

Brasília, DF
Abril, 2010

Autores

Alice M. Quezado-Duval
Pesquisadora, DSc.
Fitopatologia
Embrapa Hortaliças
Brasília-DF
alice@cnph.embrapa.br

Carlos A. Lopes
Pesquisador, PhD.
Fitopatologia
Embrapa Hortaliças
Brasília-DF
clopes@cnph.embrapa.br

Mancha bacteriana: uma atualização para o Sistema de Produção Integrada de Tomate Indústria



Foto: Alice Quezado

Introdução

A mancha bacteriana, que pode ser causada por quatro espécies de *Xanthomonas* (*X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. gardneri* e *X. perforans*), é uma das doenças mais destrutivas do tomateiro. De difícil controle, a doença ocorre predominantemente em lavouras em épocas chuvosas, sujeita a chuvas de granizo, e/ou sob irrigação por aspersão convencional ou pivô central. Também ocorre na produção de mudas em telados com sistemas de micro-aspersão, condições essas frequentemente encontradas na produção de para processamento industrial, ou tomate indústria.

Vários fatores colaboram para dificultar o controle da mancha bacteriana, tais como a pouca disponibilidade de cultivares resistentes, ausência de agrotóxicos eficazes em condições favoráveis à doença, e a não adoção de algumas

práticas culturais, que visam à redução da fonte potencial de inóculo inicial da doença na lavoura. Vale ressaltar que, tanto a busca por resistência genética quanto por agrotóxicos eficazes, estão diretamente relacionadas à variabilidade dos agentes causadores da mancha bacteriana do tomateiro, uma questão abordada, mais recentemente, à luz da caracterização molecular das espécies de bactérias do gênero *Xanthomonas*. Diante desse quadro, esta publicação tem a finalidade de compilar e de atualizar as informações disponíveis, tanto em nível nacional como internacional, sobre o patossistema mancha bacteriana – tomateiro, com foco nos aspectos etiológicos e epidemiológicos da doença, de modo a auxiliar na adoção de práticas para o seu controle integrado nas lavouras de tomate indústria.

Importância da doença

A mancha bacteriana pode causar perdas significativas em lavouras de tomate, que são resultantes da redução da produção em decorrência direta dos sintomas da doença, que se manifesta em todos os órgãos aéreos da planta, e do custo dos produtos químicos utilizados como estratégia de controle, tradicionalmente fungicidas cúpricos e antibióticos agrícolas.

As perdas provocadas por esta e por outras doenças de plantas são difíceis de serem quantificadas, pois dependem de vários fatores que atuam independentemente ou em interação entre si. Em caso de plantio de cultivares muito suscetíveis,

em condições climáticas favoráveis à doença (altas temperaturas, chuvas, chuvas de granizo, ventos), e na presença de variante agressiva do patógeno, pode ocorrer redução de produtividade acima de 50%. Por exemplo, nos Estados Unidos, Pohronezny & Volin (1983) relataram redução de produtividade de 52%, devido à redução de peso de frutos comerciais, valor também observado em um ensaio de campo conduzido na Embrapa Hortaliças em Brasília, DF, para a produtividade total de um híbrido de tomateiro industrial suscetível (Figura 1).

A importância da mancha bacteriana é reconhecida pelos produtores de tomate indústria, tendo sido apontada recentemente, por 70% dos entrevistados, como o maior problema para a cultura no Estado de Goiás (VILLAS BÔAS et al., 2007). A ocorrência da doença em viveiros comerciais já levou à eliminação de lotes inteiros de mudas (LIMA, apud NASCIMENTO, 2009).

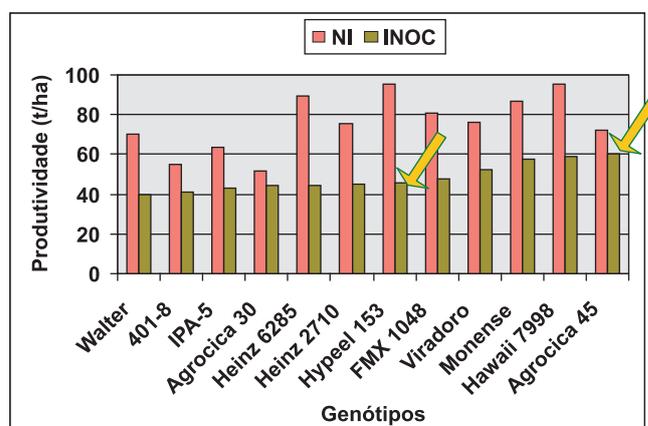


Figura 1. Redução da produtividade de variedades de tomate devido à mancha bacteriana. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 1998 (Quezado-Soares et al., 1998). Setas amarelas ressaltam duas variedades de tomate indústria, 'Hypeel 153' e 'Agroclica 45', sendo que a primeira que foi a mais produtiva sem a inoculação da bactéria teve a produtividade superada pela segunda, quando da presença da bactéria. NI = não inoculado; INOC = inoculado com suspensão bacteriana de *Xanthomonas* sp.

Sintomatologia

Os sintomas da mancha bacteriana ocorrem em toda a parte aérea da planta, podendo se manifestar em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura. Nas folhas, os primeiros sintomas aparecem na forma de pequenas áreas encharcadas de formato irregular, com bordas definidas (Figura 2A). Podem também iniciar-se pelas bordas das folhas em decorrência do escorrimento da água de orvalho, chuva ou irrigação que se acumulou na acúmulo de água de orvalho, chuva ou irrigação, que da superfície da folha (Figura 2B).

Posteriormente, as manchas se tornam necróticas (secas), podendo apresentar halos cloróticos (amarelados) (Figuras 2C). Sob condição ambiental favorável à doença, as lesões coalescem e provocam a seca das folhas, normalmente, a partir das

bordas, dando um aspecto de queima das plantas (Figura 2D). Em plantas de tomate indústria, a produção de folhas novas às vezes dificulta a constatação da doença quando esta se manifesta inicialmente nas folhas baixas.

A seca da folhagem expõe os frutos à queima de sol (escaldadura), o que compromete sensivelmente a qualidade dos frutos (Figura 3A). Sintomas também são observados nos frutos. Inicialmente, aparecem pequenas lesões brancas, que se tornam marrom-acinzentadas, de textura áspera e com centro deprimido, atingindo um diâmetro de 2 mm a 10 mm (Figuras 3B e 3C). Algumas cultivares de tomate indústria, como o 'Hypeel 108', apresentam sintomas foliares severos enquanto nos frutos, as lesões são menores e esparsas (NASCIMENTO, 2009) (Figura 3D). A ocorrência da doença durante a floração causa lesões nos pedúnculos de flores e de frutos (Figura 4), provocando sua queda e resultando na redução da produção (LOPES e QUEZADO-SOARES, 1997).

Fotos: Alice Quezado

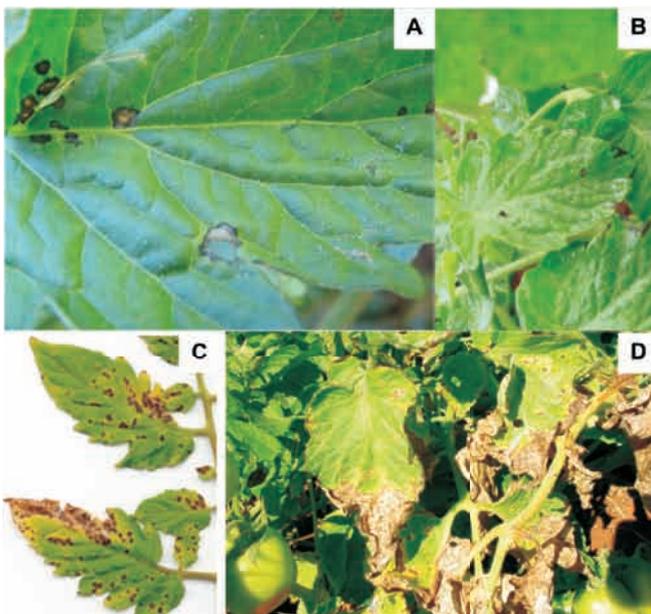


Figura 2. Sintomas da mancha bacteriana em folhas. A e B. Início do aparecimento das lesões. A. Lesões encharcadas com bordas definidas distribuídas no limbo foliar. B. Lesões necróticas, no limbo e nos bordos das folhas. C. Início da coalescência das lesões que podem ser necróticas com halos cloróticos. D. Lesões necróticas coalescidas, dando aspecto de queima.

Fotos: Alice Quezado

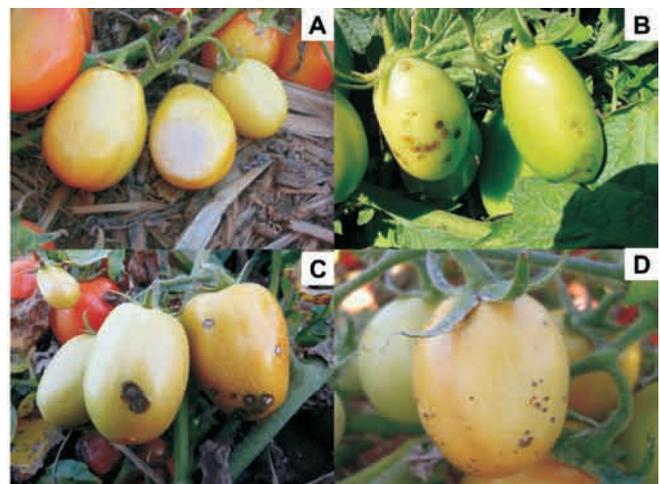


Figura 3. A. Sintomas de escaldadura decorrente da desfolha pela mancha bacteriana. B. Início dos sintomas de mancha bacteriana em frutos. C. Sintomas avançados em frutos. D. Sintomas em fruto do híbrido Hypeel 108 (Seminis).



Fotos: Carlos Lopes

Figura 4. Sintomas de mancha bacteriana nos frutos na base de inserção dos pedúnculos e sépalas.

Etiologia

Histórico

A mancha bacteriana (“bacterial spot”), também conhecida por pústula bacteriana foi relatada pela primeira vez por Doidge em 1920, na África do Sul, mas com o nome de cancro do tomate (JONES et al., 1998). O agente causador foi então denominado *Bacterium vesicatorium* n. sp. Doidge. De acordo com Bradbury (1986) e Jones (1998), em 1920, Gardner e Kendrick descreveram os mesmos sintomas em tomateiro nos EUA, designando a doença de mancha bacteriana e seu agente causador de *Bacterium exitiosum* n. sp. Gardner & Kendrick (1923) concluíram posteriormente tratar-se de uma única espécie de bactéria, que era capaz de infectar plantas de tomate e de pimentão, dando prioridade ao nome *Bacterium vesicatorium* Doidge.

Com o emprego de novas técnicas laboratoriais de identificação de microorganismos no estudo do gênero *Xanthomonas*, foram também sendo propostas mudanças na taxonomia do agente causador da mancha bacteriana, que passaria de

Bacterium vesicatorium para *Pseudomonas vesicatoria*, em 1925; depois para *Phytomonas vesicatoria*, em 1930; para *Xanthomonas vesicatoria*, em 1939 (Bradbury, 1986; Jones et al., 1998); e para uma patovar de *X. campestris*, com a denominação de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*

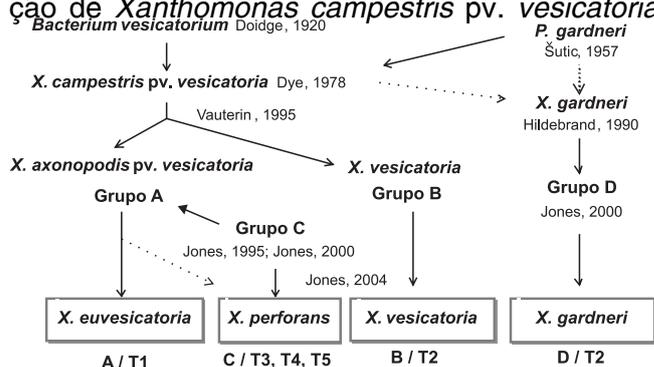


Figura 5. Evolução da etiologia da mancha bacteriana do tomateiro.

Dowson (Dye), em 1978 (Sahin, 1997). O resumo da evolução da etiologia da mancha bacteriana é apresentado na Figura 5.

Em virtude de evidências da grande variabilidade de *X. campestris* pv. *vesicatoria* ao longo de vários estudos genéticos, conforme ilustrado no esquema da Figura 5, atualmente são reconhecidas quatro espécies: *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. gardneri* e *X. perforans*.

No Brasil, quando apenas *X. campestris* pv. *vesicatoria* era considerada como agente causal da mancha bacteriana, Bongioiolo Neto et al. (1986) haviam indicado a presença de cinco diferentes grupos, entre os 49 isolados coletados em vários estados em lavouras de tomate e de pimentão. Os grupos foram definidos de acordo com a reação de resistência e suscetibilidade em dois genótipos de pimentão e um de tomate. A ocorrência das raças

T1 e T2, no entanto, foi relatada por Nagai & Sugimori (1986) e, posteriormente, mencionada no trabalho de Bouzar et al. (1994), que associaram a raça T1 ao grupo A (atualmente *X. euvesicatoria*) e a raça T2 ao grupo B (*X. vesicatoria*).

Um levantamento mais extenso, com cerca de 440 isolados obtidos de campos comerciais de tomate indústria, no período de 1995 a 2000 no Brasil, indicou a ocorrência das quatro espécies (QUEZADO-DUVAL et al., 2004a). *Xanthomonas gardneri* (grupo D/raça T2) foi a que prevaleceu nos Estados de Goiás e Minas Gerais (QUEZADO-DUVAL et al., 2004a; 2004b). Além de ocorrer na Região Nordeste, *Xanthomonas perforans* ocorreu, em 2002, em campos do Estado de Goiás (QUEZADO-DUVAL et al., 2004a), atualmente, o maior produtor de tomate indústria no Brasil. Essa espécie, juntamente com *X. gardneri*, parecem ser as que estão ocorrendo no Estado, o que está sendo acompanhado por meio de um levantamento realizado pela Embrapa Hortaliças¹.

Segundo Jones et al. (2004), em relação à distribuição das espécies/grupos de *Xanthomonas* associadas à mancha bacteriana em lavouras de tomate e de pimentão, sabe-se que as espécies *X. euvesicatoria* (grupo A) e *X. vesicatoria* (grupo B) possuem distribuição mundial, enquanto que

X. perforans (grupo C) teve ocorrência relatada inicialmente no México, Tailândia e EUA, e *X. gardneri*, por sua vez, na Iugoslávia e Costa Rica. Posteriormente, essas espécies também foram relatadas ocorrendo no Brasil, como mencionado anteriormente, e no Canadá (Warner, 2003). É importante se considerar que a predominância de uma das espécies acima pode estar diretamente ligada à entrada dessa espécie via semente e à capacidade de sobrevivência e competitividade no ambiente de cultivo.

Descrição geral do gênero e classificação taxonômica

As espécies de *Xanthomonas* associadas à mancha bacteriana apresentam células aeróbicas e móveis por meio de um flagelo polar (JONES, 1997). Em meio de cultura Nutriente-Ágar, formam colônias amarelas em razão de produzirem o pigmento amarelo xantomonadina (BRADBURY, 1986; STALL, 1993) (Figura 6). De acordo com a



Fotos: Alice Quezado

Figura 6. Colônias amarelas de *Xanthomonas* sp. que infecta o tomateiro cultivadas em meio de cultura Nutriente-Ágar.

¹Apoio financeiro do CNPq/Ministério da Agricultura, processo 5778775-2008-5

moderna classificação filogenética de bactérias, baseada principalmente em comparações de sequências nucleotídicas, principalmente do rRNA 16S, o gênero *Xanthomonas* pertence ao filo Proteobacteria, classe Gammaproteobacteria (Classe III), ordem Xanthomonadales (Ordem II) e família Xanthomonadaceae (Garrity & Holt, 2000).

Identificação de espécies e diversidade

A identificação das quatro espécies de *Xanthomonas* que podem causar a mancha bacteriana do tomateiro, propostas por Jones et al. (2004), é feita principalmente por análise genômica, ou seja, com base em diferenças genéticas identificadas utilizando-se técnicas moleculares (Bouzar et al., 1999; Cuppels et al., 2006; Jones et al., 2000; Jones et al., 2004; Jones et al., 2005; Koenraad et al., 2009; Obradovic et al., 2004; Quezado-Duval, 2003). Pouca diferença é observada em relação à sintomatologia resultante da infecção isolada de cada espécie, com exceção das lesões causadas por *X. perforans*. Nas folhas de plantas infectadas por essa espécie ocorre o desprendimento da área necrótica, resultando em perfurações, característica que originou seu nome (Figura 7).

Na Embrapa Hortaliças, a identificação das espécies tem sido feita pela comparação entre perfis genômicos dos isolados novos com os de isolados de referência, tais como IBSBF 2373 (*X. gardneri*), IBSBF 2364 (*X. vesicatoria*), IBSBF 2370 (*X. perforans*) e IBSBF 2363 (*X. euvesicatoria*), da Coleção de Bactérias Fitopatogênicas do Instituto



Fotos: Alice Quezado

Figura 7. Sintoma da mancha bacteriana em folha de tomateiro por *Xanthomonas perforans*.

Biológico de Campinas, em Campinas, SP (Figura 8A). Os perfis são produzidos, partindo-se do DNA extraído das bactérias, pela técnica de PCR (reação da enzima polimerase em cadeia que resulta na amplificação de segmentos específicos de DNA) utilizando um iniciador que é um molde para a amplificação do elemento repetitivo BOX1AR (5' – CTA CGG CAA GGC GAC GCT GAC G – 3'). Esse elemento é uma sequência de DNA que está presente em todas as espécies bacterianas, porém em quantidade e posições diferentes dentro do seus respectivos genomas.

Além de possibilitar a identificação das espécies, a metodologia de BOX-PCR descrita por Louws et al. (1995) permite estudar a similaridade genética entre isolados, o que pode auxiliar em estudos epidemiológicos. Em termos de variabilidade intra-

específica, por exemplo, em lavouras de tomate indústria nos Estados de Pernambuco, Bahia, Goiás e Minas Gerais, *X. perforans* e *X. gardneri*, apresentaram menor diversidade do que *X. vesicatoria* e *X. euvesicatoria*, quando se utilizou a técnica de campo pulsado para a obtenção dos perfis genômicos (QUEZADO-DUVAL, 2003) (Figura 8B).

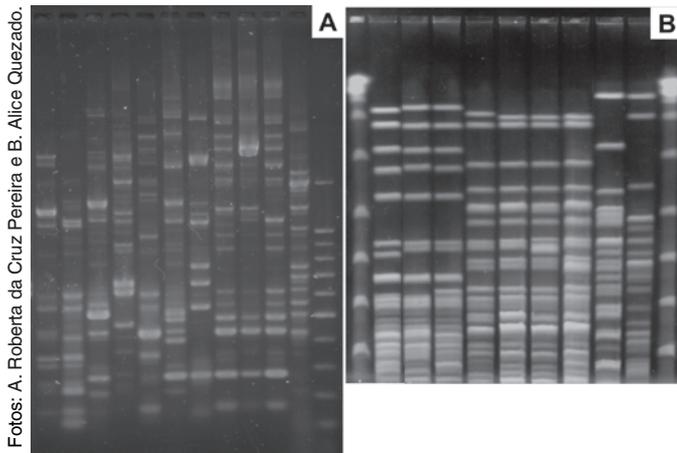


Figura 8. Perfis genômicos de isolados de *Xanthomonas* spp. que causam a mancha bacteriana do tomateiro. A. Produzidos por BOX-PCR. B. Produzidos pela técnica de eletroforese em campo pulsado. Fotos: A. Roberta da Cruz Pereira e B. Alice Quezado.

O emprego de iniciadores específicos deverá ser uma nova ferramenta de identificação de cada espécie. Iniciadores específicos para tal foram recentemente desenvolvidos por Koenraad et al. (2009), mas precisam ser validados com uma gama de isolados que representem a diversidade das espécies. Outros iniciadores estão em processo de desenvolvimento no Instituto Biológico de Campinas, em parceria com a Embrapa Hortaliças¹.

Identificação das raças

As raças de *Xanthomonas* que podem causar a mancha bacteriana do tomateiro são, classicamente, definidas com base na reação de hipersensibi-

lidade que provocam em hospedeiras diferenciais, ou seja, variedades que reagem diferencialmente a cada raça do patógeno. Até o presente, é encontrado na literatura relato da existência de cinco raças, T1, T2, T3, T4 e T5 (YANG et al., 2005).

A reação de hipersensibilidade é uma reação que resulta da interação entre genes de avirulência da bactéria e genes de resistência da planta. A reação incompatível (hipersensibilidade), ou seja, de resistência, caracteriza-se pelo colapso seguido de necrose dos tecidos da folha, observados em até 36 horas após a infiltração de uma suspensão concentrada (aproximadamente 5×10^8 ufc/mL) da bactéria, com o auxílio de uma seringa hipodérmica sem a agulha, no folíolo da planta. As plantas são imediatamente colocadas sob condições controladas de temperatura (24°C) e fotoperíodo (16h/8h – luz/escuro).

Alguns genes de avirulência foram identificados nas raças que causam reação de hipersensibilidade nas variedades de tomateiro diferenciais estudadas, até o presente, e iniciadores específicos para sua detecção foram desenvolvidos (BOUZAR et al., 1994; ASTUA-MONGE et al., 2000). Enquanto o gene de avirulência *avrRxv* (iniciadores RST27 – 5'-AGTCGCGCGGACATTTAGCCCC GCC e RST28 – 5'CGTC) estaria presente apenas em isolados da raça T1 (*X. euvesicatoria*), podendo ser utilizado como ferramenta auxiliar de caracterização quanto à raça (Figura 9), os genes *avrXv3* e *avrXv4* ocorrem tanto na raça 3 quanto na raça 4 (ambas *X. perforans*). Entretanto, mutações pare-

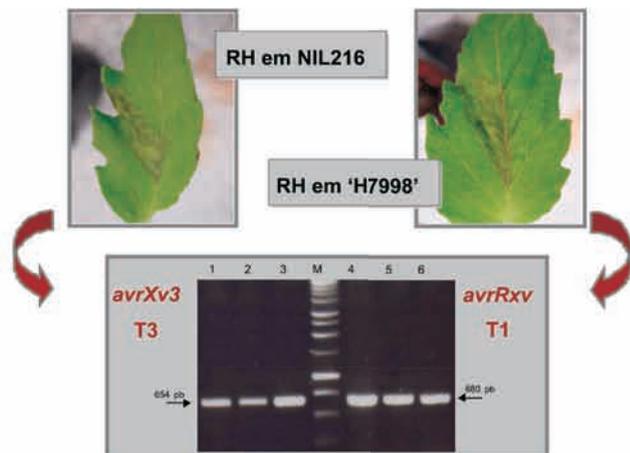


Figura 9. Reação de hipersensibilidade de genótipos diferenciais de raças de *Xanthomonas* que causam a mancha bacteriana, 'Hawaii 7998' e 'NIL 216' inoculados, respectivamente, com isolados da raça T1 (*X. euvesicatoria*) e T3 (*X. perforans*). As setas indicam fragmentos de DNA genômico dos mesmos isolados, correspondendo a 680 pb contendo o gene *avrRxv* presente na raça T1 e 654pb, contendo o gene *avrXv3*, da raça T3. Fonte: Quezado-Duval (2003).

cem ocorrer no gene *avrXv3*, de modo que na raça 4 seu produto não é mais “reconhecido” pelo gene de resistência correspondente (J. MINSAVAGE e J. JONES, comunicação pessoal). Nenhum gene *avr* foi ainda identificado na raça T2 (de *X. vesicatoria* e de *X. gardneri*).

No Brasil, já foram encontradas as raças T1, T2 e T3, correspondendo às espécies *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria* e *X. gardneri* (ambas raças T2) e *X.*

perforans, respectivamente (Quezado-Duval et al., 2004a). Por outro lado, as raças T4 e T5, ambas de *X. perforans*, relatadas nos EUA (Yang et al., 2005), ainda não foram detectadas no país. Com exceção da raça T5, cuja caracterização não foi encontrada em nenhum relato, uma relação entre raças e espécies é apresentada na Tabela 2.

Epidemiologia

O ciclo da mancha bacteriana em uma lavoura de tomate indústria é ilustrado na Figura 10. Historicamente, a doença tem sido favorecida em cultivos de verão, sujeitos a chuvas e temperaturas mais elevadas (25 a 30° C), e em cultivos irrigados por aspersão convencional ou por pivô-central (LOPES e QUEZADO-DUVAL, 2005). Embora pouco adotado na atualidade, os cultivos irrigados por gotejamento tendem a apresentar uma severidade mais baixa da mancha bacteriana, por proporcionar redução do período de molhamento foliar.

Um estudo epidemiológico em condições contro-

Tabela 2. Reação das raças de *Xanthomonas* em genótipos diferenciais de tomateiro e sua relação com as espécies da bactéria.

Espécies de <i>Xanthomonas</i>	Raças de <i>Xanthomonas</i>	Genótipos de tomateiro			
		Bonny Best ou outras suscetíveis	Hawaii 7998	PI128216 & Hawaii 7981	LA716
XE	T1	S	RH	S	S
XV, XG	T2	S	S	S	S
XP	T3	S	S	RH	RH
XP	T4	S	S	S	RH

XE: *X. euvesicatoria*; **XV:** *X. vesicatoria*; **XG:** *X. gardneri* e **XP:** *X. perforans*.

RH: Reação de hipersensibilidade (resistência). **S:** Suscetibilidade.

Fontes: Quezado-Duval et al., 2004a; Stall et al., 2009; Yang et al., 2005.

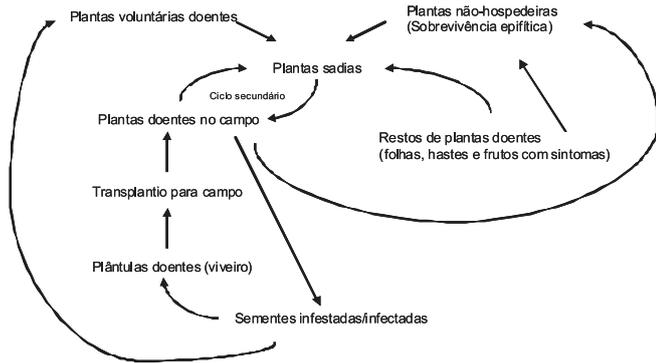


Figura 10. Esquema do ciclo da mancha bacteriana em tomate indústria.

ladas, realizado com tomate para mesa no Estado de Santa Catarina, evidenciou que, mesmo com molhamento foliar por um período de 40 horas, não eram observados sintomas quando a temperatura era de 15° C (MARCUIZZO, 2008). O isolado do estudo não havia sido identificado quanto à espécie. Mais recentemente, estudos de severidade causada por espécies de *Xanthomonas* da mancha bacteriana, em três temperaturas controladas constantes, evidenciaram adaptação diferenciada a distintas faixas térmicas entre *X. perforans* e *X. gardneri*, sendo que a primeira apresentou maior severidade a 30° C e a segunda maior severidade a 20° C (ARAÚJO, 2010).

A dispersão das *Xanthomonas* spp. de plantas doentes para plantas saudáveis ocorre com grande eficiência em dias de chuva (ou irrigação por aspersão) e vento ao mesmo tempo (STALL et al., 1993). O impacto das gotas desaloja as células bacterianas das lesões e forma gotículas (aerossol) contaminadas, que são transportadas pelo vento. Outras formas de disseminação dentro da lavoura são as operações de transplante, pulverização, “penteamento” (operação de movimentação de ramas para permitir a passagem de máquinas) e

colheita. A disseminação é muito mais eficiente quando as plantas estão molhadas, pois a bactéria necessita de água livre nos processos de sobrevivência, colonização, multiplicação e infecção. Os “rastros” ou “caminhos” da bactéria, nomes populares para a disseminação da doença planta a planta, são resultantes de movimento de pessoas e máquinas em lavouras com as folhas molhadas. Por esse motivo, a irrigação por gotejamento, pelo fato de manter as folhas secas, reduz consideravelmente a severidade da mancha bacteriana e consiste em uma das principais práticas de controle da doença (LOPES e QUEZADO-DUVAL, 2005; MOSS et al., 1987).

A disseminação da mancha bacteriana em condições favoráveis é muito rápida. No Brasil, em um estudo com a doença em viveiro de mudas de pimentão a campo aberto, observou-se incidência máxima da mancha bacteriana, tanto para valores iniciais de incidência de 0,01%, como para 1% de planta doente (CARMO et al., 1996). Apesar da ausência de dados experimentais em tomate indústria, foi observado em uma lavoura comercial em Goiás, em 2009, o desenvolvimento explosivo da doença que, em apenas 20 dias, provocou a desfolha total das plantas até a ocasião da colheita (observações de campo do primeiro autor). Em geral, esses fatos estão relacionados à ocorrência de chuva de granizo, mas outros fatores podem estar envolvidos, como a baixa resistência genética das cultivares híbridas plantadas e a baixa eficiência do controle químico, temas que serão abordados no item “Controle”.

Por essa razão, as medidas de controle que evitem a chegada do inóculo à lavoura assumem importante papel no controle da doença. As principais fontes de inóculo potenciais responsáveis pelo início de epidemias da mancha bacteriana são as seguintes:

Sementes e Mudanças

A importância da semente infectada/infestada como inóculo inicial no desenvolvimento de epidemias de mancha bacteriana em tomate foi documentada por vários autores (Jones et al., 1986; Jones et al., 1997; Leite Júnior et al., 1995; Stall et al., 1993). Sem dúvida, a semente é um eficiente veículo para a bactéria causadora da mancha bacteriana de uma localidade para outra e, certamente, essa é a principal maneira de disseminação do patógeno a longas distâncias, até entre regiões e países. Essa possibilidade é real também em nossas condições e poderia explicar a diversidade de espécies e raças de *Xanthomonas* spp. atacando o tomateiro no País (Quezado-Duval et al., 2004a).

A maneira como se dá a infecção das sementes ainda é uma questão pouco clara. Um estudo realizado com sementes de pimentão (*Capsicum annuum*) demonstrou, por meio de microscopia eletrônica de varredura e de contagem de células bacterianas, que a bactéria penetra em frutos e sementes em desenvolvimento desde que as condições ambientais sejam favoráveis à multiplicação da bactéria (BASHAN e OKON, 1986). Nesse estudo, um fenômeno de grande interesse

epidemiológico identificado foi o pequeno número de células bacterianas encontrado no interior dos frutos (menos de 10^3 ufc/fruto), que decrescia à medida em que se afastava do sítio de penetração, que era a cicatriz de inserção do pedúnculo. Esse dado justifica o aspecto prático da dificuldade de se detectar o patógeno durante a análise de sementes por meio dos testes hoje disponíveis, que normalmente apresentam problemas de limites de detecção. Essa hipótese foi reforçada por Jones (1986), que afirmaram ser a bactéria da mancha bacteriana veiculada em sementes de tomate, porém em níveis extremamente baixos. Se as diferentes espécies de *Xanthomonas* associadas à mancha bacteriana, como mencionado anteriormente (JONES et al., 2004), possuem ou não distintas habilidades no processo de infecção das sementes, é um fato que ainda precisa ser elucidado.

Sementes originadas de frutos colhidos em campos onde a epidemia da doença está instalada provavelmente resultaria em alto índice de detecção do patógeno nos lotes. Em adição, uma alta frequência de infecção e de população do patógeno na semente seria mais facilmente percebida durante a produção de mudas no viveiro. Em contraste, uma baixa infecção nas sementes, juntamente com o rigoroso tratamento fitossanitário empregado nos viveiros comerciais, inclusive no Brasil, muitas vezes previnem a detecção e a eliminação de partidas de mudas contaminadas.

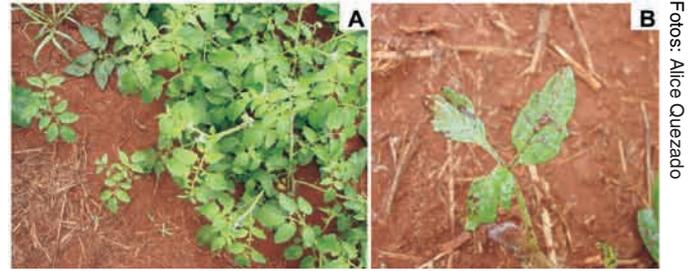
A constatação da doença no campo, em poucos focos, quando a lavoura é estabelecida em áreas

isoladas e no primeiro ano de plantio de tomate, é forte indicação de que a fonte inicial de inóculo tenha sido originadas de mudas contaminadas, potencialmente a partir de sementes carreando o patógeno, ambas em baixa incidência na origem. Situação semelhante de dispersão da doença foi observada em junho de 2009, em uma lavoura de tomate indústria no município de Cafelândia, SP (observação de campo do primeiro autor).

Plantas voluntárias de tomate (“tiguerras”)

A infecção das sementes também é evidenciada pelo fato de que plantas voluntárias de tomate (“tiguerras”) aparecem na estação de cultivo seguinte já com sintomas da doença. Esse fato foi observado *in loco* em 2009, em uma lavoura no município de Guaira, no Estado de São Paulo (Figura 11). Na ocasião, a doença apresentava padrão diferente do relatado no caso de Cafelândia, com disseminação generalizada na lavoura. O tomate havia sido plantado no mesmo local no cultivo anterior. Pouca ou nenhuma variabilidade de espécies e dentro da espécie predominante, *X. perforans*, foi observada entre isolados obtidos de amostras das “tiguerras” e de amostras das plantas da cultivar em visitas sucessivas a uma lavoura em Itaberaí, GO, em 2007 (QUEZADO-DUVAL et al., 2008).

As “tiguerras” podem aparecer aos milhares, originadas de sementes germinadas de frutos deixados no campo após a colheita, sendo fator de perpetuação da doença no local. Se não forem



Fotos: Alice Quezado

Figura 11. Plantas voluntárias (“tiguerras”) de tomate indústria com sintomas de mancha bacteriana em Guaira, SP.

destruídas, em adição à rotação de culturas, essas plantas servirão de fontes de multiplicação de inóculo, não só das *Xanthomonas* spp. que causam a mancha bacteriana, mas de outros patógenos veiculados pela semente. Vale ressaltar, porém, que a eliminação das “tiguerras” por catação deve ser feita antes que ocorra contato entre as plantas de tomate (fechamento das linhas). Se as “tiguerras” já apresentarem sintomas, as plantas arrancadas devem ser retiradas do local, atentando-se para evitar movimentação entre plantas quanto essas estiverem com suas folhas molhadas. Caso a percepção da contaminação das “tiguerras” seja tardia, ou seja, com contato já estabelecido entre as plantas, o procedimento de retirada deve ser evitado, de forma a minimizar a transmissão planta a planta. Nessa situação, deve-se recorrer ao controle químico.

Em estudo realizado na Flórida, EUA, em cinco campos avaliados, foram encontradas de 5.000 a mais de 16.000 plantas voluntárias por hectare (Jones et al., 1986). Epidemiologicamente, rotação de culturas sem eliminação de plantas voluntárias não pode ser considerada medida efetiva de controle de doenças. No Brasil ainda são necessários estudos sobre o aparecimento das “tiguerras” de

tomate entre as culturas de rotação, sendo essa uma possibilidade real já que “tigueras” de tomate foram detectadas em 2010 em uma lavoura de tomate em Morrinhos, que havia permanecido por dois anos sem plantio da cultura na área.

Restos de cultura

A eliminação de restos de cultura após a última colheita tem sido recomendada consistentemente como prática de controle de doenças (LOPES e QUEZADO-DUVAL, 2005). Para o tomate indústria, no Brasil, esta prática tem também bases legais, visando especificamente o controle de viroses transmitidas pela mosca branca. Assim como para várias outras doenças, restos culturais são importantes fontes de inóculo em plantios sucessivos com a mesma espécie de planta.

Especificamente para a mancha bacteriana, a rotação de culturas associada à eliminação imediata de restos culturais é medida importante, pois existem vários relatos da não sobrevivência de *Xanthomonas* spp. após a decomposição dos tecidos da planta e em solo não cultivado, por períodos de 4 a 6 meses (Peterson, 1963; Jones et al., 1986). Porções de caule não decompostos e folhas secas podem potencialmente manter altas populações da bactéria de uma estação de cultivo para outra. No entanto, não foram ainda desenvolvidos estudos acerca da sobrevivência das *Xanthomonas* da mancha bacteriana nos solos brasileiros.

Plantas daninhas

De acordo com Bradbury (1993), a espécie de planta daninha *Nicandra physaloides* (joá-de-capote) já foi relatada como hospedeira natural de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, enquanto *S. nigrum* (= *S. americanum*, maria-pretinha) e *S. sysimbriifolium* (joá-bravo), se mostraram hospedeiras por inoculação artificial. No entanto, Jones et al. (1986) não constataram a mancha bacteriana em plantas daninhas da família Solanaceae, inclusive maria-pretinha, crescendo em meio a campos de tomate com mancha bacteriana na Flórida, nos EUA. Essas informações, todavia, precisam agora ser revistas, considerando-se todas as espécies do complexo causador da mancha bacteriana. As plantas daninhas solanáceas maria-pretinha e joá-de-capote são facilmente encontradas crescendo em lavouras de tomate indústria, em Goiás e São Paulo. Isolados de *Xanthomonas*, patogênicos ao tomateiro, foram obtidos de folhas de plantas de maria-pretinha, com lesões necróticas, em lavouras nesses estados (PEREIRA et al., 2009). As lesões eram geralmente associadas a galerias de minadora (*Lyriomyza* sp.) (Figura 12). Estudos de patogenicidade e sobrevivência, das espécies de *Xanthomonas* nessas plantas daninhas auxiliarão na elucidação da epidemiologia da mancha bacteriana do tomate indústria.

Controle

O controle da mancha bacteriana não é simples e por isso envolve ações em várias áreas de conhe-

Fotos: Alice Quezado.



Figura 12. Folha de “maria-pretinha” com lesão necrótica associada à *Lyriomiza* sp., da qual foi isolada *Xanthomonas* sp. patogênica ao tomateiro. Fotos: Alice Quezado.

cimento, em um controle ou manejo integrado, tais como: emprego de sementes e de mudas saudas; resistência genética varietal; controle químico em campo, bem como outras práticas culturais que visem à eliminação ou redução do inóculo inicial e à disseminação da doença na lavoura.

Emprego de sementes e mudas saudas

A importância das sementes como fonte de inóculo primário das epidemias de mancha bacteriana é incontestável. A comercialização de híbridos entre países tem sido uma constante fonte de preocupação dos órgãos de defesa sanitária vegetal. Entretanto, a presença de sementes infectadas/infestadas em um lote definitivamente não implica em deficiência na produção de sementes. Isso porque nenhuma metodologia de detecção hoje disponível é isenta de falhas de detecção em lotes de sementes, em virtude dos limites associados ao método e/ou a dificuldades na amostragem por se lidar com eventos raros, isto é, com baixa frequência de ocorrência. Dessa forma, a não detecção da bactéria em determinado lote de sementes não será garantia de que o mesmo esteja totalmente livre do patógeno.

A situação ideal é que todos os lotes de sementes

fossem tratados por métodos adequados para a erradicação da bactéria ou testados para sua detecção por um método de alta sensibilidade disponível e, adicionalmente, conforme sugerido pela OEPP/EPPO (1992), com garantia de que sejam provenientes de campos verdadeiramente livres da doença.

Tratamentos físicos e químicos têm sido mencionados para sementes de tomate na literatura. Os tratamentos físicos podem ser aplicados na forma de calor seco ou úmido. Silva et al. (2002) obtiveram eficiência de quase 100% em tratamento a 70°C por 96 h, em estufa com circulação forçada de ar, sem alteração significativa da germinação das sementes. Já Grondeau & Samson (1994) sugerem para sementes de tomate, 50°C por 20 min. Em relação aos tratamentos químicos, de acordo com a CABI/EPPO (s/d), o indicado para *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* pela EPPO/CABI (1996) seria também adequado para as *Xanthomonas* da mancha bacteriana: 0,8% de ácido acético por 24 h; 5% de HCl por 5 a 10 h; 1,05% de hipoclorito de sódio por 30 min; 0,05% de HgCl₂ por 5 min.

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA), considera *X. campestris* pv. *vesicatoria* como uma praga não quarentenária regulamentável, ou seja, que deveria ser regulamentada, por ser passível de transmissão via material propagativo (sementes e mudas) e, assim, ter potencial de causar prejuízo aos produtores (MAPA, 1999). Porém, isso ainda não ocorreu já

que o nível de tolerância em sementes de tomate ainda não foi definido, nem foram estabelecidos protocolos oficiais de detecção. Tais protocolos devem ainda considerar o complexo *Xanthomonas*, com a identificação de cada espécie infectando o lote. Na prática, não havendo regulamentação, não há menção nos rótulos de embalagens de lotes de sementes comercializados no País, sobre garantia de ausência da bactéria, ou de algum teste de detecção e/ou tratamento de sementes que tenha sido realizado para esse fim.

A dificuldade em relação à detecção reside principalmente na baixa concentração de células bacterianas no interior dos frutos e das sementes, bem como em problemas de amostragem de lotes de sementes. A utilização de iniciadores específicos para as espécies de *Xanthomonas* da mancha bacteriana devem auxiliar no desenvolvimento de protocolos mais sensíveis para a detecção da bactéria em material propagativo (Obradovic et al., 2004; Cuppels et al., 2006; Koenraadt et al., 2009), permanecendo, porém, a questão da amostragem de eventos raros, como já explicado anteriormente.

A produção de mudas saudias, por sua vez, é diretamente dependente do semeio de sementes saudias. Os viveiros comerciais devem ser isolados dos campos de produção. Além disso, rigoroso controle de acesso e emprego de medidas fitossanitárias preventivas devem ser adotados. A produção de mudas de tomate indústria nos Estados de Goiás e de São Paulo é conduzida em viveiros comerciais

que empregam alta tecnologia. Além disso, as legislações estaduais exigem a emissão anual de uma ART (Anotação de Responsabilidade Técnica), por um engenheiro agrônomo responsável técnico da produção. Esse fato, teoricamente, daria certa garantia da qualidade do material de propagação pois espera-se que o responsável técnico realize inspeções visuais periódicas dos lotes. No caso de transporte interestadual de mudas, o que atualmente não ocorre na cadeia de tomate indústria no País, a emissão do Certificado Fitossanitário de Origem (CFO), por profissional devidamente habilitado junto ao MAPA seria ainda necessária.

Resistência genética varietal

No Brasil, as cultivares de tomate indústria são híbridas importadas e possuem baixo grau de resistência às várias espécies e raças de *Xanthomonas*, envolvidas com a mancha bacteriana. Apesar disso, tem-se observado diferença na severidade da doença entre cultivares, sendo 'U2006' (Nunhens) e 'AP533' (Seminis), mais resistentes a campo. A maior resistência quantitativa do híbrido U2006 foi confirmada, experimentalmente, em ensaios de campo (NASCIMENTO, 2009). Nesse sentido, esses dois híbridos são posicionados para os primeiros plantios da safra no Estado de Goiás, quando as condições ambientais são mais favoráveis à doença.

Algumas novas cultivares têm sido oferecidas pelas empresas de sementes e precisam ser avaliadas para resistência à mancha bacteriana, levando-se

em conta ainda a interação com as raças ou espécies presentes na região.

A pesquisa mundial em resistência genética da mancha bacteriana do tomateiro tem buscado intensivamente a identificação e caracterização de fontes de resistência. Resistência específica para a raça T1 (*X. euvesicatoria*) foi encontrada em 'Hawaii 7998' (Wang et al., 1994) e para raça T3 (*X. perforans*) nos genótipos Hawaii 7981, PI 128216 e PI 126932 (Scott et al., 1995). Já o genótipo PI 114490 (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) tem mostrado resistência em campo para as raças T1 (*X. euvesicatoria*), T2 (*X. vesicatoria*), T3 e T4 (ambas de *X. perforans*), mas a resistência é de herança complexa, com diferentes grupos de genes de efeitos aditivos maiores e menores ("quantitative trait loci", QTLs), que contribuem para a resistência às diferentes raças (Robbins et al., 2009; Scott et al., 2003; Yang et al., 2005). Desse modo, vários *loci* devem ser combinados para que se vislumbre o desenvolvimento de variedades com resistência estável à mancha bacteriana, ou seja, resistentes a todas as espécies e raças presentes. Marcadores moleculares ligados a esses *loci* (QTLs) estão sendo identificados e serão importantes ferramentas auxiliares para esse fim (ROBBINS et al., 2009; YANG et al., 2005).

Fontes de resistência quantitativa moderada, associada a uma menor severidade da doença, como sugerido para os híbridos comerciais 'U2006' e 'AP533', têm sido identificadas experimentalmente, tal como a linhagem de porte rasteiro 'Ohio 8245',

que corresponde à variedade de polinização aberta Agrocica 45 (Unilever BestFoods) (Quezado-Soares et al., 1998; Scott & Jones, 1986; Scott et al., 1997; Silva-Lobo et al., 2005). 'Agrocica 45' em um ensaio de campo, foi a variedade que apresentou a menor redução de produtividade na presença da doença (Quezado-Soares et al., 1998) (Figura 1).

As fontes de resistência quantitativa podem ainda ter importância como base genética para incorporação dos genes de efeito maior, comentados anteriormente. De fato, Robbins et al. (2009) observaram que, dependendo da base genética, a incorporação da resistência à raça T3 derivada de PI 128216, pela introgressão do gene *Rx-4* (*locus* no cromossomo 11), resultou em diferentes níveis de severidade no campo. A Embrapa Hortaliças, no âmbito de um projeto de melhoramento do tomateiro, tem trabalhado com o desenvolvimento de híbridos competitivos de tomate indústria (QUEZADO-DUVAL et al., 2009). Linhagens avançadas desenvolvidas com base genética de resistência moderada estão sendo avaliadas para as várias espécies de *Xanthomonas*, e serão trabalhadas para a incorporação de outras características de resistência a essa, e às demais doenças de importância para a cultura.

Controle químico em campo

Agrotóxicos à base de cobre e antibióticos agrícolas, tais como estreptomicina e oxitetraciclina, têm sido tradicionalmente utilizados para o controle da mancha bacteriana do tomateiro. No entanto, nos

últimos anos, a utilização de antibióticos em tomate para processamento tem sido abandonada, devido ao custo mais elevado e ao baixo nível de controle obtido, o que provavelmente estaria relacionado com o aparecimento e predominância de isolados insensíveis a esses princípios ativos. De fato, quase 100% dos isolados de *X. gardneri* provenientes de lavouras de tomate indústria nos municípios de Itapaci, GO, e Rio Verde, GO (ambos de 1997), Morrinhos, GO, e Patos de Minas, MG (ambos 1998) e Morrinhos, GO (2000) apresentaram-se insensíveis à estreptomicina na concentração testada (25 ppm) em testes *in vitro* (Quezado-Duval et al., 2003). Por outro lado, nenhum isolado da raça T3 (*X. perforans*) proveniente de Juazeiro, BA, Petrolina e Orocó, PE (ano 1998) foi insensível (Quezado-Duval et al., 2003). Recentemente, Pereira et al. (2009) detectaram isolados de *X. perforans* provenientes de Rio Verde, GO e Luziânia, GO (ambos 2008), insensíveis ao antibiótico estreptomicina a 50 ppm. Para cobre, esses autores encontraram diferenças entre os isolados, com isolados resistentes a 100 ppm provenientes de Goiânia, GO (2009), Rio Verde e Luziânia (ambos 2008). Isolados de *Xanthomonas* da mancha bacteriana do tomateiro insensíveis à estreptomicina, bem como isolados que diferem quanto à sensibilidade ao cobre, também foram relatados no Brasil e outros países (STALL & THAYER, 1962; MARCO & STALL, 1983).

Além dos fungicidas cúpricos, novos princípios ativos estão disponíveis em formulações comerciais, com registro para o tomateiro no MAPA e indicação para a mancha bacteriana, como o indutor de re-

sistência acibenzolar-S-methyl (ASM) e os cloretos de benzalcônio. A eficiência dos mesmos ainda precisa ser melhor avaliada em nossas condições, definindo-se início, intervalo e número adequado de aplicações.

Uma outra molécula que tem apresentado resultados promissores nos EUA para o controle da mancha bacteriana é a famoxadona (ROBERS, 2004). Naquele país, o produto comercial Tanos® (SHEPHERD et al., 2004), que possui 25% de famoxadona e 25% de cimoxanil em sua composição, é indicado em mistura de tanque com hidróxido de cobre, alternando-se semanalmente com mancozebe ou clorotalonil para o controle de doenças fúngicas. No Brasil, existem dois produtos registrados para o tomateiro, indicados para controle da requeima (*Phytophthora infestans*) e da pinta-preta (*Alternaria solani*), que possuem esta molécula em sua composição. Nascimento (2009) avaliou produtos com princípios ativos indicados para o controle da mancha bacteriana e combinações, em mudas e em campo. Observou-se que vários fatores poderiam estar envolvidos na inconstância da eficiência dos produtos e que mais estudos precisam ser realizados. Porém, uma tendência em reduzir a severidade da doença, com ganho econômico, foi observada nos tratamentos onde eram utilizados produtos à base de acibenzolar-S-methyl e famoxadona + mancozebe (NASCIMENTO, 2009).

Em relação aos produtos à base de cobre, é importante mencionar que existem diferentes formulações nos diferentes agrotóxicos disponíveis

no mercado. Essas formulações diferem quanto à disponibilidade de cobre ativo, ou seja, o iônico (Cu^{2+}), que é o agente tóxico (SIGEE, 1993), o que afeta, conseqüentemente, a eficiência do controle da bactéria.

É muito importante ressaltar que nenhum produto terá sua eficiência otimizada sem o emprego adequado da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Fatores importantes não estão sendo observados, tais como o pH da água de preparo da calda, incompatibilidade entre agrotóxicos diversos, vazão que permita boa cobertura foliar e horário de aplicação dos produtos. Por exemplo, em uma epidemia explosiva de mancha bacteriana ocorrida em Morrinhos, GO, em 2009, o produtor informou que haviam sido empregados na lavoura somente 140 L/ha para aplicação do fungicida cúprico escolhido para o controle da bacteriose. De acordo com os rótulos dos fungicidas cúpricos, que são produtos de contato protetores, um volume de aplicação de 800 a 1.000 litros por hectare deveria ser empregado por aplicação para a proteção das plantas de tomate rasteiro durante o ciclo da cultura.

Em termos de perspectivas futuras, a pesquisa com fagos (vírus que infectam bactérias) vem sendo realizada nos EUA e sua associação com o ASM mostrou eficiência em ensaios de casa-de-vegetação (Obradovic et al., 2005).

Outras práticas culturais

Uma das práticas mais eficazes de controlar doen-

ças de plantas é pela rotação de culturas. Esta prática tem como princípio eliminar plantas suscetíveis na área de plantio, reduzindo assim a população do patógeno pela ausência de tecidos suscetíveis para sua manutenção na área que servirá como fonte de inóculo no próximo cultivo.

No caso do tomateiro, a rotação de culturas com gramíneas é a mais recomendável, uma vez que culturas como soja, feijão, batata ou pimenta e pimentão podem abrigar pragas e patógenos comuns a ambas culturas. Se houver histórico da ocorrência da mancha bacteriana, deve-se evitar voltar com lavoura de tomate antes de, no mínimo, seis meses, de modo a permitir a decomposição dos restos culturais, que pode ser acelerado com aplicações de herbicida associado à uréia (0,5%). Mas essa medida só será eficiente se houver a eliminação adequada de plantas voluntárias de tomate, originárias do banco de sementes remanescentes da colheita, conforme comentado no item Epidemiologia.

A modificação ambiental que desfavoreça a eficiente disseminação da doença, como bom preparo do solo, no caso de solos compactados, evitando-se a formação de poças, densidade de plantio e tipo e frequência de irrigação adequadas, procurando reduzir o período de molhamento foliar.

Conclusão Geral

- A mancha bacteriana do tomateiro pode ser causada por espécies e raças distintas de

Xanthomonas;

- Condições que proporcionem maior período de molhamento foliar (orvalho, chuva, irrigação por aspersão) favorecem a mancha bacteriana;
- Tem sido observada interação entre temperatura e severidade da mancha bacteriana causada por *Xanthomonas perforans* e *X. gardneri*;
- Não existem híbridos comerciais de tomate indústria disponíveis com alto grau de resistência abrangente à mancha bacteriana;
- controle da mancha bacteriana envolve uma série de medidas integradas de controle;
- A semente e as plantas voluntárias de tomate (“tiguerras”) são fontes potenciais de inóculo para início do aparecimento da mancha bacteriana;
- A eficiência do uso de agrotóxicos para o controle da mancha bacteriana é errática porque depende de vários fatores (clima, sensibilidade intrínseca da população bacteriana aos princípios ativos, tecnologia de aplicação);

Nova Proposição

A mancha bacteriana do tomateiro, até bem pouco tempo atribuída a *X. campestris* pv. *vesicatoria*, é hoje aceita como sendo um complexo, e não uma doença única. Neste complexo estão envolvidas

as espécies *X. vesicatoria*, *X. euvesicatoria*, *X. gardneri* e *X. perforans* (Jones et al., 2004). Ao se considerar que diferentes espécies do patógeno estão envolvidas, e que as condições ambientais interferem de modo diferenciado de acordo com essas espécies (Araújo, 2010), propõe-se aqui que o complexo mancha bacteriana seja tratado como quatro doenças distintas. Propõe-se ainda os nomes de mancha de vesicatoria, mancha de euvesicatoria, mancha de gardneri e mancha de perforans sejam usados doravante, respectivamente para as espécies bacterianas sugeridas nesses nomes. Esta distinção tem como finalidade básica tratar de forma diferente patossistemas diferentes, com as consequentes análises de medidas de controle de cada uma, inclusive com medidas quarentenárias diferenciadas.

Bibliografia citada

ARAÚJO, E. R. **Competitividade entre espécies de *Xanthomonas* causadoras da mancha bacteriana do tomateiro**. Brasília, 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

ARAÚJO, E. R.; PEREIRA, R. C.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; FERREIRA, M. A. S. V. Sensibilidade in vitro de isolados de *Xanthomonas perforans* a cobre e estreptomicina. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34 p. S94, 2009. Suplemento.

ASTUA-MONGE, G.; MINSAVAGE, G. V.; STALL, R. E.; DAVIS, M. J.; BONAS, U.; JONES, J. B. Resistance of tomato and pepper to T3 strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* is speci-

fied by plant-inducible avirulence gene. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, St. Paul, MN, v. 13, n. 9, p. 911-921, 2000.

BASHAN, Y.; OKON, Y. Internal and external infections of fruits and seeds of peppers by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 64, n. 12, p. 2865-2871, 1986.

BONGIOLO NETO, A.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; TAKATSU, A. Levantamento de grupos de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 881-889, 1986.

BOUZAR, H.; JONES, J. B.; STALL, R. E.; HODGE, N. C.; MINSAVAGE, G. V.; BENEDICT, A. A.; ALVAREZ, A. M. Physiological, chemical, serological, and pathogenic analysis of a worldwide collection of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, n. 7, p. 663-671, 1994.

BOUZAR, H.; JONES, J. B.; STALL, R. E.; LOUWS, F. J.; SCHNEIDER, M.; RADEMAKER, J. L. W.; BRUIJN, F. J. de; JACKSON, L. E. Multiphasic analysis of xanthomonads causing bacterial spot disease on tomato and pepper in the Caribbean and Central America: evidence for common lineages within and between countries. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, n. 4, p. 328-335, 1999.

BRADBURY, J. F. **Guide of Plant Pathogenic Bacteria**. Slough: C.A.B. International, 1986. 332 p.

CABI/EPPO. *Xanthomonas vesicatoria*. **Data Sheets on Quarantine Pests**, [199?]. 6p.

CARMO, M. G. F.; KIMURA, O.; MAFFIA, L. A.; CARVALHO, A. O. Progresso da pústula bacteriana do pimentão, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, em condições de viveiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n.1, p. 62-70, 1996.

CUPPELS, D. A.; LOUWS, F. J.; AINSWORTH, T. Development and evaluation of PCR-based diagnostic assays for the bacterial speck and bacterial spot pathogens of tomato. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n. 4, p. 451-458, 2006.

EPPO/CABI. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. In: SMITH, I. M.; McNAMARA, D. G.; SCOTT, P. R.; HOLDERNESS, M. (Ed.). **Quarantine pests for Europe**. 2nd ed. Wallingford: CABI International, [1998].

GARDNER, M.W.; KENDRICK, J.B. Bacterial spot of tomato and pepper. **Phytopathology**, v.13, n.7, p.307-315, 1923.

GARRITY, G. M.; HOLT, J. G. An overview of the road map to the manual. **Systematic Bacteriology**. 2. ed. New York: Springer, 2000. 20 p. (Bergey's Manual)

GRONDEAU, C.; SAMSON, R. A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens, especially seeds from bacteria. **Critical Reviews in Plant Science**, Boca Raton, v. 13, n. 1, p. 57-75, 1994.

HIDELBRAND, D. C.; PALLERONI, N. J.; SCHROTH, M. N. Deoxyribonucleic acid relatedness of 24 xanthomonad strains representing 23 *Xanthomonas campestris* pathovars and *Xanthomonas fragariae*. **Journal of Applied Bacteriology**, London, v. 68,

n. 6, p. 263-269, 1990.

JONES, J. B.; STALL, R. E.; SOMODI, G. C.; BOUZAR, H.; HODGE, N. C. A third tomato race of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, n. 4, p. 395-398, 1995.

JONES, J. B. Bacterial spot. In: JONES, J. B.; JONES, J. P.; STALL, R. E.; ZITTER, T.A. (Ed.). **Compendium of Tomato Diseases**. Saint Paul: American Phytopathological Society Press, 1997. p. 27.

JONES, J. B.; MOMOL, M. T.; OBRADOVIC, A.; BALOGH, B.; OLSON, S. M. Bacterial spot management on tomatoes. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1, n. 695, p. 119-123, 2005.

JONES, J. B.; POHRONEZNY, K. L.; STALL, R. E.; JONES, J. P. Survival of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Florida on tomato crop residue, weeds, seeds, and volunteer tomato plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 76, n. 4, p. 430-434, 1986.

JONES, J. B.; STALL, R. E.; BOUZAR, H. Diversity among xanthomonads pathogenic on pepper and tomato. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, p. 41-58, 1998.

JONES, J. B.; BOUZAR, J.; STALL, R. E.; ALMIRA, E. C.; ROBERTS, P. D.; BOWEN, B. W.; SADBERRY, J.; STRICKLER, P. M.; CHUN, J. Systematic analysis of xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated with pepper and tomato lesions. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, DC, v. 50, n. 5, p. 1211-1219, 2000.

JONES, J. B.; LACY, G. H.; BOUZAR, H.; STALL, R. E.; SCHAAD, N. W. Reclassification of xanthomonads associated with bacterial spot of tomato and pepper. **Systematic and Applied Microbiology**, Stuttgart, v. 27, p. 755-762, 2004.

JONES, J. B.; SOMODI, G. C.; SCOTT, J. W. Increased ELISA sensitivity using a modified extraction buffer for detection of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in leaf tissue. **Journal of Applied Microbiology**, Daners, v. 83, p. 397-401, 1997.

KOENRAADT, H.; VAN BETTERAY, B.; GERMAIN, R.; HIDDINK, G.; JONES, J. B.; OOSTERHOF, J.; RIJLAARSDAM, A.; ROORDA, P.; WOUTD, B. Development of specific primers for the molecular detection of bacterial spot of pepper and tomato. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 808, p. 99-102, 2009.

LEITE JÚNIOR, R. P.; JONES, J. B.; SOMODI, G. C.; MINSAVAGE, G. V.; STALL, R. E. Detection of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* associated with pepper and tomato seed by DNA amplification. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, n. 9, p. 917-922, 1995.

LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, A. M. **Doenças Bacterianas das Hortaliças: Diagnóstico e Controle**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997, 70 p.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Doenças Bacterianas. In: LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. (Org.). **Doenças do Tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 53-73, 2005.

LOUWS, F.J.; FULBRIGHT, D. W.; STEPHENS, C. T.; BRUIJN, F. J. Differentiation of genomic structure by rep-PCR fingerprinting to rapidly

classify *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, n. 5, p. 528-536, 1995.

MAPA. Portaria Nº 71, de 22 de fevereiro de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 35, Seção 1, p. 9, 1999.

MARCO, G. M.; STALL, R. E. Control of bacterial spot of pepper initiated by strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* that differ in sensitivity to copper. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 67, n. 7, p. 779-781, 1983.

MARCUZZO, L. L. **Epidemiologia e previsão da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro**. Passo Fundo, 2008. 68 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Passo Fundo.

McGUIRE, R. G.; JONES, J. B. Detection of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in tomato. In: SAETTLER, A. W.; SCHAAD, N. W.; ROTH, D. A. (Ed.). **Detection of bacteria in seed and other planting material**. St. Paul: APS Press, p.59-62, 1989.

MOSS, M.A.; POHRONEZNY, K.; SCHENK, J.; DANKERS, W. Effect of irrigation method on the development of bacterial spot epidemics in tomato. **Phytopathology**, v.77, n.10, p.1712, 1987.

NAGAI, H.; SUGIMORI, N.H. Suscetibilidade dos tomateiros ‘H 7998’ e ‘C-28’ à pústula bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) em São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 4, n. 1, p. 62, 1986. Resumo.

NASCIMENTO, A. R. **Ação de produtos químicos**

in vitro, em mudas e em campo sobre a mancha bacteriana (*Xanthomonas perforans* e *X. gardneri*) em tomate para processamento industrial. Goiânia, 2009. 126 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás.

OBRADOVIC, A.; MAVRIDIS, A.; RUDOLPH, R.; JANSE, J. D.; ARSENIJEVIC, M.; JONES, J. B.; MINSAVAGE, G. V.; WANG, J. Characterization and PCR-based typing of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from peppers and tomatoes in Serbia. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 110, p. 285-292, 2004.

OBRADOVIC, A.; JONES, J. B.; MOMOL, M. T.; OLSON, S. M.; JACKSON, L. E.; BALOGH, B.; GUVEN, K.; IRIARTE, F. B. Integration of biological control agents and systemic acquired resistance inducers against bacterial spot on tomato. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 7, p. 712-716, 2005.

OEPP/EPPO. Quarantine procedures. *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* – seed-testing method. **Bulletin OEPP/EPPO**, n. 22, p. 247-252, 1992.

PETERSON, G.H. Survival of *Xanthomonas vesicatoria* in soil and diseased tomato plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, p. 388-394, 1963.

PEREIRA, M. V.; COSTA, J. R.; QUEZADO-DUVAL, A. M. *Xanthomonas* sp. infectando maria-pretinha em lavoura de tomate industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOMATE INDUSTRIAL, 3.; SEMINÁRIO NACIONAL DE TOMATE DE MESA, 1.; 2009, Goiânia. Tendências mundiais do processamento de tomate: **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: Associação Brasileira de Horticultura;

Goiânia; FAEG: UFG: Secretaria de Agricultura e Abastecimento: Win Central de Eventos, 2009. Trabalho 68 1/1, p. 68, CD-ROM.

POHRONEZNY, K.; VOLIN, R. B. The effect of bacterial spot on yield and quality of fresh market tomatoes. **HortScience**, Alexandria, v.18, p. 69-70, 1983.

QUEZADO-DUVAL, A. M. **Diversidade de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomateiro para processamento industrial no Brasil**. Piracicaba, 2003. 111 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; FURUMOTO, O.; SPINELLI, A. C. U.; INOUE-NAGATA, A. K. Desempenho de híbridos experimentais de tomate industrial em Morrinhos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOMATE INDUSTRIAL, 3.; SEMINÁRIO NACIONAL DE TOMATE DE MESA, 1.; 2009, Goiânia. Tendências mundiais do processamento de tomate: **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: Associação Brasileira de Horticultura; Goiânia; FAEG: UFG: Secretaria de Agricultura e Abastecimento: Win Central de Eventos, 2009. Trabalho 58 1/1, p. 32, CD-ROM.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; GAZZOTO FILHO, A.; LEITE JÚNIOR, R. P.; CAMARGO, L. E. A. Sensibilidade a cobre, estreptomicina e oxitetraciclina em *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 670-675, 2003.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; GUIMARÃES, C. M. N.; SILVA, C. S. **Tigueras: uma fonte de inóculo**

inicial da mancha bacteriana em tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, 13 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).

QUEZADO-DUVAL, A. M.; LOPES, C. A.; LEITE JÚNIOR, R. P.; LIMA, M. F.; CAMARGO, L. E. A. Diversity of *Xanthomonas* spp. associated with bacterial spot of processing tomatoes in Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 695, p. 101-108, 2004a.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; LEITE JÚNIOR, R. P.; TRUFFI, D.; CAMARGO, L. E. A. Outbreaks of bacterial spot caused by *Xanthomonas gardneri* on processing tomato in Central-West Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, n. 2, p. 157-161, 2004b.

QUEZADO-SOARES, A. M.; SILVA, V. L.; GIORDANO, L. de B.; LOPES, C. A. Redução na produtividade de tomateiro para processamento industrial devida à mancha-bacteriana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, 1998. Resumo 266.

ROBBINS, M. D.; DARRIGUES, A.; SIM, S-C; MASUD, M. A. T.; FRANCIS, D. Characterization of hypersensitive resistance to bacterial spot race T3 (*Xanthomonas perforans*) from tomato accession PI128216. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 99, n. 9, p.1037-1044, 2009.

ROBERTS, P.D. Suppression of bacterial spot on tomato in greenhouse and field trials. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOMATO DISEASES, 1.; ANNUAL TOMATO DISEASE WORKSHOP, 19., 2004, Orlando. **Abstracts...** MOMOL, M. T.; JONES, J. B. (Ed.). Orlando: University of Florida: FAS Extension/ISHS, 2004. p. 63.

- SAHIN, F. **Detection, identification and characterization of strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* by traditional and molecular methods, and resistance in *Capsicum* species to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* pepper race 6.** Columbus, 1997. 182 f. Thesis (Ph.D.) - The Ohio State University.
- SCOTT, J. W.; JONES, J. B.; SOMODI, G. C. Screening tomato accessions for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, race T3. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 3, p. 579-581, 1995.
- SCOTT, J. W.; FRANCIS, D. M.; MILLER, S. A.; SOMODI, G. C.; JONES, J. B. Tomato bacterial spot resistance derived from PI 114490; inheritance of resistance to race T2 and relationship across three pathogen races. **Journal of American Society Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 114, p. 111-114, 2003.
- SCOTT, J. W.; JONES, J. B. Sources of resistance to bacterial spot in tomato. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 2, p. 304-306, 1986.
- SCOTT, J. W.; MILLER, S. A.; STALL, R. E.; JONES, J. B.; SOMODI, G. C.; BARBOSA, V.; FRANCIS, D. L.; SAHIN, F. Resistance to race T2 of the bacterial spot pathogen in tomato. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 724-727, 1997.
- SHEPHERD, C.; WILLIAMS, R.; SOEHNER, S. Controlling fungal and bacterial diseases of tomatoes with Tanos TM, a new fungicide from DuPont. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOMATO DISEASES, 1.; ANNUAL TOMATO DISEASE WORKSHOP, 19., 2004, Orlando. **Abstracts...** MOMOL, M. T.; JONES, J. B. (Ed.). Orlando: University of Florida: FAS Extension/ISHS, 2004. p. 48.
- SIGEE, D. C. **Bacterial plant pathology: cell and molecular aspects.** Cambridge University Press, 1993. 325 p.
- SILVA, A. M. S.; CARMO, M. G. F.; OLIVARES, F. L.; PEREIRA, A. J. Termoterapia via calor seco no tratamento de sementes de tomate: eficiência na erradicação de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* e efeitos sobre a semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n.6, p. 586-593, 2002.
- SILVA, V. L.; GIORDANO, L. B.; LOPES, C. A. Herança da resistência à mancha-bacteriana em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 343-349, 2005.
- STALL, R. E. *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*: cause of bacterial spot of tomato and pepper. In: SWINGS, J. G.; CIVEROLO, E. L. (Ed.). **Xanthomonas**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 57-60.
- STALL, R. E.; GOTTWALD, T. R.; KOIZUMI, M.; SCHAAD, N. C. Ecology of plant pathogenic xanthomonads. In: SWINGS, J. G.; CIVEROLO, E. L. (Ed.). **Xanthomonas**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 265-299.
- STALL, R. E.; JONES, J. B.; MINSAVAGE, G. V. Durability of resistance in tomato and pepper to xanthomonads causing bacterial spot. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 47, p. 265-284, 2009.
- STALL, R. E.; THAYER, P.L. Streptomycin resistance of the bacterial spot pathogen and control with streptomycin. **Plant Disease Reporter**, Beltsville,

MD, v. 46, n. 6, p. 389-392, 1962.

□UTIC, D. Bakterioze Crvenog Patlidzana. [Tomato bacteriosis.]. **The Review of Applied Mycology**, Surrey, v. 36, p. 734-735, 1957.

VAUTERIN, L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K.; SWINGS, J. Reclassification of *Xanthomonas*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington-DC v.45, n. 3, p. 472-489, 1995.

VILLAS BÔAS, G.L.; MELO, P.E.; CASTELO BRANCO, M.; GIORDANO, L.B.; MELO, W.F. Desenvolvimento de um modelo de produção integrada de tomate indústria – PITI. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo Integrado de Doenças e Pragas: Hortaliças**. Goiânia: UFG; Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. p. 349-362.

WANG, J. F.; JONES, J. B.; SCOTT, J. W.; STALL, R. E. Several genes. In: *Lycopersicon esculentum* control hypersensitivity to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, n. 2, p. 702-706, 1994.

WARNER, J. **Crop Protection. Ontario Horticultural Crops Research and Services Comitee 2002 Annual Report: Tomato**, 2003. Disponível em: < www.gov.on.ca>. Acesso em: 17 set. 2003.

YANG, W.; SACKS, E. J.; LEWIS IVEY, M. L.; MILLER, S. A.; FRANCIS, D. M. Resistance. In: *Lycopersicon esculentum* intraspecific crosses to race T1 strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* causing bacterial spot of tomato. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 95, n. 5, p. 519-527, 2005.

Agradecimentos

Às empresas processadoras Predilecta, Produtos Dez e Unilever BestFoods pela viabilização das visitas às lavouras comerciais.

Circular Técnica, 84

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Endereço: BR 060 km 9 Rod. Brasília-Anápolis
C. Postal 218, 70.539-970 Brasília-DF

Fone: (61) 3385-9115

Fax: (61) 3385-9042

E-mail: sac@cnph.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2010): 1000 exemplares

Comitê de Publicações Presidente: Warley M. Nascimento

Editor Técnico: Mirtes F. Lima

Membros:

Jadir B. Pinheiro

Miguel Michereff Filho

Milza M. Lana

Ronessa B. de Souza

Expediente Normatização Bibliográfica: Rosane M. Parmagnani

Editoração eletrônica: Paloma Cabral

Impressão: Realce Gráfica e Editora Ltda