

## **Métodos biológico e alternativo no controle da mancha aquosa no meloeiro**

### **Biological and alternative methods to control watery spot in melon**

DOI:10.34117/bjdv7n1-338

Recebimento dos originais: 13/12/2020

Aceitação para publicação: 13/01/2021

#### **Andréa Celina Ferreira Demartelaere**

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB/CCA/Campus II)  
e Professora em Agroecologia

Instituição: Escola Técnica Estadual Senador Jessé Pinto Freire

Endereço: Rua Monsenhor Freitas, 648, Centro, Parazinho-RN, Brasil

E-mail: andrea\_celina@hotmail.com

#### **Hailson Alves Ferreira Preston**

Doutor em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e  
Professor Adjunto em Fitopatologia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: hailson\_alves@hotmail.com

#### **Welka Preston**

Doutora em Ciência do solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
e Professora Titular de Gestão Ambiental

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Endereço: Rua Professor Antônio Campos, BR 110, S/N, Costa e Silva  
Mossoró-RN, Brasil

E-mail: welkapreston@hotmail.com

#### **Wayka Preston Leite Batista da Costa**

Engenheira Agrônoma da Universidade Federal do Oeste do Pará

Endereço: Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós) Bairro Salé - CEP 68040-255/  
Santarém-PA, Brasil

E-mail: waykapreston@hotmail.com

#### **Tatiane Calandrino da Mata**

Doutoranda em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
(UNIOESTE)

Instituição: Programa de Pós-graduação em Agronomia na Universidade Estadual do  
Oeste do Paraná

Endereço: Rua Pernambuco, 1777, Caixa Postal: 91, Marechal Cândido Rondon-PR,  
Brasil

E-mail: tatiane\_calandrino@yahoo.com.br

#### **Cícero Nicolini**

Doutor em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
Professor Adjunto em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Piauí  
Endereço: Rua Campo Velho, S/N, BR-343, Floriano-PI, Brasil  
E-mail: ciceronicolini@cca.uespi.br

**Jaltieri Bezerra de Souza**

Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB/CCA/Campus II)

Instituição: Programa de Pós-graduação em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências Agrárias - Campus II

Endereço: Rodovia PB 079, Km 12, Caixa Postal: 66, Areia-PB, Brasil

E-mail: jaltierotecseg@gmail.com

**Leoclécio Luís de Paiva**

Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Bolsista no IDEMA

Instituição: Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA)

Endereço: Av. Alm. Alexandrino de Alencar, 1701, Tirol, Natal - RN, Brasil

E-mail: leoclecio@hotmail.com

**Damiana Cleuma de Medeiros**

Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e Professora Adjunta em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: damianacm@hotmail.com

**Francisco Mamedes de Araújo Campos**

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: fmac45@hotmail.com

**Thiago Pereira de Paiva Silva**

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: thiago.pereira\_14@hotmail.com

**Euler dos Santos Silva**

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: euler\_rn@hotmail.com

**Débora Candido**

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: dbcandido2@gmail.com

**Felix Rosendo Amaro de Lima**

Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: flxrosendo@gmail.com

**Maria Luiza de Souza Medeiros**

Doutoranda em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB/CCA/Campus II)

Instituição: Programa de Pós-graduação em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências Agrárias - Campus II

Endereço: Rodovia PB 079, Km 12, Caixa Postal: 66, Areia-PB, Brasil

E-mail: luizamedeiros30@hotmail.com

**Adriana dos Santos Ferreira**

Mestre em Ciências Florestal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestal na Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: ferreiraufra@gmail.com

**Jônathas de Albuquerque Monteiro Bezerra**

Estudante de Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: jonathas97monteiro@gmail.com

**Damião Ferreira Silva Neto**

Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: damiaoneto222@gmail.com

**Stephanni Ingrid de Souza Silva**

Graduada em Ciência Florestal pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/EAJ)

Endereço: Rodovia RN 160, Km 03, S/N, Distrito de Macaíba-RN, Brasil

E-mail: stephanniflorestal@gmail.com

**RESUMO**

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças mais relevantes no mundo. Devido ao manejo inadequado inúmeras doenças como a mancha aquosa vem acometendo está

cultura, causando prejuízos econômicos pela redução da quantidade e/ou qualidade de frutos comercializados. As medidas eficientes para controle da doença são escassas, e após introduzida em uma área, é de difícil erradicação. Assim, alternativas para o seu controle devem ser avaliadas e, dentre elas, cita-se os controles: biológico e alternativo, através de leveduras biocontroladoras e o uso de silício. A presente revisão teve como objetivo elucidar os métodos biológico e alternativo no controle da mancha-aquosa no meloeiro. A mancha aquosa vem sendo assinalada como uma doença de grande impacto econômico mundial, com riscos elevados para cucurbitáceas, principalmente para o meloeiro. No entanto, o estabelecimento de algumas estratégias alternativas através do biocontrole utilizando as leveduras e o Silício, vem demonstrando resultados promissores para o manejo da doença, possibilitado a redução das perdas nos campos de produção e garantido a melhoria na qualidade dos frutos.

**Palavras-chave:** *Acidovorax citrulli*, *Cucumis melo*, Indução de resistência, Leveduras, Silício.

### ABSTRACT

The melon tree (*Cucumis melo* L.) is one the most relevant vegetables in the world. Due to inadequate handling, countless diseases such as water stain have been affecting this crop, causing economic losses due to the reduction in quantity and/or quality of commercialized fruits. Efficient measures to control the disease are scarce, and once introduced in an area, it is difficult to eradicate. Thus, alternatives for its control must be evaluated and, among them, the controls are mentioned: biological and alternative, through biocontroller yeasts and the use silicon. The present review aimed to elucidate the biological and alternative methods to control watermelon in melon. The watery spot has been identified as a disease of great economic impact worldwide, with high risks for cucurbits, especially for melon. However, the establishment of some alternative strategies through biocontrol using yeasts and Silicon, has shown promising results for the management the disease, making it possible to reduce losses in the production fields and guaranteeing an improvement in the quality fruits.

**Keywords:** *Acidovorax citrulli*, *Cucumis melo*, Resistance induction, Yeast, Silicon.

## 1 INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças mais relevantes no mundo. Em 2019, O Brasil, produziu mais de 41 milhões de toneladas de frutos (IBGE, 2020). A região Nordeste foi responsável por mais de 95% dessa produção nacional, sendo os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte os principais produtores, contribuindo com 80% do total regional (IBGE, 2020).

Nos últimos vinte e dois anos, a cultura incrementou sua participação nas exportações do país, passando de 45,7 mil toneladas em 1997, para mais de 224 mil toneladas de melão em 2019, sendo uma fruta brasileira genuinamente de exportação, onde mais de 80% da produção é exportada (BRASIL, 2020).

Praticamente toda exportação é feita pelo polo de produção do RN/CE, que é formado pelos agropólos de Mossoró/Açu (RN) e Baixo Jaguaribe (CE), que, em 2017, absorveu mais de 98% de exportações nacionais de melão (BRASIL, 2018).

No Brasil, as principais cultivares de meloeiro plantadas são de *Cucumis melo* var. *inodorus*. Dentre estes, o mais utilizado pelos produtores é o híbrido Goldex, que apresenta produtividade acima de 20 t/ha e frutos com polpa branca e casca levemente rugosa com cor amarelo-ouro. São frutos com alto teor de sólidos solúveis (acima de 12 °Brix), ideais para exportação (COSTA, 2010).

As doenças do meloeiro, como de outras culturas, podem causar prejuízos econômicos pela redução da quantidade e/ou qualidade de frutos comercializados. Entre as principais que se destacam, o cancro das hastes, oídio, míldio, viroses, galhas, murcha de fusário, colapso do melão e a mancha aquosa (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

A mancha aquosa vem ocorrendo com larga frequência nessa cultura durante a estação chuvosa, ocasionando grandes perdas na produção e depreciando o valor comercial do fruto, é a mancha-aquosa causada por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* Sin: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* *Pseudomonas avenae* subsp. *citrulli* (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

Ocorre principalmente nos campos de melão do Nordeste, e é responsável por grandes perdas de produção no Rio Grande do Norte e Ceará. Desde que Assis *et al.* (1999), relataram a ocorrência dessa doença no Rio Grande do Norte em 1997, têm sido registradas perdas entre 40 a 50%, podendo atingir até 100% nos períodos chuvosos.

Os sintomas da mancha-aquosa se manifestam em qualquer fase de desenvolvimento da planta. Nas folhas cotiledonares e verdadeiras as lesões são inicialmente aquosas e em seguida passam a necróticas. Nos frutos as lesões permanecem aquosas por longo período e correspondem internamente a uma lesão de cor marrom claro a marrom escuro na polpa, chegando até as sementes (CARVALHO *et al.*, 2013).

As medidas eficientes para controle da doença são escassas, e após introduzida em uma área, é de difícil erradicação. Assim, alternativas para o seu controle devem ser avaliadas e, dentre elas, cita-se os controles biológico e alternativo, através de leveduras biocontroladoras e o uso de silício (SANTOS, 2008).

Como a bactéria causadora da mancha aquosa do melão é disseminada por meio de sementes infectadas, o tratamento das sementes com microrganismos (leveduras) promotoras do crescimento de plantas que sejam eficientes para inibir o patógeno ou proteger a plântula emergente constitui em alternativa de controle economicamente

desejável para o manejo da doença, podendo ser integrado com outras técnicas para melhorar a eficiência (CONCEIÇÃO, 2013).

O silício (Si) também tem sido amplamente estudado no controle da mancha aquosa em meloeiro e obtido resultados promissores. Pois as plantas são tratadas com silicato de cálcio, tem-se observado um aumento no nível de proteínas solúveis totais e fenóis totais; maior atividade de APX (Ascorbato peroxidases); e significativa atividade de PFO (polifenoloxidasas) e POX (peroxidases), sendo associados à redução da severidade da mancha aquosa em meloeiro (PRESTON, 2013).

Os microrganismos agentes de biocontrole e o uso de silício podem atuar através de diferentes mecanismos no controle de doenças de plantas, como produção de ácido cianídrico, bacteriocinas e antibióticos, competição por espaço,  $Fe^{+3}$  e outros nutrientes, parasitismo, indução de resistência e proteção cruzada, dentre outros (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

A presente revisão teve como objetivo elucidar os métodos biológico e alternativo no controle da mancha aquosa no meloeiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A CULTURA DO MELOEIRO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma espécie pertencente à família das cucurbitáceas. Seu centro de origem e diversidade genética não está claramente estabelecido, podendo ter sido na África ou no continente Asiático, tendo se dispersado a partir da Índia para todas as regiões do mundo (NARUZAWA *et al.*, 2011).

Foi trazido ao Brasil pelos escravos, sendo conhecido desde o século XVI. A segunda introdução do meloeiro foi feita pelos imigrantes europeus, quando se iniciou de fato a expansão da cultura nas regiões Sul e Sudeste, sobretudo no Estado do Rio Grande do Sul, considerado o primeiro centro de cultivo da cultura no país (GERHARDT, 2012).

A cultura do melão é altamente polimórfica, apresentando diversas variedades botânicas que se cruzam sem que haja nenhuma barreira. Os principais que são produzidos comercialmente e as variedades botânicas agrupadas, pertencem atualmente a dois grupos: *Cucumis melo* var. *inodorus* Naud. e *C. melo* var. *cantaloupensis* Naud., que correspondem, respectivamente, aos melões inodoros e aos melões aromáticos (MADEIRA, 2017).

Os frutos pertencentes ao grupo *C. melo* var. *inodorus* são chamados melões de inverno, que apresentam casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca

ou verde escura. A polpa é geralmente espessa (20 a 30 mm), de coloração que varia de branco a verde-claro, com elevado teor de açúcares. Possuem longo período de conservação pós-colheita (30 dias), são mais resistentes ao transporte à longa distância e ao armazenamento em temperatura ambiente e, geralmente, têm frutos maiores e mais tardios que os aromáticos (NARUZAWA *et al.*, 2011).

Na região Nordeste, os mais cultivados são os híbridos comerciais de casca amarela, a exemplo do Amarelo Vereda, AF-6764. Já os frutos pertencentes ao grupo *C. melo* var. *cantaloupensis* são muito aromáticos, sendo mais doces que os inodoros. Apresentam tamanho médio, têm superfície reticulada, verrugosa ou escamosa, podendo apresentar gomos, e possuem polpa de coloração alaranjada, salmão ou às vezes, verde (PEREIRA *et al.*, 2010).

Essas variedades necessitam de maiores cuidados no manejo cultural e na pós-colheita, principalmente em relação à cadeia de frio. Os tipos mais comuns são: Charentais (de casca lisa, de casca verde-escura e de casca reticulada), Gália, Cantaloupe e Orange flesh (MADEIRA, 2017).

O Charentais apresenta a casca verde escura reticulada com polpa de coloração salmão; o tipo Gália apresenta forma arredondada, a casca verde que fica amarela quando o fruto amadurece, a polpa é branca ou branca-esverdeada; o Cantaloupe que é o mais produzido no mundo, caracterizando-se pela forma esférica, superfície reticulada, polpa de cor salmão e aroma muito intenso; e o Orange flesh que tem formato arredondado, casca creme-esverdeada, polpa de textura crocante e cor laranja (PEREIRA *et al.*, 2010).

Aproximadamente 70 % do melão produzido e comercializado no Brasil é do tipo Amarelo do qual fazem parte diversas cultivares e híbridos, sendo também o principal tipo que se destina ao mercado externo. Essa preferência deve-se ao potencial produtivo e a maior resistência do melão amarelo ao transporte por longas distâncias e no armazenamento em temperatura ambiente (NARUZAWA *et al.*, 2011).

## 2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças de maior relevância no mundo, atingindo, em 2017, uma produção de quase 32 milhões de toneladas, em mais de 1,22 milhões de hectares colhidos (FAO, 2018). China, Turquia, Irã, Egito e Índia, os maiores produtores, responderam por mais de 68% do total produzido nesse ano. Nesse mesmo ano, o Brasil ocupou a 11ª posição, contribuindo com quase 2% da produção mundial (FAO, 2018). Em 2017, a produção brasileira superou 540 mil toneladas do fruto, em uma



área de 23,4 mil ha colhidos, e, embora todas as regiões do Brasil produzam melão, o Nordeste forneceu mais de 95% da produção nacional (IBGE, 2018).

Os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte destacam-se como os principais produtores nacionais de melão, contribuindo com 76% do percentual regional (IBGE, 2018). No âmbito das exportações, nesse mesmo ano, mais de 37% (224,6 toneladas) do total produzido foi destinado ao mercado externo, o que movimentou quase 150 milhões de dólares. Vale ressaltar que o melão vem sendo o principal produto da pauta de exportação agrícola de ambos os Estados (IBGE, 2018).

Os principais destinos da fruta foram Holanda (95,8 mil toneladas/US\$64 milhões), Reino Unido (58,8 mil toneladas/US\$42,4 milhões) e Espanha (48,8 mil toneladas/28,9 milhões). No primeiro bimestre de 2018, as exportações tiveram aumento de mais de 30%, em relação ao mesmo período de 2016 (MDIC, 2018).

### 2.3 ASPECTOS BOTÂNICOS

A família Cucurbitaceae inclui diversas hortaliças de grande valor econômico, como pepino (*Cucumis sativus* var. *Sativus* L.), melão (*Cucumis melo* L.), abóbora (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir.), Abóbora (*Cucurbita pepo* L.) e abóbora de verão (*Cucurbita pepo* L.), melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), abóbora de inverno (*Cucurbita maxima* Duch. ex Lam.) e outras espécies, cultivadas em todo o mundo, pelas mais diferentes etnias (DONG *et al.*, 2016).

Dentre essas, *C. melo* destaca-se como uma das principais cucurbitáceas economicamente cultivadas no Brasil. Segundo a classificação de Pitrat; Hanelt; Hammer (2000), a espécie é subdividida em dezesseis variedades botânicas, cinco das quais foram atribuídas à 18 subespécie *agrestis* (*conomon*, *makuwa*, *chinensis*, *momordica* e *acidulus*) e à subespécie *melo* (*Cantalupensis*, *reticulatus*, *adana*, *chandalak*, *ameri*, *inodorus*, *flexuosus*, *chafe*, *tibish*, *dudaim* e *chito*). Posteriormente, a variedade *tibish* foi reenquadrada para a subespécie *agrestis* (PITRAT, 2013).

Grande parte dos genótipos produzidos comercialmente no país pertence a três variedades botânicas: *Cucumis melo* var. *inodorus*, Jacquin - andromonóicas, com frutos variando de redondo a elíptico, muitas vezes pontudo na região do pedúnculo, coloração da casca branca, amarela ou verde escura, coloração uniforme ou com manchas, muitas vezes enrugado, com ou sem costelas, polpa de coloração branca e doce, amadurecimento tardio, sem aroma (inodoros), não climatéricos, com longa vida útil, e sementes grandes (PITRAT, 2013).



*Cucumis melo* var. *cantalupensis*, Naudin - geralmente são plantas andromonóicas, sendo as demais monóicas. Com frutos doces, aromáticos e climatéricos, com baixa resistência ao transporte e reduzida vida pós-colheita, que se desprendem do pedúnculo quando maduros. Com presença de costelas (suturas ou gomos) proeminentes no sentido longitudinal, o Charentais é o principal representante dessa variedade botânica produzida no Brasil (LI *et al.*, 2013).

*Cucumis melo* var. *reticulatus* Seringe - andromonóicas, com frutos climatéricos e aromáticos, de sabor doce, com formato redondo ou ligeiramente oval, casca reticulada com ou sem costelas e cor variando de amarela à verde escura, polpa de coloração laranja (às vezes verde) e sementes amarelas de tamanho médio (PITRAT, 2013).

Comercialmente, os grupos são divididos em tipos. Por tipo deve ser entendido um grupo de cultivares ou de híbridos que apresentam uma ou mais características semelhantes, identificáveis facilmente e diferenciadas dos demais, tal como o aspecto da casca – cor quando maduro, presença ou ausência de suturas, cicatrizes, reticulação ou rendilhamento, cor da polpa, formato do fruto, etc (NUNES *et al.*, 2016).

Os tipos mais comercializados no mercado brasileiro são: Amarelo, Pele de Sapo e Honey Dew (pertencentes à variedade *inodorus*) e Cantaloupe, Gália (pertencentes à variedade *reticulatus*) e Charentais (pertencentes à variedade *cantalupensis*) (LI *et al.*, 2013).

#### 2.4 DOENÇAS NO MELOEIRO

A cultura do melão é suscetível a diversas doenças que podem causar prejuízos econômicos pela redução da quantidade e/ou qualidade de frutos comercializados. Dentre os patógenos que ocorrem nessa cultura, as bactérias vêm assumindo uma importância crescente, destacando-se: *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* como a mais importante, além de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones); *Pseudomonas syringae* (Van Hall); *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (Smith; Bryan); *Pseudomonas cichorri* (Swingle) Stapp; *Pseudomonas* sp. (Migula); *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* (Bryan) Dye importantes para o país (SALES JUNIOR; MENEZES, 2001).

As razões para essa crescente doença de importância econômica com destaque para o desequilíbrio progressivo do agrossistema, são o emprego de variedades com alto potencial produtivo, porém suscetíveis, e a própria competência das fitobactérias, capazes de sobreviver de forma variada e de se disseminar eficazmente com particular rapidez, se

estabelecendo com sucesso quando introduzidas em determinadas regiões agrícolas (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

*A. avenae* subsp. *citrulli* [(Sin: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* Schaad *et al.*; *Pseudomonas avenae* subsp. *citrulli* (Schaad *et al.*) Hu *et al.*] é o agente causal da mancha aquosa, principal doença bacteriana que ocorre nos campos de melão do Nordeste, principalmente na estação chuvosa, ocasionando grandes perdas na produção e depreciação no valor comercial do fruto (WECHTER *et al.*, 2011).

## 2.5 MANCHA AQUOSA DO MELOEIRO

Os sintomas da mancha-aquosa podem se manifestar em qualquer fase de desenvolvimento da planta. Podendo ocorrer em plântulas, folhas e frutos, sendo mais comuns e facilmente visualizados nos frutos (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

Plântulas oriundas de sementes infectadas apresentam grandes manchas encharcadas de coloração verde-escura e marrons no hipocótilo e cotilédones e, às vezes, necrose no hipocótilo, resultando em colapso ou tombamento e morte das mudas após alguns dias. Nas folhas, as manchas são inicialmente pequenas, com aspecto oleoso e coloração verde-clara, assumindo posteriormente coloração marrom-escura, com ou sem halo (CARVALHO *et al.*, 2013).

Lesões são frequentemente observadas ao longo das nervuras ou nas margens da folha. Dependendo das condições climáticas e da cultivar, as manchas podem crescer e coalescer, e a necrose estender-se por quase totalidade da área foliar. Mesmo quando a infecção na folha tem pouco ou nenhum efeito sobre o desenvolvimento da planta, ela serve como reservatório da bactéria para infecção dos frutos (WECHTER *et al.*, 2011).

Somodi *et al.* (1991), detectaram epidemia em frutos de melancia na Flórida em 1989, onde lesões foliares não foram observadas, sugerindo que a bactéria se desenvolveu de forma sistêmica nas plantas, uma vez que grande quantidade de necrose desenvolveu-se rapidamente nos frutos próximos a maturidade. Outra explicação seria que as condições ambientais não foram favoráveis à doença tendo à bactéria sobrevivido epifiticamente, passando posteriormente aos frutos onde condições favoráveis desencadearam a epidemia.

Segundo Burdman; Walcott (2012), sem causar sintomas, as bactérias fitopatogênicas podem sobreviver epifiticamente em plantas hospedeiras, particularmente quando não estão associadas a microbiota antagônica ou competitiva em nutrientes. Os

sintomas mais visíveis da doença são observados nos frutos maduros, antes da colheita, embora a infecção ocorra durante a floração e formação do fruto.

Nestes, as lesões localizam-se na superfície que não se encontra em contato com o solo. Na casca dos frutos, a doença caracteriza-se por manchas de coloração verde oliva, aquosas, variando de 1 a 5 mm de diâmetro, com ou sem halo, as quais progridem rapidamente, coalescem, tornando-se aquosas, marrom claras ou marrom-escuras, atingindo grandes áreas do fruto (WECHTER *et al.*, 2011).

Podem ocorrer rachaduras no centro das lesões. Abortos de frutos também são observados. Os sintomas internos variam com a idade do fruto e com o estágio de desenvolvimento no momento da infecção. Geralmente há descoloração da polpa que se apresenta marrom avermelhada abaixo da casca. A necrose ou simples lesão na casca não reflete o dano que ocorre na polpa imediatamente abaixo, ou seja, a parte interna já pode estar bastante comprometida, mesmo quando essa lesão, externamente, se mostra com apenas 0,5 cm a 2,0 cm de diâmetro (WALCOTT, 2005).

A bactéria *A. avenae* subsp. *citrulli* apresenta-se como bastonete Gram negativo, aeróbio e móvel por um flagelo polar; colônias brancas ou cremes na maioria dos meios de cultura e não fluorescentes em meio de King B; crescem à temperatura de 41 °C, mas não a 4 °C; não hidrolisam a arginina e apresentaram reação positiva para os testes de catalase, oxidase, urease e lipase (SCHAAD *et al.*, 1978).

De acordo com a descrição do isolado tipo, a espécie não apresenta resposta de hipersensibilidade em fumo, contudo, trabalhos de Rane; Latin (1992) e Somodi *et al.* (1991), relatam que alguns isolados apresentam essa reação. Além da melancia e meloeiro, a abóbora (*C. maxima* L.) é hospedeira de *A. avenae* subsp. *citrulli*.

Hopkins; Thompson (2002), observaram transmissão do patógeno em sementes obtidas de frutos inoculados, mas sem sintomas, de abóbora, pepino (*Cucumis sativus* L.) e abobrinha (*Cucumis pepo* L.). Em estação de quarentena em Israel, a bactéria foi detectada em plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e berinjela (*Solanum melongena* L.) provenientes de sementes importadas dos Estados Unidos da América, porém não são conhecidas infecções naturais dessas culturas.

No Brasil, Robbs *et al.* (1991). obtiveram sintomas da doença, inoculando o patógeno em pepino, abóbora e chuchu (*Sechium edule* L.). No Nordeste, a mancha aquosa ocorre principalmente em melões do tipo Pele de sapo e Amarelo, mas os tipos Gália, Orange e Cantaloupe também são susceptíveis a bactéria.

No campo, *A. avenae* subsp. *citrulli* sobrevive no meloeiro provenientes de sementes de frutos infectados deixados no campo de um cultivo para outro, como também em hospedeiras alternativas de outras espécies da família das cucurbitáceas nativas, como o melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.), bucha (*Luffa cylindrica* M. Roem.) e maxixe (*Cucumis anguria* L.) que estiverem presentes em áreas de cultivo de meloeiro (EPPO, 2010).

Na Austrália, a planta invasora *Cucumis myriocarpus* L. foi assinalada como hospedeira de *A. avenae* subsp. *citrulli* ao Sul de Queensland. Aparentemente, a bactéria não sobrevive no solo mais do que algumas semanas, mas a semente é importante para sobrevivência. Já em condições controladas em laboratório, este patógeno sobreviveu durante seis meses em sementes de melão procedentes de frutos infectados de áreas produtoras de Mossoró-RN (SALES JÚNIOR; MENEZES, 2001).

A disseminação do inóculo a longa distância ocorre principalmente por sementes contaminadas e pelo transplântio de mudas de cucurbitáceas infectadas. Assis *et al.* (1999), sugeriram que a introdução da mancha aquosa no Rio Grande do Norte ocorreu da primeira forma, hipótese que também não deve ser descartada em relação ao surto da doença no estado do Ceará. A transmissão de *A. avenae* subsp. *citrulli* por sementes é muito eficiente. Oliveira *et al.* (2001) verificaram transmissão em níveis variando de 33 a 91 % e 10 a 69 %, respectivamente.

Segundo Sales Júnior; Menezes (2001), esse é atualmente um dos fatores responsáveis pela ocorrência da doença na maioria dos campos de cultivo de meloeiro no Rio Grande do Norte. A disseminação também ocorre por água de chuva e irrigação, solos infestados, insetos, utensílios agrícolas, operários de campo

Em condições favoráveis de temperatura e umidade, a bactéria pode disseminar-se rapidamente, e poucos sítios de infecção primária no campo podem resultar em 100 % de infecção de frutos na época da colheita. A disseminação de *A. avenae* subsp. *citrulli* na pós-colheita pode ocorrer de forma limitada através do contato entre frutos sadios e doentes (BURDMAN; WALCOTT, 2012).

Contudo, Araújo *et al.* (2005), verificou que a infecção em frutos maduros, pós-colheita, só ocorreu naqueles com fermento. A bactéria pode colonizar a polpa do fruto até atingir as sementes, contaminando-as externamente e internamente através da região do hilo. *A. avenae* subsp. *citrulli* parece não invadir sistemicamente as sementes de melão através do sistema vascular, embora Hopkins *et al.* (1993), tenham obtido sementes de melancia

infectadas extraídas de frutos sem sintomas da mancha-aquosa, os quais estavam adjacentes a frutos tipicamente doentes.

Sumarizando o ciclo da mancha aquosa, sementes infectadas ou infestadas originam plântulas doentes; a bactéria se dissemina entre as plântulas, sendo responsável por significativa proporção de mudas infectadas; à medida que as plantas vão crescendo no campo, o patógeno dissemina-se para novas folhas e plantas vizinhas; lesões nas folhas são a principal fonte de inóculo para frutos imaturos; frutos maduros infectados deixados no campo servem como fonte de infecção para plantas saudáveis e os colhidos, como fonte de infecção pós-colheita (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

## 2.6 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CONTROLE

Atualmente com a conscientização ambiental, a sociedade tem exigido que a produção de alimentos cause o menor impacto ambiental, fazendo-se necessário o desenvolvimento de alternativas aos agrotóxicos no controle dos problemas fitossanitários na cultura do meloeiro. Visto que, o principal foco do sistema produtivo é a sustentabilidade econômica e ecológica dos ecossistemas, para tal, sempre que possível é desenvolvido métodos como: os culturais, alternativos, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos (agrotóxicos), organismos geneticamente modificados, etc (SOUZA *et al.*, 2016).

Zambolim (2010), define controle biológico, como o uso de um microrganismo para controle de um organismo patogênico, podendo o agente apresentar efeito biocida, causando a morte do alvo, ou biostático, inibindo seu desenvolvimento. O emprego de microrganismos antagonistas como agente de biocontrole de patógenos constitui uma das alternativas a serem utilizadas na redução das unidades propagativas de diversos patógenos.

### 2.6.1 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 (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

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 (MELO *et al.*, 2015).

Porém, também podem produzir enzimas hidrolíticas compostos antibióticos e toxinas killer indução de resistência e promoverem o crescimento de plantas. As pesquisas com leveduras no biocontrole de doenças fúngicas em frutas, vegetais e cereais pós-colheita já estão bem estabelecidas, inclusive existindo produtos comerciais em alguns países (HAISSAM, 2011).

Leveduras também têm sido testadas para o controle de doenças da parte aérea e radiculares causadas por fungos em diversas culturas), incluindo a do meloeiro. 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., que também reduziu em 21,2% a severidade da doença em tomateiro (CRUZ, 2010).

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) com controle de até 65% (PUSEY *et al.*, 2009).

Sabendo-se que a bactéria *A. citrulli* causadora da mancha aquosa do meloeiro é disseminada por meio de sementes infectadas, 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 inoculo 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, 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, e sob ótimas condições de temperatura e umidade, perdas totais podem ocorrer em campos afetados, porque frutos sintomáticos não são comercializáveis (ASSUNÇÃO *et al.*, 2019).

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 hidroclorídrico (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 houve a indução de resistência (MELO, 2012).

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 *et al.*, 2012). Tian *et al.* (2006), encontraram que *Cryptococcus laurentii* aumentou a atividade das enzimas relacionadas à defesa, GLU, PAL, POX e PFO no controle da *Alternaria alternata* (Fr. (Keissler) em frutos de pêra (*Pyrus communis* L.).

### 2.6.2 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. O silício (Si) não é considerado elemento essencial às plantas porque não atende aos critérios diretos e indiretos de essencialidade (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014).

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 consequente 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 (TAIZ; ZAIGER, 2017).

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. 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 em um 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).

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 (TAIZ; ZAIGER, 2017).

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. Este processo pode ser ativado por estresses biótico e abiótico (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014).

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. 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 (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014).

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 ( $H_4SiO_4$ ), 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 ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ), depositada nos diferentes tecidos vegetais. O transporte à longa distância, da raiz a parte aérea, é feito via apoplasto. 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 (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

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. 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 (STANGARLIN *et al.*, 2011).

Fortificação da parede celular de células da epiderme, deposição e polimerização do ácido silícico abaixo da cutícula, formando uma dupla camada de sílica cuticular que reduz a transpiração (RODRIGUES *et al.*, 2010); acúmulo de compostos fenólicos, e ou fitoalexinas e aumento na atividade de enzimas relacionadas à patogênese (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), 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. 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).

O primeiro relato do efeito do Si em doenças bacterianas em plantas não acumuladoras deve-se a Dannon; 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) foi obtida com a aplicação de 1,5 g kg<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub> ao solo. Aumento na atividade das proteínas solúveis e das enzimas SOD, ascorbato peroxidase (APX), POX, fenilalaninaamônia-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 de SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>, 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.) 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, 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. 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).

### 3 CONCLUSÃO

A mancha aquosa vem sendo assinalada como uma doença de grande impacto econômico mundial, com riscos elevados para cucurbitáceas, principalmente para o meloeiro. No entanto, o estabelecimento de algumas estratégias alternativas através do biocontrole utilizando as leveduras e o Silício, vem demonstrando resultados promissores para o manejo da doença, possibilitado a redução das perdas nos campos de produção e garantido a melhoria na qualidade dos frutos.

## REFERÊNCIAS

1. 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**, v. 48, n. 1, p. 17-26, 2012.
2. ALVES, A. O. **Controle alternativo da murcha bacteriana do pimentão utilizando óleos essenciais vegetais e silicato de cálcio**. 2012. 94 f. (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.
3. ARAÚJO, D. V.; MARIANO, R. L. R.; MICHEREFF, S. J. Métodos de inoculação de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em melão. **Summa Phytopathologica**, v. 31, n. 1, p. 69-73, 2005.
4. ASSIS, S. M. P.; MARIANO, R. L. R.; SILVA-HANLIN, D. M. W.; DUARTE, V. Mancha aquosa do melão causada por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, no Estado do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, 191p. 1999.
5. ASSUNÇÃO, E. F.; CONCEIÇÃO, C. S.; MARIANO, R. L. R.; SOUZA, E. B. Situação atual da mancha aquosa, importante bacteriose em meloeiro e melanciaira. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 16, n. 1, p. 51-73, 2019.
6. 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**, v. 31, n. 1, p. 718-724, 2009.
7. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio. Exportação brasileira de melões frescos (2020). Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 15 Out. 2020.
8. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio. Exportação brasileira de melões frescos (2018). Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 10 Dez. 2020.
9. BURDMAN, S.; WALCOTT, R. *Acidovorax citrulli*: generating basic and applied knowledge to tackle a global threat to the cucurbit industry. **Molecular Plant Pathology**, v.13, n. 8, p. 805-815, 2012.
10. CARVALHO, I. D. E; K. COSTA, D. DA S; FERREIRA, P. V; OLIVEIRA, F. DOS S. DE; SILVA, M. T. DA. Caracterização descritiva de progênies de meios irmãos de melão. **Revista Verde**, v. 8, n.4, p. 116-119, 2013.
11. CONCEIÇÃO, C. S. Levedura e silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2013.

12. COSTA, N. D. *Sistema de produção de melão*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 5). Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_)> Acesso em: 13 Dez. 2020.
13. CRUZ, T. M. *Potencial de leveduras no controle biológico da podridão-de-Fusário em frutos de meloeiro*. 2010, 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
14. 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**, v. 62, n. 1, p. 120-129, 2013.
15. DANNON, E. A.; WYDRA, K. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 64, n. 5, p.233-243, 2004.
16. DONG, Y. Q.; ZHAO, W. X.; LI, X. H.; LIU, X. C.; GAO, N. N.; HUANG, J. H.; WANG, W. Y.; XU, X. L.; TANG, Z. H. Androgenesis, gynogenesis, and parthenogenesis haploids in cucurbit species. **Plant Cell Reports**, v. 35, n. 10, 1991p. 2019.
17. EPPO. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Acidovorax citrulli: Bacterial fruit blotch of cucurbits*, (2010). Disponível em: <[http://www.eppo.org/bacteria/Acidovorax\\_citrulli.html](http://www.eppo.org/bacteria/Acidovorax_citrulli.html)>. Acesso em: 20 Jun. 2020.
18. EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.50, p. 641-664, 1999.
19. FAO. Faostat – **Statistics Database** (2018). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>> Acesso em: 9 Jul. 2020.
20. 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, n. 1, p. 18-23, 2012.
21. 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**, v. 160, n. 11-12, p. 674-679, 2012.
22. FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.
23. GERHARDT, M. Os caboclos e a história da paisagem. In: ZARTH, Paulo A. (Org). História do campesinato na Fronteira Sul. Porto Alegre: **Letra & Vida**, 2012. 320 p.



24. 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**, v. 75, n. 3, p. 83-89, 2011.
25. HAISSAM, J. M. *Pichia anomala* in biocontrol for apples: 20 years of fundamental research and practical applications. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 99, n. 1, p. 93-105, 2011.
26. HOPKINS, D. L.; THOMPSON, C. M.; ELMSTROM, G. W. Resistance of watermelon seedlings and fruit to the fruit blotch bacterium. **HortScience**, v. 28, n. 2, p. 122-123, 1993.
27. HOPKINS, D. L.; THOMPSON, C. M. Evaluation of *Citrullus* sp. germ plasm for resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Plant Disease**, v. 86, n. 1, p. 61-64, 2002.
28. IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2020). **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 Nov. 2020.
29. LI, J. W.; SI, S. W.; CHENG, J. Y.; LI, J. X.; LIU, J. Q. Thidiazuron and silver nitrate enhanced gynogenesis of unfertilized ovule cultures of *Cucumis sativus*. **Biologia Plantarum**, v. 57, n. 1, p. 164-168, 2013.
30. MDIC- MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO (2018): **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior Via Internet do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior- AliceWeb**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 8 Jul. de 2020.
31. 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**, v. 29, n. 1, p. 78-83, 2011.
32. MELO, E. A.; MARIANO, R. L. R.; LARANJEIRA, D.; SANTOS, L. A.; GUSMÃO, L. O.; SOUZA, E. B. Efficacy of yeast in the biocontrol of bacterial fruit blotch in melon plants. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 1, p. 56-64, 2015.
33. MELO, E. A. *Eficácia de leveduras no biocontrole da mancha aquosa em meloeiro*. 2012, 58 f. (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.
34. NARUZAWA, E. S.; DALLA VALE, R. K.; SILVA, C. M.; CAMARGO, L. E. A. Estudo da diversidade genética de *Podospaera xanthii* através de marcadores AFLP e sequências ITS. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 2, p. 94-100, 2011.
35. NUNES, G. H. S.; ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, E. W. L. P.; COSTA, J. M.; RICARTE, A. O. Melhoramento de Melão. In: GOMES, C.N.; OLIVEIRA, A.B. (Org.). Melhoramento de Hortaliças. 1ed Viçosa, MG: Editora UFV, 2016, v. 1, p. 331-363.



36. OLIVEIRA, I. S.; SALES JÚNIOR, R.; MARIANO, R. L. R. *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*: método de isolamento e transmissão por sementes. *Fitopatologia Brasileira*, v. 26, 302 p. 2001.
37. 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.
38. 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.
39. PEREIRA, F. H. F.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; CECON, P. L.; DE AQUINO, L. A. Produção e qualidade de frutos de melões amarelo e charentais cultivados em ambientes sombreados. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, v. 14, n. 9, 2010.
40. PITRAT, M. Phenotypic diversity in wild and cultivated melons (*Cucumis melo*). *Plant Biotechnology*, v. 30, n. 1, p. 273-278, 2013.
41. PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infra-specific classification of cultivars of melon. In: N. Katzir and H.S. Paris (eds.). *Proc. Cucurbitaceae. Acta Horticulturae*. v. 510, n. 1, p. 29-36, 2000.
42. PRESTON, H. A. F. **Potencial de fontes silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro**. 2013, 142 f. (Doutorado em Fitopatologia)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
43. PUSEY, P. L.; STOCKWELL, V. O.; MAZZOLA, M. Epiphytic bacteria and yeasts on apple blossoms and their potential as antagonists of *Erwinia amylovora*. **Phytopathology**, v. 99, n. 5, p. 571-581, 2009.
44. RANE, K. K.; LATIN, R. X. Bacterial fruit blotch of watermelon: association of the pathogen with seed. **Plant Disease**, v. 76, n. 5, p. 509-512, 1992.
45. ROBBS, C. F.; RODRIGUES NETO, J.; RAMOS, R. S.; SINIGAGLIA, C. Mancha bacteriana da melancia no estado de São Paulo, causada por *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, n. 2, p. 48, 1991.
46. RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H.; SEEBOLD, K. W.; RUSH, M. C. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Disease**, v. 85, n. 8, p. 827-832, 2010.
47. ROLLEMBERG, C. L. **Uso do silício na micropropagação de bananeira visando manejo da murcha-de-fusário e do moko da bananeira**. 2013. 103 f. (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
48. SALES JÚNIOR, R.; MENEZES, J. B. **Mapeamento das doenças fúngicas, bacterianas e viróticas do cultivo do melão no Estado do RN**. Mossoró: Escola

Superior de Agricultura de Mossoró, 2001. 25 p. (Relatório Técnico).

49. SANTOS, H. A. **Trichoderma spp. como promotores de crescimento em plantas e como antagonistas a *Fusarium oxysporum***. 2008. 89 f. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2008.
50. SCHAAD, N. W.; SOWELL, G.; GOTH, R. W.; COLWELL, R. R.; WEBB, R. E. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 28, n. 1, p. 117-125, 1978.
51. 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**, v. 158, n. 4, p. 253-262, 2010.
52. SOMODI, G. C.; JONES, J. B.; HOPKINS, D. L.; STALL, R. E.; KUCHARÉK, T. A.; HODGE, N. C.; WATTERSON, J. C. Occurrence of a bacterial watermelon fruit blotch in Florida. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, n. 10, p. 1053-1056, 1991.
53. SOUZA, E. B.; MARIANO, R. L. R.; CONCEIÇÃO, C. S. Manejo da mancha aquosa em meloeiro. In: Gama, M. A. S.; NICOLI, A.; GUIMARÃES, L. M. P.; LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (ed.). Estado da arte de fitobacterioses tropicais. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 193-210.
54. STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; et. al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p. 18-46, 2011.
55. TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. São Paulo: Artmed, 2017.
56. 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.
57. WALCOTT, R. R. **Bacterial fruit blotch of cucurbits: the plant health instructor**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 2005.
58. 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**, v. 50, p. 164–171, 2009.
59. WECHTER, W. P.; LEVI, A.; LING, K. S.; KOUSIK, C. Identification of resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* among melon (*Cucumis* spp.) plant introduction. **HortScience**, v. 46, n. 2, p. 207-212, 2011.
60. ZAMBOLIM, L. Proteção de plantas: **Manejo Integrado de Doenças de Plantas**. Viçosa, 88 p. 2010.