pathology*  
371 123:71-83.
- 372 Cabral CP, Gama MAS, Alexandre ER, Mariano RLR, Silveira EB (2010) Efeito de  
373 acibenzolar-S-metil, mananoligossacarídeo e bioflavonóides cítricos no controle da mancha-  
374 aquosa e no crescimento do meloeiro. *Tropical Plant Pathology* 35:119-123.
- 375 Epstein E (1999). Silicon. *Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology*  
376 50:641-664.
- 377 Farahani L, Etebarian HR, Sahebani N, Aminian H (2012) Effect of two strains of  
378 antagonistic yeasts in combination with silicon against two isolates of *Penicillium expansum*  
379 on apple fruit. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3:18-23.
- 380 Ferreira HA (2009) Silício no controle da mancha aquosa em meloeiro (*Cucumis melo* L.).  
381 Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife PE.
- 382 Halliwell B (2006) Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme  
383 of aerobic life. *Plant Physiology*, 141:312-322.
- 384 Havar EA, Mchale NA (1987) Biochemical and development characterization of multiple  
385 forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiology* 84:450-455.
- 386 Hindumathy CK (2012) The defense activator from yeast for rapid induction of resistance in  
387 susceptible pearl millet hybrid against downy mildew disease. *International Journal of*  
388 *Agriculture Sciences* 4:196-201.
- 389 Iamsupasit N, Chakraborty S, Cameron DF, Adkins SW (1993) Components of quantitative  
390 resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) in tetraploid accessions of the  
391 pasture legume *Stylosanthes hamata*. *Australian Journal of Experimental Agriculture*  
392 33:855-860.

- 393 Inzé D, Montagú MV (1995) Oxidative stress in plants. *Current opinion in Biotechnology*  
394 6:153-158.
- 395 Kar M, Mishra D (1976) Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice  
396 leaf senescence. *Plant Physiology* 57:315-319.
- 397 Koshiha T (1993) Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea*  
398 *mays*). *Plant and Cell Physiology* 34:713-721.
- 399 Lana RMQ, Kornodorfer GH, Zañão LA, Silva AF (2003) Efeito do silicato de cálcio sobre a  
400 produtividade e acumulação de silício no tomateiro. *Bioscience Journal* 19:15-20.
- 401 Latin R, Hopkins DL (1995) Bacterial fruit blotch of watermelon. The hypothetical exam  
402 question becomes reality. *Plant Disease* 79:761-765.
- 403 Mckinney RH (1923) Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat  
404 seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Research* 6:195-218.
- 405 Melo EA (2012) Eficácia de leveduras no biocontrole da mancha aquosa em meloeiro.  
406 Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife PE.
- 407 Nakano Y, Asada K (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific  
408 peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology* 22:867-880.
- 409 Oliveira JC, Albuquerque GMR, Mariano RLR, Gondim DMF, Oliveira JTA, Souza EB,  
410 (2012) Reduction of the severity of angular leaf spot of cotton mediated by silicon. *Journal of*  
411 *Plant Pathology* 94:297-304.
- 412 Preston HAF (2013) Potencial de fontes silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro.  
413 Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife PE.
- 414 Sales Junior R, Pontes Filho FST, Nunes GHS, Torres GRC (2007) Eficiência de  
415 Acibenzolar-S-Methyl e Oxicloreto de Cobre no Controle de *Acidovorax avenae* subsp.  
416 *citrulli*, Agente Causal da “Mancha-Aquosa” no Meloeiro. *Revista de Biologia e Ciências da*  
417 *Terra* 7:66-71.

- 418 Silva IT, Rodrigues FA, Oliveira JR, Pereira SC, Andrade CCL, Silveira RP, Conceição MM  
419 (2010) Wheat resistance to bacterial leaf streak mediated by silicon. *Journal of*  
420 *Phytopathology* 158:253-262.
- 421 Silveira EB, Michereff SJ, Mariano RLR (2003) Severidade da mancha-aquosa em meloeiro  
422 sob diferentes condições de molhamento foliar e concentração de inóculo de *Acidovorax*  
423 *avenae* subsp. *citrulli*. *Fitopatologia Brasileira* 28:171-175.
- 424 Tian SP, Qin GZ, Xu Y (2005) Synergistic effects of combining biocontrol agents with silicon  
425 against postharvest diseases of jujube fruit. *Journal of Food Protection* 68:544–550.
- 426 Urbanek H, E Kuzniak-Gebarowska, K Herka (1991) Elicitation of defense responses in bean  
427 leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase. *Acta Physiologiae Plantarum* 13:43-50.
- 428 Walcott RR, Langston D, Gitaitis RD, Gay D, Hopkins DL, Kucharek TA, Latin R, Eggel D,  
429 Cook WP, Keinath AP, Lovic B (2001) Guidelines for managing bacterial fruit blotch disease.  
430 Georgia. Disponível em: [www.stalals.com/flyer.htm](http://www.stalals.com/flyer.htm). Acessado em: 20 junho 2013.
- 431 Wang X, Li G, Jiang DH, Huang HC (2009) Screening of plant epiphytic yeasts for biocontrol  
432 of bacterial fruit blotch (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*) of hami melon. *Biology Control*  
433 50:164–171.
- 434 Yao HJ, Tian SP (2005) Effects of a biocontrol agent and methyl jasmonate on postharvest  
435 diseases of peach fruit and the possible mechanisms involved. *Journal of Applied*  
436 *Microbiology* 98:941- 950.
- 437
- 438
- 439
- 440
- 441

442 **Tabela 1** - Efeito combinado do tratamento do substrato com silício (silicato de cálcio) e  
 443 pulverização das plântulas e plantas de meloeiro com leveduras no controle da mancha  
 444 aquosa, avaliado pelo período de incubação (PI), índice de doença (ID) e área abaixo da curva  
 445 de progresso da doença (AACPD), em casa de vegetação

Tratamento	Plântulas <sup>1</sup>			Plantas <sup>2</sup>		
	PI (dias)	ID (%)	AACPD	PI (dias)	ID (%)	AACPD
Controle	1,5 d <sup>3</sup>	103,6 a	8,7 a	1,8 d	87,8 a	15,2 a
ASM (acibenzolar-S-metil)	7,0 a	0,00 d	0,0 d	9,6 a	6,4 d	0,8 d
Silício	2,3 bc	82,6 b	7,1 ab	3,4 cd	49,2 b	8,6 b
LMA1 ( <i>R. aurantiaca</i> )	2,8 bc	54,2 c	4,6 c	7,0 b	22,8 cd	3,8 cd
LMA1 + Si	2,7 bc	65,8 bc	5,6 bc	7,2 ab	17,4 d	2,8 d
LMS ( <i>R. glutinis</i> )	2,1 c	74,8 b	6,3 b	4,0 cd	46,4 bc	8,2 b
LMS + Si	2,3 bc	65,6 bc	6,0 bc	5,2 bc	41,8 bc	7,0 bc
CC-2 ( <i>P. anomala</i> )	2,5 bc	65,6 bc	5,7 bc	6,8 b	22,6 cd	3,4 cd
CC-2 +Si	2,9 b	50,4 c	4,3 c	7,0 b	24,4 cd	3,8 cd
CV (%)	11,0	13,9	14,6	21,5	33,0	31,3

446 <sup>1</sup> Média de 5 repetições com 10 plântulas cada;

447 <sup>2</sup> Média de 5 repetições com 5 plantas cada;

448 <sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo

449 teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

450

451

452

453

454 **Tabela 2** - Efeito combinado da pulverização de plântulas e plantas de meloeiro com silício  
 455 (silicato de potássio) e leveduras, no controle da mancha aquosa, avaliado pelo período de  
 456 incubação (PI), índice de doença (ID), e área abaixo da curva de progresso da doença  
 457 (AACPD), em casa de vegetação

Tratamento	Plântulas <sup>1</sup>			Plantas <sup>2</sup>		
	PI (dias)	ID (%)	AACPD	PI (dias)	ID (%)	AACPD
Controle	2,24 g <sup>3</sup>	97,1 a	8,0 a <sup>4</sup>	2,0 d	80,3 a	1,2 a <sup>5</sup>
ASM (acibenzolar-S-metil)	7,0 a	0,00 e	0,0 e	7,5 b	24,3 cd	0,7cd
Silício	5,2cd	17,8 d	1,5 cd	6,7 bc	24,6 cd	0,7 bcd
LMA1 ( <i>R. aurantiaca</i> )	6,0 b	12,2 de	0,9d	7,8 ab	16,4 de	0,6 de
LMA1 + Si	5,7 bc	16,6 d	1,2 cd	9,0 a	10,7 e	0,4 e
LMS ( <i>R. glutinis</i> )	4,9 de	23,8 cd	1,8 c	5,6 c	36,8 b	0,9bc
LMS + Si	5,1 cd	25,1 cd	1,9 c	5,9 c	30,2 bc	0,8 bc
CC-2 ( <i>P. anomala</i> )	4,2 ef	36,1 bc	3,0 b	5,3 c	37,8 b	0,9 b
CC-2 +Si	3,9 f	38,8 b	3,3 b	5,6 c	32,9 bc	0,8 bc
CV (%)	10,1	9,8	11,0	16,4	25,7	14,6

458 <sup>1</sup> Média de 5 repetições com 10 plântulas cada;

459 <sup>2</sup> Média de 5 repetições com 5 plantas cada;

460 <sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo

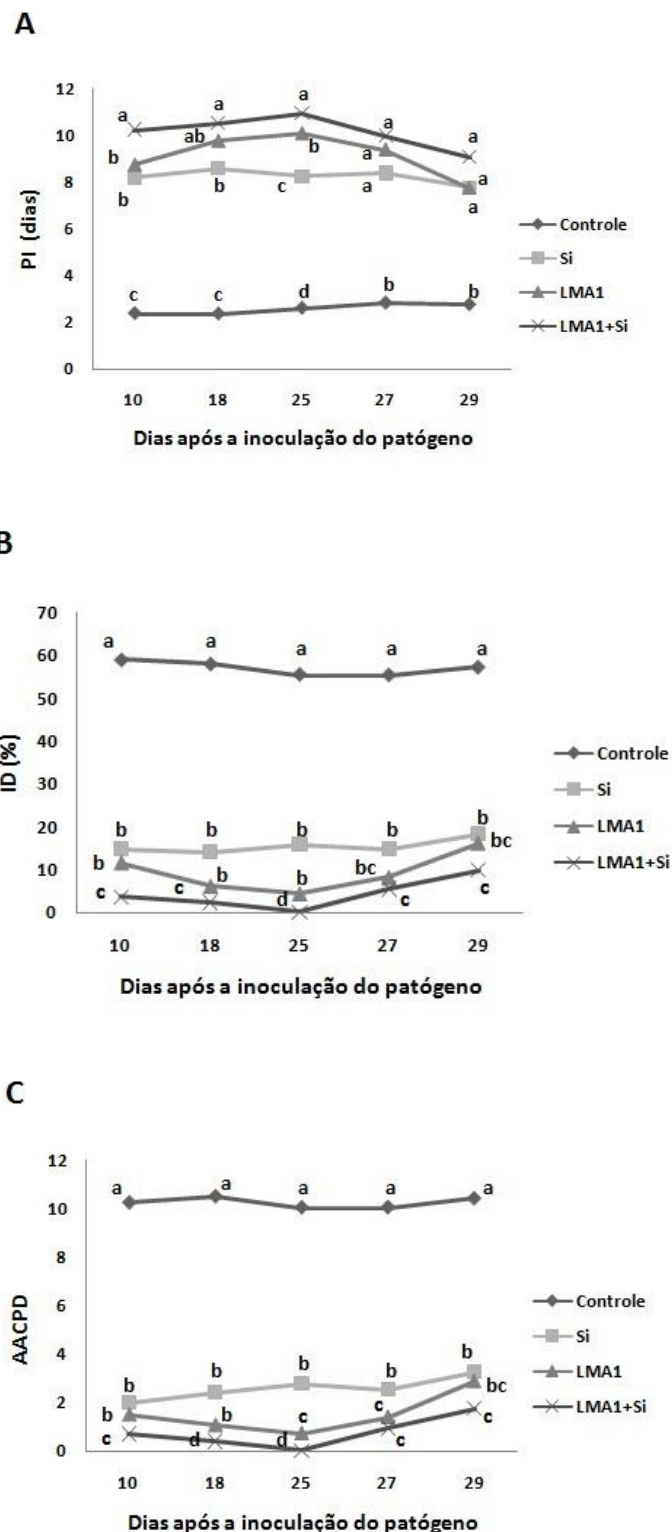
461 teste de Tukey (P≤0,05);

462 <sup>4</sup> Dados transformados  $\sqrt{x+0,5}$ ;

463 <sup>5</sup> Dados transformados (log x+1).

464

465



466

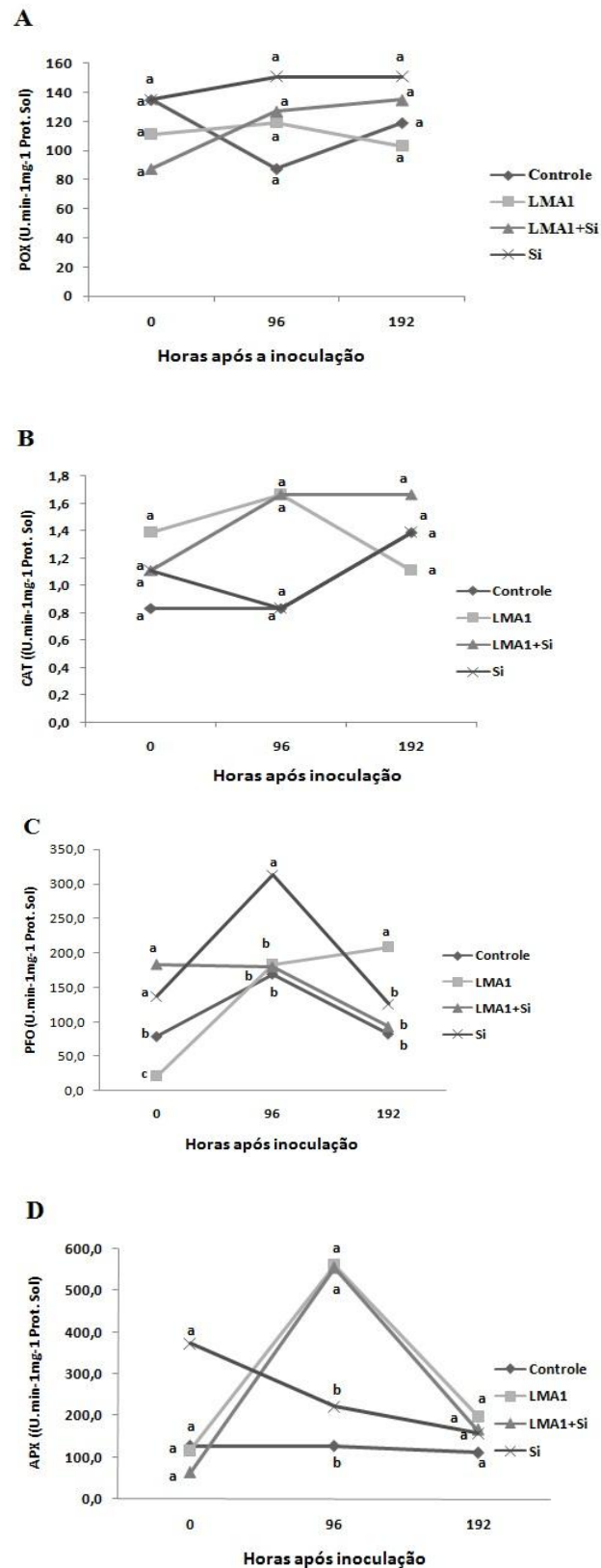
**B**

467

**C**

468

469 **Figura 1-** Durabilidade da proteção de plantas de meloeiro à mancha aquosa através da pulverização  
 470 da levedura LMA1 (*R. aurantiaca*) e silício (silicato de potássio), em mistura ou isoladamente,  
 471 seguida da inoculação de *Acidovorax citrulli* no 1º, 2º, 3º, 4º e 5º. par de folhas verdadeiras, e  
 472 avaliação 10 dias após as inoculações do patógeno, respectivamente 10, 18, 25, 27 e 29 dias. Período  
 473 de incubação (PI) (A), índice de doença (ID) (B) e área abaixo da curva de progresso da doença  
 474 (AACPD) (C), Médias seguidas pela mesma letra em cada período não diferem significativamente  
 475 entre si pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



476

477

478

479

480 **Figura 2** – Atividade enzimática em plantas de meloeiro pulverizadas com a levedura LMA1 (*R.*  
 481 *aurantiaca*) e silício (silicato de potássio), em mistura ou isoladamente, e inoculadas após 24 h com  
 482 *Acidovorax citrulli*. Avaliações realizadas a 0 (equivalente a 30 minutos), 96 e 192 h após a inoculação  
 483 do patógeno. **A.** peroxidase (POX); **B.** catalase (CAT); **C.** polifenoloxidase (PFO); **D.** ascorbato  
 484 peroxidase (APX). Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste LSD ( $P \leq 0,05$ ).



---

*Conclusões Gerais*

## CONCLUSÕES GERAIS

- Todos os tratamentos com silício (silicato de cálcio e potássio) e leveduras reduziram a severidade da mancha aquosa em plântulas e plantas de meloeiro;
- Não foi observado efeito aditivo ou sinérgico das combinações entre leveduras e silício;
- A levedura *Rhodotorula aurantiaca* LMA1, isolada ou em combinação com o Si (silicato de potássio), se destacou na proteção de plantas de meloeiro;
- O aumento da atividade das enzimas PFO e APX está provavelmente relacionado à indução de resistência a mancha aquosa pela levedura LMA1 isolada ou combinada ao Si.
- O isolado LMA1 é um agente em potencial de biocontrole da mancha aquosa.