

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA VARIETAL E DO  
ACIBENZOLAR-S-METIL NO CONTROLE DA MANCHA  
BACTERIANA (*Xanthomonas euvesicatoria*) EM *Capsicum*  
*annuum*

Autor: Ricardo Marques da Silva Viegas  
Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval

**MORRINHOS - GO**  
**Março – 2016**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA VARIETAL E DO  
ACIBENZOLAR-S-METIL NO CONTROLE DA MANCHA  
BACTERIANA (*Xanthomonas euvesicatoria*) EM *Capsicum*  
*annuum*

Autor: Ricardo Marques da Silva Viegas  
Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – GO – Área de concentração manejo fitossanitário em olerícolas.

**MORRINHOS - GO**  
**Março – 2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos**

V656a Viegas, Ricardo Marques da Silva.

Avaliação da resistência varietal e do acibenzolar-S-metil no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas euvesicatoria*) em *Capsicum annuum*. / Ricardo Marques da Silva Viegas. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2016.

40 f. : il. color.

Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval

Co-orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Trabalho de conclusão de curso (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2016.

1. *Capsicum annuum* L. 2. Resistência sistêmica adquirida (RAS). 3. Controle químico. I. Duval, Alice Maria Quezado. II. Instituto Federal Goiano. Mestrado Profissional em Olericultura. III. Título

CDU 632.9 (043)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS MORRINHOS  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA VARIETAL E DO  
ACIBENZOLAR-S-METIL NO CONTROLE DA MANCHA  
BACTERIANA (*Xanthomonas euvesicatoria*) EM *Capsicum*  
*annuum*

Autor: Ricardo Marques da Silva Viegas  
Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura – Área de Concentração Manejo  
Fitossanitário em Olerícolas

APROVADO em 31 de março de 2016



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alice Maria Quezado Duval  
Presidente da Banca



Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva  
Avaliador interno  
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Abadia dos Reis Nascimento  
Avaliadora externa  
Universidade Federal de Goiás

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – GO e todos os funcionários envolvidos no primeiro Mestrado Profissional da instituição pelos esforços em levar o conhecimento técnico científico de qualidade ao alcance de todos.

Ao Dr. Adelmo Golynski pela dedicação ao trabalho de pesquisa, e pelo esforço em tornar o mestrado profissional uma realidade.

À Embrapa Hortaliças pela oportunidade de trabalho no laboratório de Fitopatologia, em especial, à assistente de pesquisa Sra. Luana Maria Silva.

À Dra. Alice Maria Quezado Duval, obrigado pela orientação pelo conhecimento a mim passado ajudando, assim, no meu crescimento profissional.

À Dra. Abadia Reis Nascimento pela participação na banca da defesa.

Ao. Dr. Rodrigo Vieira da Silva pela participação na banca da defesa.

Ao Dr. Nadson de Carvalho Pontes agradeço pela coorientação e a oportunidade de trabalho.

Ao pesquisador Dr. Antônio Williams Moita da Embrapa Hortaliças pela realização de análises estatísticas.

Ao aluno Leonardo Guimarães dos Santos graduando do curso de Agronomia pela Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas de Goiatuba Goiás, meu reconhecimento.

Aos meus pais Francisco Marques Viegas e Célia Maria da Silva Viegas, por terem me conduzido sempre no caminho da Educação e do Amor.

A minha esposa Djeime dos Santos Mateus Viegas pelos momentos de compreensão, dedicação e força para que eu pudesse concluir mais uma etapa.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Ricardo Marques da Silva Viegas, filho de Francisco Marques Viegas e Célia Maria da Silva Viegas, nasceu no dia 10 de outubro de 1983, na cidade de Ipameri, Estado de Goiás.

Em agosto de 2002 - ingressou no curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem do Centro Federal de Educação Tecnológica de Urutaí – Goiás, onde obteve o grau de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem em agosto de 2005.

Iniciou em março de 2014 o curso de Mestrado Profissional em Olericultura do Programa de Pós-Graduação em Olericultura no Instituto Federal de Educação e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – GO, submetendo-se à defesa da dissertação no dia 31 de março de 2016.

## ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS .....	ii
BIOGRAFIA DO AUTOR .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE TABELAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
LISTA SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES .....	ix
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Aspectos gerais sobre a cultura do pimentão .....	1
1.2. Aspectos sobre a mancha bacteriana.....	2
1.3. Medidas gerais de controle.....	3
1.4. Referências Bibliográficas .....	5
2. OBJETIVO .....	8
3. CAPÍTULO I .....	9
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
3.1. Introdução .....	13
3.2. Material e Métodos .....	15
3.3. Resultados e Discussão .....	17
3.4. Conclusão.....	19
3.5. Agradecimentos.....	19

3.6. Referências Bibliográficas .....	20
4. CAPÍTULO II .....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	25
4.1. Introdução .....	27
4.2. Material e Métodos .....	30
4.3. Resultados e Discussão .....	32
4.4. Conclusões .....	35
4.5. Referências Bibliográficas .....	36
5. Conclusão Geral.....	39



## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise de variância e efeitos das fontes de variação para Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), Desfolha (DESF), massa de matéria fresca (g) e Produtividade total (t.ha-1) no experimento de número de aplicações de Acibenzolar-S-metil (ASM) em pimentão op. Cascadura Ikeda, realizado em Morrinhos - GO, no período de novembro de 2014 a dezembro de 2015. ....	17
Tabela 2. Análise de variância e efeitos das fontes de variação para (COMPR) - comprimento de frutos (mm); (DIAM) – diâmetro (mm); (COMP/DIAM) - relação entre comprimento/diâmetro; formato do fruto: (RET) - retangular, (QUA) - quadrado, (CONI) - cônico; classificação do fruto: (CE) - Categoria Extra, (CC) - Categoria I no experimento de número de aplicações de Acibenzolar-S-metil (ASM) em pimentão op. Cascadura Ikeda, realizado em Morrinhos – GO, no período de novembro de 2014 a dezembro 2015.....	17
Tabela 3. Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos ajustes linear e/ou quadrático que foram significativos (Tabela 2), para um delineamento em blocos ao acaso, para experimento realizado de novembro de 2014 a dezembro de 2015 em ensaio de número de aplicações de ASM em pimentão op. Cascadura Ikeda. Morrinhos - GO, 2015. ....	18
Tabela 4. Diferenciação de raças da mancha bacteriana causadas por <i>Xanthomonas</i> usando genes de resistência conhecidos do pimentão. Adaptado de Pepper-bacterial spot, 2012.....	28

Tabela 5. Valores da média, mediana, estimativa do efeito relativo de tratamento (ER) e intervalo de confiança para ER (IC), ERRO, para um delineamento inteiramente casualizados, para severidade da mancha bacteriana. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2015. .... 33

Tabela 6. Dados de Desfolha (%) = número de folhas caídas com lesões/número de folhas expandidas x 100, para um delineamento inteiramente casualizados, para severidade da mancha bacteriana. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2015. .... 33

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Variáveis climáticas observadas ao longo do período de avaliação da severidade da mancha bacteriana no pimentão, no período de 02 de dezembro de 2014 a 10 de janeiro de 2015. Dados obtidos da estação Meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia – Campus Morrinhos, Goiás. ....	19
Figura 2. Sintomas de anasarca nas folhas das seis cultivares 5 dias após inoculação. Brasília, Distrito Federal. Viegas, 11-11-2015. ....	32

## LISTA SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÖES E UNIDADES

<b>Símbolo ou Sigla</b>	<b>Significado</b>	<b>Unidade</b>
AACPD	Área abaixo da curva de progresso da doença	
ANOVA	Análise de Variância	
ASM	Acibenzolar-S-metil	
CE	Categoria Extra	
CC	Categoria I	
CEASA	Centrais de Abastecimento de Goiás S/A	
CONI	Cônico	
DAP	Dias após o plantio	
DESF	Desfolha	
	Graus Celsius	<sup>0</sup> C
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento	
MMF	Massa de matéria fresca	
OP.	“Open polynated” (Polinização aberta)	
pv.	Patovar	
PCR	“Polymerase chain rection” (Reação em cadeia da olimerase)	
PROD	Produtividade	
QUA	Quadrado	
	Quilos por hectare	kg.ha <sup>-1</sup>
RAS	Resistência sistêmica adquirida	
RET	Retangular	
spp.	Espécie	
AACPD	Área abaixo da curva de progresso da doença	
ANOVA	Análise de Variância	

## RESUMO

VIEGAS, RICARDO MARQUES DA SILVA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – GO, março de 2016. **Avaliação da resistência varietal e do acibenzolar-S-metil no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas euvesicatoria*) em *Capsicum annuum*.** Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval. Coorientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Neste estudo, foram avaliados dois tipos de ferramentas para o controle da mancha bacteriana em pimentão *Capsicum annuum* L.: o controle químico e a resistência genética. Na avaliação do controle químico, a hipótese formulada foi a de que a aplicação de acibenzolar-S-metil (ASM) via foliar em campo, em plantas de pimentão é capaz de induzir a resistência contra a bactéria *Xanthomonas euvesicatoria*, agente causador da mancha bacteriana de maior prevalência no Brasil, sendo, necessário o estabelecimento de um número ideal de aplicações para prevenir alguma interferência nos componentes da produção e qualidade. Plantas de pimentão Cascadura Ikeda foram submetidos à aplicação de ASM em quatro aplicações semanais, 4, 6, 8 e 10, logo após plantio das mudas no campo e uma testemunha sem aplicação. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Além da severidade e da desfolha, quantificou-se a produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e a qualidade (comprimento, diâmetro e peso médio dos frutos com e sem anomalias) do pimentão. Não foram detectadas diferenças significativas para nenhuma das variáveis analisadas, o que indica que o produto fitossanitário poderia ser utilizado em até 10 aplicações semanais, caso venha ter registro para cultura. Uma vez que não houve o

estabelecimento adequado da doença, novo trabalho para avaliação da ação de controle com esse programa é recomendado. Na avaliação da resistência, seis cultivares comerciais disponíveis no mercado brasileiro de sementes, a maioria com indicação de resistência à mancha bacteriana e para cultivos em campo, foram inoculados com isolado brasileiro de *X. euvesicatoria* obtido em uma lavoura comercial do Distrito Federal. O controle da doença pelo uso de cultivares com resistência qualitativa vem sendo restringido pela capacidade do patógeno em superar essa resistência, o que foi constatado no presente estudo. As cultivares, ‘Impacto’ e ‘Paloma’ tiveram melhor comportamento em relação à mancha bacteriana e apresentaram bons níveis de resistência quantitativa e podem ser boas opções para o cultivo dessas cultivares em campo no verão.

PALAVRAS-CHAVES: Acibenzolar-S-metil, *Capsicum annuum* L, *Xanthomonas euvesicatoria*, variedades resistentes.

## ABSTRACT

VIEGAS, RICARDO MARQUES DA SILVA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – GO, março de 2016. **Evaluation of varietal resistance and acibenzolar-S-methyl in controlling bacterial spot (*Xanthomonas euvesicatoria*) in *Capsicum annuum*.** Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval. Coorientador: Dr. Prof. Nadson de Carvalho Pontes.

Two types of tools to control bacterial spot on sweet pepper *Capsicum annuum* L. in the present study: chemical control and varietal genetic resistance. For the chemical control, the hypothesis was that the application of acibenzolar-S-methyl (ASM) on sweet pepper plants in the field would induce resistance against *Xanthomonas euvesicatoria*, the most prevalent causal agent of bacterial spot in the country. However the number of applications should be established in order to avoid any interference in the yield components and fruit quality. Plants of sweet pepper cultivar Cascadura Ikeda were foliar treated with acibenzolar-S-methyl in up to four weekly applications (4, 6, 8 and 10), and a check one without application. The trial was in a complete block design with five treatments and four replications. Besides severity and defoliation, yield (kg.ha<sup>-1</sup>) and fruit quality (length, diameter and average weight of fruit with and without abnormalities) were quantified. No significant differences for any of the variables were detected, so that the plant protection product could be used in up to 10 weekly applications, if the chemical is labelled for pepper bacterial spot control in the future. As the disease was not established properly, further trials are recommended in order to find out if the proposed program would be adequate for disease control. In the

evaluation of the varietal resistance, six commercial hybrids available in the Brazilian seed market, most carrying race specific resistance and suitable for open field cultivation, were challenged by an isolated of *X. euvesicatoria* obtained from a commercial crop in the Distrito Federal. Significant differences were observed among the hybrids for the two variables. Control of the disease through the use of cultivars with resistance has been restricted by the capacity of the pathogen in overcoming this resistance, which was observed in the present study. The hybrids 'Impacto' and 'Paloma', had better behavior in relation to bacterial spot and showed good levels of quantitative resistance. So that, they can be good choices for cultivation under open field conditions in the summer.

KEYWORDS: acibenzolar-S-methyl, *Capsicum annuum* L, *Xanthomonas euvesicatoria*, resistant varieties.



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Aspectos gerais sobre a cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família Solanaceae, é uma planta perene, porém cultivada como cultura anual (Filgueira 2008). É tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres no México, América Central e América do Sul (Souza et al. 2011). Tem participação relevante no mercado de olerícolas frescas do país. Resultados do último levantamento realizado pelo IBGE (2012) revelam que a produção brasileira de pimentão é de, aproximadamente, 250 mil toneladas/ano em 28 mil estabelecimentos rurais. Esse volume de produção concentra-se, em especial, na região Sudeste, com 48,5%, destacando-se os estados de São Paulo e Minas Gerais. Em Goiás, no ano de 2015, foram ofertadas 4.465,50 toneladas para comercialização segundo relatório anual fornecido pelo CEASA-GO, 2015.

O Brasil possui ampla diversidade de espécies de *Capsicum* que contempla quatro domesticadas: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. frutescens*. (Oliveira 2000; Ribeiro et al. 2006; Carvalho et al. 2008; Lima, 2015). O cultivo de pimentão é uma atividade altamente significativa para o setor olerícola brasileiro, sendo responsável por cerca de 13 mil hectares, ao ano, de área cultivada e produção próxima a 290 mil toneladas de frutos (Souza et al. 2011). As maiores áreas de produção estão localizadas no Sudeste, sendo a principal região produtora do país (Souza et al. 2011). É uma cultura de retorno rápido aos investimentos, visto o curto período para o início da produção, por isto é explorada, em larga escala, por pequenos e médios horticultores (Marcussi & Villas Bôas 2003).

O cultivo do pimentão ocorre tanto em campo quanto em estufas. O cultivo em campo é o grande responsável pela maioria das áreas cultivadas no Brasil. No cultivo protegido, são empregados cultivares híbridas de frutos coloridos, que possuem maior valor agregado, quando comparados aos pimentões de coloração verde. O custo de produção desses frutos é maior, sobretudo pelo extenso período de maturação, especialmente durante o inverno (Goto & Rossi 1997; Cerqueira-Pereira et al. 2007).

Assim, como em qualquer cultura, a escolha da cultivar é determinada pela preferência do mercado, condições climáticas e fitossanitárias favoráveis. Os frutos diferem pelo tamanho, formato, coloração e maturação. Os frutos imaturos apresentam coloração verde e, quando maduros, são de coloração vermelha, amarela, entre outras cores, Fontes (2005). De acordo com Moreira (2012), os frutos de pimentão apresentam sabor picante em virtude da ausência do alcalóide capsaicina.

## 1.2. Aspectos sobre a mancha bacteriana

É uma das doenças mais comuns em cultivos de pimentão sujeitos a altas temperatura e umidade, o que acontece, normalmente, durante o verão. As condições ideais de temperatura para o desenvolvimento da mancha bacteriana em tomate e pimentão são de valores entre 20 e 30°C (Lopes & Santos 1994) e umidade relativa entre 95 e 100%, com presença de água livre (Barreto & Scaloppi 2007). Chuvas de vento seguidas de nebulosidade prolongada favorecem a disseminação, a penetração e a multiplicação da bactéria, resultando em ataques severos da doença. Em cultivo protegido, quando a folhagem é mantida seca pela irrigação por gotejamento, a doença raramente ocorre. O patógeno é transmitido a longas distâncias por meio de sementes contaminadas. Algumas espécies da bactéria podem também atacar o tomateiro. Em folhas novas, às vezes ainda no estágio de mudas, as lesões são pequenas e esbranquiçadas e mais visíveis na parte inferior da folha. Os sintomas mais característicos, entretanto, aparecem em plantas adultas. São sintomas de anasarca que progridem lesões necróticas de formato irregular. Em condições favoráveis à doença, as lesões podem coalescer, formando manchas grandes e conferindo um aspecto “melado” à folha. As folhas atacadas amarelecem e caem, sendo esta uma das características mais marcantes da doença. A desfolha provocada pela doença ocorre de baixo para cima. No caule, as lesões são pequenas e alongadas, de coloração marrom. Nos frutos, a bactéria

causa manchas similares a verrugas, a princípio esbranquiçadas e depois com os centros escurecidos (Lopes et al. 2003).

O agente causador da mancha bacteriana, inicialmente identificado como *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Bradbury 1986), sofreu mudanças taxonômicas, após reconhecimento de que se tratava de um grupo diverso, de forma preliminar, denominado A, B, C e D. Finalmente, Jones et al. (2004), baseado em testes com treze fontes de carbono e hibridização DNA-DNA, reclassificou as espécies de *Xanthomonas* spp. causadoras de mancha bacteriana em tomate e pimentão em quatro espécies. Os isolados do Grupo A foram classificados como *X. euvesicatoria*, os isolados do Grupo B como *X. vesicatoria*; isolados do Grupo C como *X. perforans*, e os isolados do Grupo D como *X. gardneri*. Atualmente, as espécies que podem ser também identificadas por meio da amplificação de fragmentos genômicos de tamanho determinados em reação da cadeia da polimerase (reação de PCR, “polymerase chain rection”) com iniciadores específicos (“primers”) desenvolvidos por Koenraad et al. (2007).

### 1.3. Medidas gerais de controle

Para que a mancha bacteriana seja controlada, é necessário que a planta não esteja sujeita a estresses provocados por fatores diversos, tais como época de plantio desfavorável, adubação desbalanceada, falta ou excesso de água, ferimentos, competição com plantas daninhas ou cultivar não adaptada ao clima, medidas preventivas contribuem para o desenvolvimento da cultura. De modo geral, pode-se afirmar que uma série de medidas, iniciadas antes do plantio, deve ser adotada até que se tenha que partir para o uso de produtos fitossanitários (Lopes et al. 2003). De acordo com Kimati et al. (1997), é recomendado o uso de sementes sadias rotação de culturas com espécies não solanáceas (pimentão, tomate, berinjela, jiló) por um período de dois a três anos e instalação da cultura apenas em locais não propensos a cerração ou orvalhos em épocas com temperaturas de 25<sup>0</sup> a 28<sup>0</sup>C. O plantio em ambiente protegido também é recomendado durante as épocas mais quentes e chuvosas do ano.

O controle químico da mancha bacteriana é baseado na pulverização periódica com fungicidas que têm o cobre como princípio ativo. Fungicidas cúpricos atuam na proteção do tecido vegetal contra infecção e na redução da população bacteriana na

superfície foliar (Leite Júnior, 2000). Entretanto, são necessárias várias aplicações desses produtos para alcançar o controle adequado da doença, mas sabe-se que o excesso de cobre pode provocar uma série de distúrbios nas plantas, resultando em biomassa reduzida e sintomas cloróticos (Yrela, 2005). O uso do ditiocarbamato mancozebe em mistura com o cobre tem sido recomendado há muitos anos, para melhorar a eficiência deste último (Marco & Stall 1983). Esse princípio ativo é recomendado em mistura há muitos anos com o cobre, para melhorar a eficiência deste último (Marco & Stall, 1983). Alguma eficiência para o controle da mancha-bacteriana em pimentão com aplicações de hidróxido de cobre mais mancozebe foi relada por Bernal & Berger (1996) e Mccarter (1992), citados por Gullino et al. (2010).

Segundo Aguiar et al. (2000) constataram, tanto em cultivos de pimentão como de tomate, isolados da bactéria resistentes desde 28 até 1.800 mg/ml de  $\text{Cu}^{++}$  in vitro em vários municípios do Estado do Rio de Janeiro. Marco & Stall (1983) e Maringoni & Kimati (1987) relataram que isolados de *Xcv* resistentes ao cobre eram sensíveis à mistura de cobre com etilenobisditiocarbamatos (mancozeb ou zineb), tanto in vitro quanto aplicada às plantas.

Atualmente, além dos fungicidas cúpricos, os princípios ativos Acibenzolar-S-metil (ASM) e cloretos de benzalcônio, possuem registro para a cultura do tomate no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) com indicação para o controle da mancha bacteriana Agrofít (2016). Já para a cultura do pimentão, encontra-se os cúpricos e o antibiótico casugamicina. O ASM, apesar de não ter o registro no MAPA para o pimentão, é indicado para o controle da mancha bacteriana nessa cultura nos Estados Unidos, Actigard<sup>®</sup>50WG. O ASM é um indutor de resistência e os cloretos de benzalcônio são amônias quaternárias que agem por contato e induzem resistência localizada (Nascimento 2013). Há referências também da utilização do metiram + piraclostrobina no controle da mancha bacteriana (Junior Jabobeliz 2008; Nascimento 2013).

Quando disponíveis, é recomendando o uso de cultivares de pimentão resistentes (Kimati et al. 1997). No mercado brasileiro, existem cultivares com indicação de resistência à mancha bacteriana, como 'Impacto', 'Dahra RX', 'Paloma', 'Nathalie' e 'Commandant' (Semini 2016; Sakata 2016; Horticultores Sementes 2016; Syngenta 2016). Pelo restrito portfólio de princípios ativos para o controle da mancha bacteriana em pimentão e a dificuldade de se controlar a doença, o presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar diferentes ferramentas de controle.

#### 1.4. Referências Bibliográficas

- AGROFIT. Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, on line disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/agrofit>
- AGUIAR, L. A. et al. Resistência ao cobre em isolados nacionais de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* de pimentão e tomateiro. *Agronomia*, v. 34 n. 1, 2000.
- AGUIAR, L. A. et al. Efeitos de formulações cúpricas e cuprorgânicas na severidade da mancha-bacteriana e na população residente de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 1, 2003.
- ALVES, M. R. R.; et al. Efeito de soluções de enxágue na remoção de resíduos de mancozeb em tomates de mesa. *Pesquisa Agropecuária Tropical* v. 40, n. 1 p. DOI:10.5216/pat.v.40i1.4593,2010.
- ARBO, M. D et al. Efeitos tóxicos dos praguicidas maneb e paraquat sobre a atividade da enzima antioxidante catalase em ratos. *Resista de Ciências Farmacêuticas Básica e aplicada*, v. 27, n. 1, p. 57-61, 2009.
- BARRETO, M.; SCALOPPI E. A. G, Sistema de previsão de doenças de hortaliças in: Zambolim L, ed. Manejo integrado – doenças pragas e plantas daninhas. Viçosa UFV, p. 169-189, 2007.
- BRADBURY, J. F. et al. Guide to plant pathogenic bacteria. CAB International. 1986.
- CAVALCANTI, F. R. et al. Acibenzolar-S-Metil e Ecolife<sup>®</sup> na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, n.4, p. 372-280, 2006.
- CERQUEIRA-PEREIRA, E. C. et al. Efeitos da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 4, p. 590-583, 2007.
- DEBBARH, I. et al. Human neurotoxicity of ethylenebis-dithiocarbamates (EBDC). *Revue Neurologique*, Paris, v. 158, n. 12, p. 1175-1180, 2002.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed. Viçosa. UFV, 2008. 421p.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N; DA SILVA, D. J. H. 2005. Dinâmica do crescimento distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, 2005.
- GOTO, R.; ROSSI, F. Cultivo de Pimentão em Estufas. Viçosa: CPT, 1997.
- GULLINO, M. L. et al. Mancozeb: past, present, and future. *Plant Disease*, v. 94, n. 9, p. 1076-1087, 2010.

- HUNSCHE, M. et al. Mancozeb wash-off from apple seedlings by simulated rainfall as affected by drying time of fungicide deposit and rain characteristics, *Crop Protection*, Bonn, v. 26, n. 5, p. 768-774, 2007.
- JONES, J. B.; et al. Reclassification of the Xanthomonads Associated with Bacterial Spot Disease of Tomato and Pepper. *Systematic and applied microbiology*, v. 27, n. 6, p. 755-762, 2004.
- JUNIOR JACOBELIZ W. BASF no Mundo. Palestra no II Congresso Brasileiro de tomate industrial. Disponível em: <http://www.congressotomate.com.br/> acessado: 6 de novembro, 2008.
- KIMATI, H.; et al. Manual de fitopatologia: Volume 2: doenças das plantas cultivadas. *Agronomia Ceres*, 1997.
- KOENRAADT, H.; et al. Development of species primers for the molecular detection of bacterial spot of pepper and tomato. In: II International Symposium on Tomato Diseases 808, p. 99-102, 2007.
- LEITE JÚNIOR, R. P. Surviving with Citrus Canker in Brazil. *Proceedings*, 9<sup>th</sup> Congress of the International Society for Citriculture. Orlando, v. 2, p. 890-896, 2000.
- LEMES, V. R. et al. Avaliação de resíduos de ditiocarbamatos e etilenourea (ETU) em mamão e sua aplicação na saúde pública. *Revista do Instituto Adolfo Luiz*, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 50-57, 2005.
- LIMA, R. S. O complexo da mancha-bacteriana em *Capsicum* no Brasil: espécies de *Xanthomonas* e sua sensibilidade ao cobre. Brasília, Universidade de Brasília, Dissertação de mestrado. 87p. 2015.
- LOPES, C. A.; SANTOS, J. R. M. Doenças do tomateiro. Embrapa-CNPH, Embrapa-SPI, 1994.
- LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. de. Doenças do pimentão: diagnose e controle. Embrapa Hortaliças: Brasília, 2003.
- MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. *Irriga*, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131. 2003.
- 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*, v. 67, p. 779-781, 1983.
- MARINGONI, A.C.; KIMATI, H. Sensibilidade in vitro de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye de pimentão e de tomateiro a drogas. *Summa Phytopathologia*, São Paulo, v. 13, p. 160-172, 1987.
- MOREIRA, S. O. Caracterização morfológica e molecular de pré cultivares de *Capsicum annuum* L. com resistência à mancha-bacteriana. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Estadual Norte Fluminense "Darcy Ribeiro", p. 124. 2012.

- NASCIMENTO, A. R. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 1, 2013.
- OLIVEIRA, A. B. et al. *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa, 2000.
- SOUZA, V. F. et al. Irrigação e fertirrigação em fruteira e hortaliças. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (Informação Tecnológica), p.721-736.
- WARD H. P; GARRO L. W. O. Bacterial spot of pepper and tomato in Barbados. *Plant Disease* 76, p. 1046-1048. 1992.
- ZHOU, Y. et al. Proteasomal inhibition induced by manganese ethylenebis-dithiocarbamate: relevande to Parkinson's disease. *Neuroscience*, Oxford, v. 128, n. 2, p. 281-291, 2004.

## 2. OBJETIVO

Avaliar dois métodos potenciais para o controle da mancha bacteriana na cultura do pimentão utilizando o produto fitossanitário Acibenzolar-S-metil e selecionando hídrics comerciais resistentes a *Xanthomonas euvesicatoria*.



### 3. CAPÍTULO I

#### Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Tropical

Ricardo Marques da Silva Viegas<sup>1</sup>; Nadson de Carvalho Pontes<sup>2</sup>; Antônio Willians Moita<sup>3</sup>; Alice Maria Quezado Duval<sup>4</sup>. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, Rodovia BR153, KM633 – Zona Rural, Morrinhos - GO. **Acibenzolar-S-metil na indução de respostas de defesa do pimentão contra a mancha bacteriana *Xanthomonas euvesicatoria*.**

#### RESUMO

Esse estudo avaliou-se a hipótese de que a aplicação de Acibenzolar-S-Metil (ASM) via foliar, em plantas de pimentão *Capsicum annuum* L em um ensaio de campo, é capaz de induzir a resistência contra a bactéria *Xanthomonas euvesicatoria* e qual seria o número de aplicações adequadas do produto fitossanitário para o controle sem perdas produtivas.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos sendo quatro regimes de aplicação semanal de Acibenzolar-S-metil durante o ciclo (4, 6, 8 e 10 aplicações) e uma testemunha sem aplicação em quatro repetições. Quantificaram-se as seguintes variáveis: área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), desfolha (DESF) (%); massa da matéria fresca (PESO) (g); produtividade (PROD) (kg.ha<sup>-1</sup>); comprimento de frutos (COMPR) (mm); diâmetro (DIAM); relação entre comprimento/diâmetro (COMP/DIAM); formato do fruto: retangular (RET),

quadrado (QUA) e cônico (CONI); classificação do fruto: Categoria Extra (CE); Categoria I (CC), a fim de estabelecer uma relação com número de aplicações. Utilizou-se a cultivar de pimentão op. Cascadura Ikeda e a inoculação artificial em campo. Mesmo tendo sido realizada a inoculação artificial, observou-se baixa severidade geral da doença, o que pode ter afetado a detecção de uma ação de controle do ASM. Não foram detectadas diferenças significativas para nenhuma das variáveis analisadas, o que indica que o produto fitossanitário ASM poderia ser utilizado em até 10 aplicações semanais, na variedade, desde que devidamente registrado pelo fabricante para a cultura do pimentão. Novos trabalhos serão propostos para estabelecer o nível adequado de aplicação, tendo como um limite seguro para o retorno produtivo, as 10 aplicações.

**PALAVRAS-CHAVES:** Controle químico, *Capsicum annuum* L, resistência sistêmica adquirida (RAS).

Ricardo Marques da Silva Viegas<sup>1</sup>; Nadson de Carvalho Pontes<sup>2</sup>; Antônio Willians Moita<sup>3</sup> Alice Maria Quezado Duval<sup>4</sup>. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, Rodovia BR153, KM633 – Zona Rural, Morrinhos - GO. **Acibenzolar-S-methyl in induction sweet pepper defense responses against bacterial spot *Xanthomonas euvesicatoria*.**

## ABSTRACT

In the present study the hypothesis that the foliar application of Acibenzolar-S-methyl (ASM) on plants of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), in a field trial, induces resistance against *Xanthomonas euvesicatoria* was evaluated. The trial was in a complete block design with five treatments (4, 6, 8 and 10 weekly applications and a check control without application) and four repetitions. The following variables were quantified: area under the disease progress curve (AUDPC), defoliation (DEF) (%), Mean weight of fruits (PESO) (g); yield (PROD) (kg.ha-1), length of fruits (COMPR) (mm), diameter (DIAM) (mm), relationship between length/diameter (COMP/DIAM), fruit shape [rectangular (RET), squared (QUA) and conic (CONI)], classification of fruit [Extra category (EC), and Category I (CC)], in order to establish a relationship with the number of applications. We used the cultivar of sweet pepper Cascadura Ikeda. Even after having performed the artificial inoculation, we observed a low overall severity of disease, which may have affected the detection of a control action of ASM. No significant differences were found for any of the variables analyzed, which indicates

that the plant protection product could be used in ASM until 10 weekly applications, if the chemical be labelled in the future for use in sweet pepper. Further trials are recommended in order to find out if the proposed program would be adequate for disease control.

KEYWORDS: Chemical control, *Capsicum annuum* L, systemic acquired resistance (SAR).

### 3.1. Introdução

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça com grande apreciação no Brasil, tendo elevada importância no mercado de condimentos, temperos e conservas. Em 2015, foram comercializadas 4.465,50 toneladas de acordo com relatório anual fornecido pelo CEASA-GO. Dentre os principais problemas fitossanitários da cultura do pimentão, destaca-se a mancha bacteriana, causada por espécies de *Xanthomonas*. Essa doença pode causar danos foliares significativos, tanto em ambiente protegido quanto no campo, acarretando perda da produção e da qualidade dos frutos (Jones et al. 2004; Marcuzzo et al. 2009; Riva-Souza et al. 2009; Hamza et al. 2010).

Em períodos chuvosos, as infecções são mais abundantes e as lesões se desenvolvem mais rapidamente em número e tamanho, levando à desfolha intensa da planta (Carmo et al. 1996). A contaminação ocorre por meio de aberturas naturais tais como: estômatos, hidatódios e lenticelas. Pequenas lesões causadas pelo vento, chuvas ou insetos também podem servir de porta de entrada para o patógeno (Kimura 1984). A doença é disseminada pelo vento, pela água da chuva, por insetos e pelo uso de ferramentas e sementes contaminadas, sendo as sementes contaminadas a principal forma de disseminação a longas distâncias (Marcuzzo et al. 2009).

O controle da mancha bacteriana é dificultado pela variabilidade da bactéria causadora da doença e pela baixa eficiência de produtos químicos. Além disso, a eficiência do controle varia com a região, época do ano e a intensidade e frequência de pulverização com produtos químicos na cultura (Maringoni et al. 1986; Aguiar et al. 2000; Carmo et al. 2001; Areas 2013). Com ampla possibilidade de utilização, o Acibenzolar-S-metil (ASM), comercializado nas formulações denominadas Actigard<sup>TM</sup>, nos Estados Unidos, e Bion<sup>®</sup>, no Brasil, age como ativador de plantas. No Brasil o Bion<sup>®</sup> possui registro do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e já é utilizado em escala comercial na cultura do tomate, com indicação para o controle de *Xanthomonas* da mancha bacteriana, entre outros patógenos.

O Acibenzolar-S-metil é um análogo do ácido salicílico (Durrant & Dong 2004). De acordo com Campos (2009), o elicitador ácido salicílico é um mensageiro que ativa a resistência contra patógenos incluindo a síntese de proteínas relacionadas à patogênese (proteínas-RP), com expressão das quitinases e  $\beta$ -1,3-glucanases. A aplicação exógena de ácido salicílico em tomateiro, morangueiro, dentre outras espécies de plantas, induziu a expressão de genes de PR-Proteínas em locais distantes da aplicação do indutor sugerindo que o ácido salicílico atue como sinalizador na resistência sistêmica adquirida (RAS), uma forma de resistência induzida que aumenta a resistência de plantas contra subseqüentes infecções e ataques de fitopatógenos (Kessann et al. 1994, Auderaert et al. 2002). O ASM tem demonstrado eficiência no controle da mancha bacteriana em tomate no campo (Louws et al. 2001) e, por ser um produto sistêmico (Scarponi et al. 2001), talvez possa ser uma opção também para o controle da mancha bacteriana na cultura do pimentão.

A alocação de recursos internos da planta para o crescimento ou defesa é determinada pela competição por substrato comum e energia, sendo que a planta deve balancear os investimentos nesses processos (Herms & Mattson 1992; Gayler et al. 2004). Toda alocação de recursos para defesa pode ser considerado como custo geral, porém, este custo é dividido entre defesas constitutivas e induzíveis. O custo da resistência induzida é definido por Heil e Baldwin (2002), como todo efeito negativo sobre a adaptabilidade da planta que resulta da expressão de características de defesa quando a planta cresce sobre condições evolucionariamente relevantes, sendo que nessa condição, é preciso considerar não apenas a elevação dos custos dos processos internos, como alocação de carbono e autotoxidade, mas também os custos ecológicos, que envolvem alterações no relacionamento com organismos benéficos ou maléficos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do ASM, utilizando  $2.5 \text{ g.i.a hl}^{-1}$ , sobre o controle da mancha bacteriana, avaliando se houve alterações fisiológicas correlacionadas com o parâmetro de produção do pimentão.

### 3.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2014 a maio de 2015, numa área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano, no município de Morrinhos – GO, localizado a 17°49'10.83'' de latitude Sul, 49°12'13.46'' de longitude oeste e em uma altitude de 901 metros. O clima do município é classificado em Clima Tropical com Estação Seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: AW).

Mudas de pimentão *Capsicum annuum* L. variedade op. Cascadura Ikeda (Horticeres), suscetível à mancha bacteriana, foram adquiridas em viveiro comercial no estágio de desenvolvimento de quatro a cinco folhas verdadeiras. As mudas foram plantadas no campo com espaçamento 1,0 x 0,50 com fileira simples sendo oito plantas por linha, três linhas por parcela, a adubação foi feita com base na análise do solo e recomendações para o cultivo. Para condução das plantas, foi realizada a adubação foliar com o produto (Ouro Verde) constituído de 15% N, 15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20% K<sub>2</sub>O, 15 dias após o plantio (DAP) de mudas no campo. Foi realizado, também, adubação de cobertura com adubo químico 20-0-20 com base nas necessidades da cultura 30 e 60 DAP. Os demais tratamentos culturais, como tutoramento e controle de pragas, foram realizados segundo recomendações para cultura. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento.

O delineamento experimental aplicado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da aplicação do ASM (Bion 500 WG<sup>®</sup>, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) com uma concentração de 5 g (2.5 g.i.a) Acibenzolar-S-metil por 100 litros de água, feita pulverização foliar utilizando bico de jato cônico vazio Modelo: Conejet TX-3-100, Marca TeeJet. Foram submetidos a aplicações de ASM em aplicações semanais, quatro, seis, oito e dez e uma testemunha com água, os tratamentos com aplicação do ASM começaram três dias após o plantio das mudas no campo se repetindo, semanalmente, durante o ciclo da cultura.

As plantas foram inoculadas no estágio 14-16 folhas expandidas, aos 21 DAP, com um isolado de *Xanthomonas euvesicatoria* pertencente à coleção de trabalho do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano Campus Morrinhos. Para tanto, o isolado foi recuperado a partir da preservação em água, por transferência, por meio de uma alça de Trigalski para placas de Petri, contendo meio DYGS. Após incubação por 48 h a 28<sup>0</sup>C, em incubadora de culturas (B.O.D.), as colônias bacterianas

foram suspensas em água destilada e autoclavada, e sua concentração ajustada para, aproximadamente,  $5 \times 10^8$  ufc/mL<sup>-1</sup> medida com auxílio de espectrofotômetro, utilizando-se o comprimento de onda de 600nm e a absorbância de 0,300 ( $A_{600}=0,3$ ) (Quezado-Duval & Camargo 2004). Para a inoculação utilizou-se um pulverizador costal manual de capacidade para 20 litros (Worker®), aspergindo-se a suspensão bacteriana na superfície adaxial da folha até o ponto de escorrimento.

As avaliações relativas à doença foram iniciadas oito dias após a inoculação da bactéria em função do período de latência, tomando-se em seis plantas, por parcela, os dados de desfolha (DESF) e de % da área foliar lesionada, com intervalos de três dias totalizando 10 avaliações. Os dados de DESF foram somados para obtenção total da avaliação após 32 dias da inoculação. Os dados de porcentagem foram transformados em notas de acordo com a escala de Hosfall & Barratt (1945) onde: 1 = 0%; 2 = 0 a <3%; 3 = 3 a <6%; 4 = 6 a <12%; 5 = 12 a <25%; 6 = 25 a <50%; 7 = 50 a <75%; 8 = 75 a <87%; 9 = 87 a <94%; 10 = 94 a <97%; 11 = 97 a <100% e 12 = 100%. As notas foram utilizadas para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), por meio de valores de plotagem dos valores da severidade (variável dependente) em função do tempo (variável independente). Para tanto, empregou-se a seguinte fórmula citada por Shanner & Finney (1977), no programa computacional Excel (Microsoft, 2010):  $AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(Y_{i+1} + Y_i)/2] * [(T_{i+1} - T_i)]$  Onde: n – é o número de observações.  $Y_i$  – é a severidade da doença na “i”-ésima observação;  $T_i$  – é o tempo em dias na “i”-ésima observação.

Aos 98, 134 e 183 DAP também coletados os dados de massa de matéria fresca (MMF) (g); produtividade (PROD) (kg.ha<sup>-1</sup>); comprimento de frutos (COMPR) (mm); diâmetro (DIAM); relação entre comprimento/diâmetro (COMP/DIAM); formato do fruto: retangular (RET), quadrado (QUA) e cônico (CONI); classificação do fruto: Categoria Extra (CE); Categoria I (CC).

Os dados, por se tratarem da análise de efeitos de tratamentos quantitativos (número de aplicações), foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) com os tratamentos desdobrados em polinômios ortogonais, linear e quadrático. Os coeficientes desses polinômios foram calculados de acordo com Littell et al. (2002). Para tanto, utilizou-se o programa computacional SAS (SAS®). Transformações dos dados de Desfolha (DESF) foram feitas de acordo com o sugerido por Gomez & Gomez (1984). No caso se ser verificada significância para alguma variável, procedeu-se o cálculo do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).



### 3.3. Resultados e Discussão

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas (Tabela 1 e 2), com exceção de um efeito de bloco que foi detectado apenas para a variável DESF. As variáveis que tiveram ajustes significativos aos modelos testados (linear e quadrático) foram: DIAM (linear), relação COMP/DIAM e RET ambos quadráticos (Tabela 2). Para essas variáveis foram calculados os coeficientes de determinação (Tabela 3), mas seus baixos valores (0,1798; 0,4423; 0,5729) indicam que a influência da variável do número de aplicações sobre o comportamento dessas variáveis relacionadas às características morfológicas dos frutos é baixa.

**Tabela 1.** Análise de variância e efeitos das fontes de variação para Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), Desfolha (DESF), massa de matéria fresca (g) e Produtividade total (t.ha-1) no experimento de número de aplicações de Acibenzolar-S-metil (ASM) em pimentão op. Cascadura Ikeda, realizado em Morrinhos - GO, no período de novembro de 2014 a dezembro de 2015.

Fonte de Variação	AACPD	DESF <sup>1</sup>	MMF	PROD
<b>BLOCO</b>	0,6708	0,0311	0,1900	0,2211
<b>TRAT</b>	0,0978	0,7693	0,5075	0,8823
<b>LINEAR</b>	0,4121	0,5505	0,0997	0,9048
<b>QUADR.</b>	0,9070	0,3283	0,8342	0,5655
<b>CV(%)</b>	23,3419	10,1426	15,5176	27,7133

**Tabela 2.** Análise de variância e efeitos das fontes de variação para (COMPR) - comprimento de frutos (mm); (DIAM) – diâmetro (mm); (COMP/DIAM) - relação entre comprimento/diâmetro; formato do fruto: (RET) - retangular, (QUA) - quadrado, (CONI) - cônico; classificação do fruto: (CE) - Categoria Extra, (CC) - Categoria I no experimento de número de aplicações de Acibenzolar-S-metil (ASM) em pimentão op. Cascadura Ikeda, realizado em Morrinhos – GO, no período de novembro de 2014 a dezembro 2015.

Fonte de Variação	COMP	DIAM	COMP/DIAM	RET	QUA	CONI	CE	CC
<b>BLOCO</b>	0,0365	0,0864	0,5016	0,2355	0,5403	0,4535	0,2379	0,4020
<b>TRAT</b>	0,3165	0,2116	0,2027	0,0743	0,3523	0,2677	0,6889	0,8114
<b>LINEAR</b>	0,3858	0,0471	0,3540	0,2671	0,1623	0,1437	0,7872	0,9439
<b>QUADR.</b>	0,0923	0,2434	0,0336	0,0086	0,2165	0,0939	0,3160	0,4776
<b>CV(%)</b>	4,8808	5,5380	6,0586	30,4642	77,1551	14,5487	15,1388	16,3776

**Tabela 3.** Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos ajustes linear e/ou quadrático que foram significativos (Tabela 2), para um delineamento em blocos ao acaso, para experimento realizado de novembro de 2014 a dezembro de 2015 em ensaio de número de aplicações de ASM em pimentão op. Cascadura Ikeda. Morrinhos - GO, 2015.

Fonte de Variação	Variável	$R^2$	CV
<b>Linear</b>	<b>DIAM</b>	0,1798	6,1663
<b>Quadrática</b>	<b>COMP/DIAM</b>	0,4423	5,6590
<b>Quadrática</b>	<b>RET</b>	0,5729	30,4643

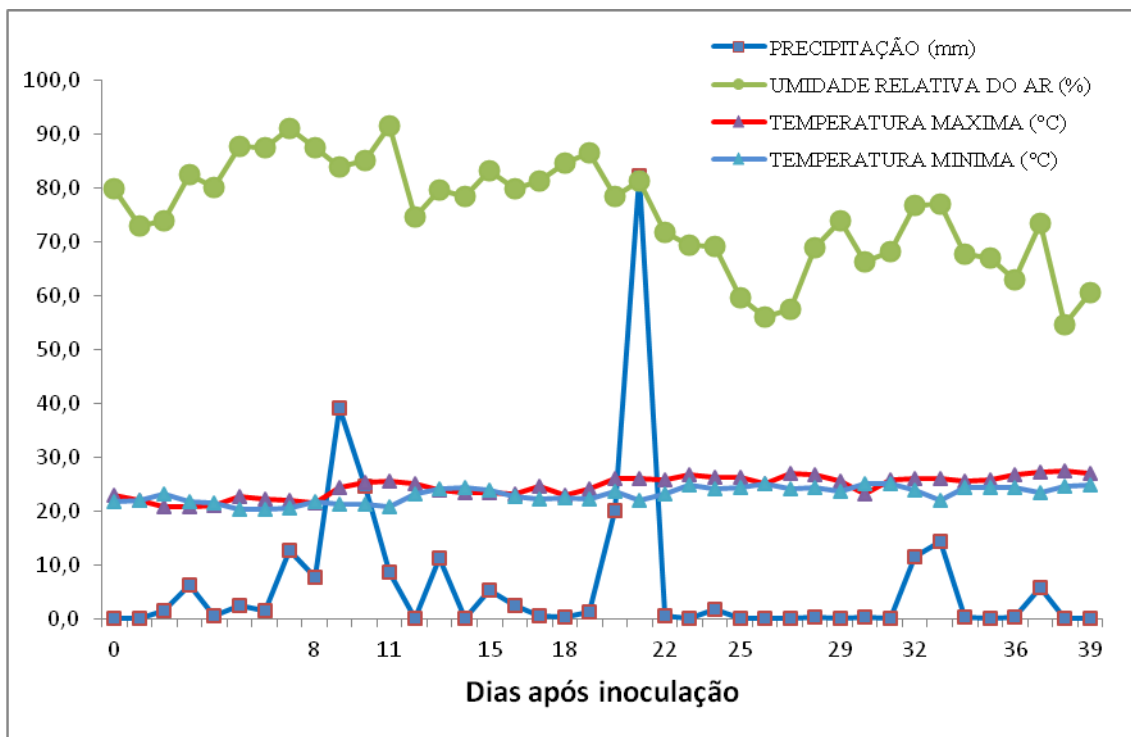
(DIAM) – diâmetro (mm); (COMP/DIAM) - relação entre comprimento/diâmetro; formato do fruto: (RET) – retangular.

Assim, não foi possível fazer inferência sobre o número adequado de aplicações para a obtenção uma redução da severidade da doença, uma vez que nenhum dos tratamentos resultou em diferença significativa da severidade da doença, a qual não apresentou a progressão esperada, pela inesperada baixa precipitação ocorrida no período a partir da inoculação (Figura 1) associada ao tipo de sistema de irrigação empregado no experimento. Por outro lado, foi possível analisar o efeito isolado do número de aplicações em fatores da produção e qualidade dos frutos, o que se torna interessante quando se está analisando utilização de um produto de proteção fitossanitária com um potencial de afetar, negativamente, a produtividade das culturas, como é o caso do ASM.

No tomateiro, por exemplo, diversos trabalhos apontam que, mesmo com a redução significativa da doença, números de aplicações maiores do que 10 levaram a produtividades iguais ou inferiores aos tratamentos sem aplicação do indutor de resistência (Abbsi et al. 2002, Quezado-Duval et al. 2005). É de conhecimento geral que, associado à indução de resistência, existe um custo energético pela realocação de metabólitos e energia de outros processos, como crescimento e reprodução, para a defesa (Durrant & Dong 2004; Walters & Fountaine 2009). Além do gasto energético, problemas de fitotoxidez causada por ASM também têm sido relatados (Abbasi et al. 2002), bem como de redução da produtividade quando o produto é aplicado em concentrações elevadas (Huang et al. 2012). Porém, em relação ao pimentão, pelos dados obtidos, a margem de até 10 aplicações semanais, se comprovada em ensaios posteriores a sua efetividade no controle da mancha bacteriana, levará a ganhos produtivos. Ressalta-se aqui que um possível aumento de eficiência no controle pelo incremento de um produto, em mistura ou em mais aplicações, vai também resultar em

um aumento do custo. A análise seria interessante para subsidiar a tomada de decisão por parte do produtor/técnicos da assistência na aplicação ou não do produto.

**Figura 1.** Variáveis climáticas observadas ao longo do período de avaliação da severidade da mancha bacteriana no pimentão, no período de 02 de dezembro de 2014 a 10 de janeiro de 2015. Dados obtidos da estação Meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia – Campus Morrinhos, Goiás.



### 3.4. Conclusão

A mancha bacteriana no pimentão não se desenvolve em condições de baixa precipitação e irrigação por gotejamento.

O ASM pode ser utilizado em até 10 aplicações semanais, na variedade op. Cascadura Ikeda, sem perdas de produtividade, desde que devidamente registrado pelo fabricante para a cultura do pimentão.

### 3.5. Agradecimentos

Agradecemos ao aluno Leonardo Guimarães dos Santos graduando em agronomia pela Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas de Goiatuba-Goiás.

### 3.6. Referências Bibliográficas

- ABBASI, Pervaiz A. et al. Reduction of bacterial spot disease severity on tomato and pepper plants with foliar applications of ammonium lignosulfonate and potassium phosphate. *Plant disease*, v. 86, n. 11, p. 1232-1236, 2002.
- AGUIAR, L. et al. Resistência ao cobre em isolados nacionais de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* de pimentão e tomateiro. *Agronomia*, v. 34, n. 1, 2000.
- AREAS, M. S. et al. Identificação e caracterização de *Xanthomonas euvesicatoria* de pimentão no Brasil. 2013.
- AUDENAERT, K.; DE MEYER, G. B.; HÖFTE, M. M. Abscisic acid determines basal susceptibility of tomato to *Botrytis cinerea* and suppresses salicylic acid-dependent signaling mechanisms. *Plant Physiology*, v. 128, n. 2, p. 491-501, 2002.
- CAMPOS, A. D. Considerações sobre indução de resistência a patógenos em plantas. Embrapa Clima Temperado. Documentos, 2009.
- CARMO, M. G. F.; et al. Progresso da pústula bacteriana do pimentão, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, em condições de viveiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 20, n. 1, p. 66-70, 1996.
- CARMO, M. G. F.; MACAGNAN, D.; CARVALHO, A. O. Progresso da mancha bacteriana do pimentão a partir de diferentes níveis iniciais de inóculo e do emprego ou não do controle com oxiclóreto de cobre. *Horticultura Brasileira*, v. 19, n. 3, 2001.
- DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. *Phytopathol*, v. 42, p. 185-209, 2004.
- GAYLER, S. et al. Modelling the effect of environmental factors on the “trade-off” between growth and defensive compounds in young apple trees. *Trees*, v. 18, n. 3, p. 363-371, 2004.
- GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A. Os procedimentos estatísticos para a pesquisa agrícola. John Wiley & Sons, 1984.
- HAMZA, A. A.; ROBENE-SOUSTRADE, I.; JOUEN, E.; GAGNEVIN, L.; LEFEUVRE, P.; CHIROLEU, F.; PRUVOST, O. Genetic and pathological diversity among *Xanthomonas* strains responsible for bacterial spot on tomato and pepper in the southwest Indian Ocean region. *Plant Disease*, v. 94, n. 8, p. 993-999, 2010.
- HEIL, M. BALDWIN, I. T. Fitness cost of induced resistance: emerging experimental support for a slippery concept. *Trends in Plant Science*, Kidlington, v. 7, p. 61-67, 2002.
- HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly review of biology*, p. 283-335, 1992.

- HORSFALL, J. G.; BARRATT, R. W. An improved grading system for measuring plant diseases. In: *Phytopathology*. 3340 Pilot Knob Road, ST Paul, MN 55121: Amer Phytopathological SOC, p. 655-655, 1945.
- HORTICERES. Pimentão Paloma. 2016, 22 de março. Disponível em: <http://www.horticeres.com.br/produtos/solanaceas/pimentao/pimentao-hibrido-paloma>
- HUANG, Cheng-Hua et al. Effect of application frequency and reduced rates of acibenzolar-S-methyl on the field efficacy of induced resistance against bacterial spot on tomato. *Plant Disease*, v. 96, n. 2, p. 221-227, 2012.
- JONES, J. B.; et al. Reclassification of the Xanthomonads Associated with Bacterial Spot Disease of Tomato and Pepper. *Systematic and applied microbiology*, v. 27, n. 6, p. 755-762, 2004.
- KESSMAN, H.; STAUB, T.; HOFFMAN, C.; MAETZKE, T.; HERZOG, J. WARD, E.; UKNES, S.; RYALS, J. Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 32, p. 439-459, 1994.
- KIMURA, O. Enfermidades bacterianas do pimentão. *Informe Agropecuário*, v. 10, n. 113, 1984.
- LITTELL, Ramon C.; STROUP, Walter W.; Freund, Rudolf J. SAS for linear models. SAS Institute, 2002.
- LOUWS, F. J. et al. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. *Plant Disease*, v. 85, n. 5, p. 481-488, 2001.
- MARCUZZO, L. L.; Fernandes, J. M. C.; Becker, W. F. Influência da temperatura e da duração do molhamento foliar na severidade da mancha bacteriana do tomateiro. *Summa Phytopathologica*, v. 35, n. 3, p. 229-230, 2009.
- MARINGONI, A. C. et al. Controle químico da mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Summa Phytopathologica*, 1986.
- QUEZADO-DUVAL, A. M.; CAMARGO, L. E. A. Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. *Horticultura brasileira*, v. 22, n. 1, p. 80-86, 2004.
- QUEZADO-DUVAL, A. M.; LOPES, C. A.; JUNQUEIRA, N. T. V. Avaliação de produtos alternativos para o controle da mancha-bacteriana em tomateiro para processamento industrial. Embrapa Hortaliças. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 2005.
- RIVA-SOUZA, E. M.; RODRIGUES, R.; SUDRÉ, C. P.; GONZAGA, M. P.; BENTO, C. S.; MATTA, F. P. Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F<sub>6</sub> lines of *Capsicum annuum*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 9, n. 2, p. 108-115, 2009.
- SCARPONI, L.; BUONAURO, R.; MARTINETTI, L. Persistence and translocation of a benzothiadiazole derivative in tomato plants in relation to systemic acquired

resistance against *Pseudomonas syringae* pv *tomato*. *Ciência de gestão de pragas*, v. 57, n. 3, p. 262-268, 2001.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

WALTERS, D. R.; FOUNTAINE, J. M. Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions. *The Journal of Agricultural Science*, v. 147, n. 05, p. 523-535, 2009.

## 4. CAPÍTULO II

### Normas da Revista Summa Phytopathologica

Ricardo Marques da Silva Viegas<sup>1</sup>; Nadson de Carvalho. Pontes<sup>2</sup>; Antônio Willians Moita<sup>3</sup>; Alice Maria Quezado Duval<sup>4</sup>. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, Rodovia BR153, KM633 – Zona Rural, Morrinhos - GO. **Severidade comparativa da mancha bacteriana causada por *Xanthomonas euvesicatoria* em cultivares de pimentão.**

### RESUMO

Importante doença bacteriana do pimentão, a mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) causa desfolha intensa quando em condições favoráveis, deixando frutos expostos ao sol, depreciando-os e diminuindo a produtividade. O emprego de variedades resistentes surge então como uma interessante ferramenta de controle da doença. O presente estudo objetivou estimar o comportamento de seis cultivares comerciais disponíveis no mercado brasileiro de sementes em relação à espécie *Xanthomonas euvesicatoria*, que prevalece em lavouras de *Capsicum* no país. Essas cultivares foram escolhidos por portarem, com exceção de dois, algum tipo de resistência raça-específica, além de terem indicação para cultivos em campo. Para o desafio foi utilizado um isolado *X. euvesicatoria* obtido em uma lavoura comercial do Distrito Federal. Estas

cultivares foram escolhidas devido à sua resistência à mancha bacteriana de acordo com os catálogos de empresas de sementes, com a exceção de dois, para além de ter indicação para cultivo em campo no verão. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. As variáveis tomadas e analisadas foram: a severidade da doença (por meio de notas) e a desfolha (%), ao décimo dia após a inoculação. Foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para as duas variáveis. O controle da doença pelo uso de cultivares com resistência qualitativa vem sendo restringido pela capacidade do patógeno em superar essa resistência, o que foi constatada no presente estudo. As cultivares, 'Impacto' e 'Paloma', tiveram melhor comportamento em relação à mancha bacteriana e apresentaram bons níveis de resistência quantitativa e podem ser boas opções para o cultivo dessas variedades em campo no verão.

**PALAVRAS-CHAVES:** *Capsicum annuum*, Resistência quantitativa, híbridos.



Ricardo Marques da Silva Viegas<sup>1</sup>; Nadson de Carvalho. Pontes<sup>2</sup>; Antônio Willians Moita<sup>3</sup>; Alice Maria Quezado Duval<sup>4</sup>. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, Rodovia BR153, KM633 – Zona Rural, Morrinhos - GO. **Comparative severity of bacterial spot caused by *Xanthomonas euvesicatoria* in peppers cultivars.** Orientadora: Dra. Alice Maria Quezado Duval  
Coorientador: Nadson de Carvalho Pontes.

## ABSTRACT

Bacterial spot (*Xanthomas* spp.), an important disease of open field cultivated sweet pepper, cause intense defoliation when in favorable conditions, leaving fruit exposed to the sun, depreciating them and reducing yield. The use of resistant varieties emerges as an interesting tool for disease control. The present study aimed to estimate the behavior of six cultivars commercially available in the Brazilian seed market in relation to the species *Xanthomonas euvesicatoria*, which prevails in the Brazilian sweet pepper crops. These cultivars were chosen due to their bacterial spot resistance according to the seed company catalogues, with the exception of two, in addition to having indication for open field cultivation. They were challenged by an isolated obtained in a commercial crop of ‘Dahra Rx’ at Distrito Federal. The trial was conducted at a greenhouse. The experimental design was the complete randomized blocks with six treatments and five replications. The variables analyzed were the

severity of the disease (by means of a value scale) and defoliation (%), on the tenth day after inoculation. Significant differences were observed among the hybrids for the two variables. Control of the disease through the use of cultivars with resistance has been restricted by the capacity of the pathogen in overcoming this resistance, which was observed in the present study. The cultivars 'Impacto' and 'Paloma', had better behavior in relation to bacterial spot and showed good levels of quantitative resistance. So that, they can be good choices for cultivation under open field conditions in the summer.

**KEYWORDS:** *Capsicum annuum*, quantitative resistance, hybrids.

## 4.1. Introdução

A mancha bacteriana, causada por *Xanthomonas* spp., importante doença do pimentão no Brasil, ocorre, predominantemente, durante a estação das chuvas, com temperaturas mais elevadas. Existe uma dificuldade elevada no controle da doença em virtude da variabilidade das bactérias causadoras da doença (Maringoni et al. 1986; Aguiar et al. 2000; Carmo et al. 2001). Muitos estudos tem mostrado que a mancha bacteriana em tomate e pimentão é causada por diferentes espécies de *Xanthomonas*. De acordo com Jones et al. (2004), *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. perforans* e *X. gardneri*. No Brasil, essas quatro espécies de *Xanthomonas* foram reportadas em tomate (Quezado-Duval et al. 2005; Costa et al. 2012) e em pimentão foram encontrados relatos da ocorrência de *X. euvesicatoria* (Areas et al. 2014; Lima 2015), *X. gardneri* e *X. perforans* (Lima 2015). Em nível mundial, inicialmente, apenas as espécies *X. euvesicatoria* e *X. gardneri* estariam associados ao gênero *Capsicum*, porém, recentemente, foi constata a ocorrência de *X. perforans*, na Flórida, EUA (Bart et al. 2012) e *X. vesicatoria* na Macedônia e na Bulgária (Kizheva et al. 2013) associadas ao pimentão. Além disso, *Xanthomonas euvesicatoria* apresenta especificidade em nível de raças fisiológicas, com 11 raças relatadas até o presente (Pepper-bacterial spot 2012) (Tabela 4), o que contribui para a dificuldade no controle da doença (Lima 2015). Algumas dessas raças foram identificadas em uma coleção de isolados oriundos de lavouras de *Capsicum* spp. no Brasil (Lima 2015).

Segundo Vallejos (2010) os genes de resistência (Bs1, Bs2 e Bs3) e têm sido utilizados de forma eficaz, isoladamente ou em diferentes combinações, em várias cultivares comerciais de pimentão com resultados satisfatórios para resistência à mancha bacteriana para um curto espaço de tempo, esses três genes foram identificados respectivamente: PI 163192 (*Capsicum annum*), PI 260435 (*C. chacoense*) e PI

271322 (*C. annuum*). Neste último, foram detectados, também, componentes de resistência quantitativa e o gene *Bs1*. Estudos baseados nesses acessos mostraram que as interações envolvendo esses genes seguem a hipótese gene-a-gene. O gene *Bs2* confere resistência às raças 0, 1, 2 e 3, comumente encontradas, mas não às raças 4, 5 e 6 (Reifschneider & Lopes 1997). Resistência à raça 6 foi descrita em *Capsicum pubescens* (PI 235047) e com base na reação deste acesso foi proposta uma nova classificação das raças em P0, P1, P3, P4 e P6 incompatíveis com PI 235047, e P2, P5, P7 e P8 (compatíveis com PI 235047) (Sahin & Miller 1998).

**Tabela 4.** Diferenciação de raças da mancha bacteriana causadas por *Xanthomonas* usando genes de resistência conhecidos do pimentão. Adaptado de Pepper-bacterial spot, 2012.

Raça	Genes	ECW	ECW-10R ( <i>Bs1</i> )	ECW-20R ( <i>Bs2</i> )	ECW-30R ( <i>Bs3</i> )	PI 235047 ( <i>Bs4</i> )	ECW-12346 ( <i>Bs1</i> , <i>Bs2</i> , <i>Bs3</i> , <i>bs5</i> , <i>bs6</i> )
0	<i>avrBS<sub>1</sub></i> , <i>avrBS<sub>2</sub></i> , <i>avrBS<sub>3</sub></i> , <i>avrBS<sub>4</sub></i>	S	HR	HR	HR	HR	HR
1	<i>avrBS<sub>2</sub></i> , <i>avrBS<sub>3</sub></i> , <i>avrBS<sub>4</sub></i>	S	S	HR	HR	HR	HR
2	<i>avrBS<sub>1</sub></i> , <i>avrBS<sub>2</sub></i>	S	HR	HR	S	S	HR
3	<i>avrBS<sub>2</sub></i> , <i>avrBS<sub>4</sub></i>	S	S	HR	S	HR	HR
4	<i>avrBS<sub>3</sub></i> , <i>avrBS<sub>4</sub></i>	S	S	S	HR	HR	HR
5	<i>avrBS<sub>1</sub></i>	S	HR	S	S	S	HR
6	<i>avrBS<sub>4</sub></i>	S	S	S	S	HR	R
7	<i>avrBS<sub>2</sub></i> , <i>avrBS<sub>3</sub></i>	S	S	HR	HR	S	HR
8	<i>avrBS<sub>2</sub></i>	S	S	HR	S	S	HR
9	<i>avrBS<sub>3</sub></i>	S	S	S	HR	S	HR
10	<i>nenhum</i>	S	S	S	S	S	R

As fontes de genes de resistência são apresentadas na tabela.

HR refere-se a uma reação de hipersensibilidade que está envolvida na resistência. S refere-se a uma reação de suscetibilidade. R resistente (não reação de hipersensibilidade).

ECW (Early California Wonder), ECW-10R, ECW-20R, ECW-30R: *Capsicum annuum*; PI 235047: *C. pubescens*

Atualmente, a distinção de raças ainda não foi estabelecida para as demais espécies. Em relação à *Xanthomonas gardneri* para tomate, de acordo com a reação de genótipos de uma série diferencial, isolados de *X. gardneri* se comportaram como raça T2 (Quezado-Duval et al. 2003).

No gênero *Capsicum* a identificação de raças do patógeno é realizada com a observação da reação de hipersensibilidade, ou seja, resposta celular rápida e drástica da

planta frente ao patógeno, em linhas quase isogênicas de pimentão Early California Wonder (ECW) de *Capsicum annuum* e em *Capsicum pubescens* PI 235047. Cada linha de *Capsicum annuum* carrega um gene distinto de resistência (*Bs1*, *Bs2* ou *Bs3*) e *C. pubescens* o último gene proposto denominado *Bs4* (Sahin & Miller, 1998) (Tabela 5). Existem dois genes recessivos de resistência oferecida pelos genes ligados à reação de hipersensibilidade, sendo denominado *bs5* e *bs6* e em experimentos realizados, apresentaram resultados favoráveis de resistência “raça não específica” (Jones et al. 2002).

Homólogos do gene *avrBs3* foram encontrados em muitas outras *Xanthomonas* patogênicas de plantas e alguns têm sido estudados (Schornack et al. 2006, Lima 2015). Um homólogo do gene *avrBs3* (*avrBHah1*) foi encontrado em uma estirpe de *X. gardneri*, causando reação de hipersensibilidade no pimentão que confere gene de resistência *Bs3*. Esse gene *avrHah1* só ocorre na espécie *X. gardneri* e é localizado no plasmídeo (Schornack et al. 2008, Lima 2015).

A diversidade do grupo ainda gera discussões. Young et al. (2008) analisaram as sequências dos genes de “housekeeping” e propuseram que *X. perforans* e *X. euvesicatoria* fossem tratadas como espécies sinônimas. Já Potnis et al. (2011) analisaram o genoma completo das quatro espécies causadoras da mancha-bacteriana e afirmaram que estas espécies são distintas e que realmente devem ser tratadas como diferentes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência genética quantitativa de seis cultivares de pimentão disponíveis no mercado brasileiro, ‘Nathalie’, ‘Impacto’, ‘Topaz’, ‘Paloma’, ‘Dahra RX’ e ‘Magali R’ com indicação de resistência raça específica em seus respectivos catálogos, com exceção do ‘Magali R’ e ‘Topaz F2’, utilizando um isolado de *Xanthomonas euvesicatoria* obtido de plantas da cultivar ‘Dahra RX’, com sintomas da doença, em uma lavoura comercial no Distrito Federal.

## 4.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2015, em Casa de Vegetação na EMBRAPA Hortaliças, no município de Brasília – DF, 15°55'52.91" de latitude Sul, 48° 8'40.36"O de longitude oeste e altitude de 1014 metros. Foram utilizados seis cultivares de pimentão sendo quatro com indicação de resistência raça específica, segundo o catálogo das empresas (Paloma 1, 2, 3); (Nathalie P1, P2, P3); (Impacto P0, P1, P2, P3, P7, P8); (Dahra RX P0, P1, P2, P3, P7, P8) e dois como padrão de suscetibilidade a mancha bacteriana (Magali R, Topaz F1). As mudas dos seis cultivares foram produzidas em bandeja de isopor com 128 células com substrato comercial. Antes da semeadura todos as cultivares escolhidos para realização do ensaio passaram por um tratamento térmico, (Lopes et al. 1997). Após 30 dias da semeadura, quando as mudas estavam com quatro a cinco folhas definitivas, foi realizado plantio em vasos plásticos de 500 mL por tratamento.

O ensaio foi conduzido em telado com cobertura de plástico, em delineamento experimental inteiramente casualizados com cinco repetições por tratamento, onde cada parcela foi constituída por 5 plantas. Para inoculação, utilizou-se um isolado de *Xanthomonas euvesicatoria* obtido de plantas da cultivar 'Dahra RX', com sintomas da doença, em uma lavoura comercial no Distrito Federal. A identificação na espécie foi feita de acordo com o uso de primers específico (Koenraadt et al. 2007).

O isolado foi cultivado em meio líquido após um período de 48 horas de crescimento em meio DYGS (Rodrigues Neto et al. 1986) a  $\pm 28$  °C, as colônias bacterianas foram suspensas em água estéril e concentração de células ajustadas para, aproximadamente,  $5 \times 10^8$  ufc/ml ( $A=0,3_{600nm}$ ), em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 600 nm e, em seguida, diluída a  $10^7$  ufc/ml. A inoculação feita com borrifador manual portátil foi feita 10 dias após o plantio das mudas nos vasos. Após a realização da inoculação as plantas, foram mantidas em casa de vegetação sobre o regime de nebulização de 4 minutos de 2 em 2 horas por 16 horas intermitentes. As avaliações do comportamento das cultivares iniciaram 10 dias após a inoculação dos isolados, tendo por base as variáveis analisadas foram: severidade dos sintomas da mancha bacteriana segundo (Lima et al. 2010) usando escala visual de notas para cada planta, que variam entre 1, 2, 3, 4 e 5 (em que 1 apresenta sem sintomas, e 5 alto grau

de sintomas) onde esses níveis de severidade representados por meio de fotografias e desfolha (DESF (%)) = número de folhas caídas/número de folha expandidas total x 100).

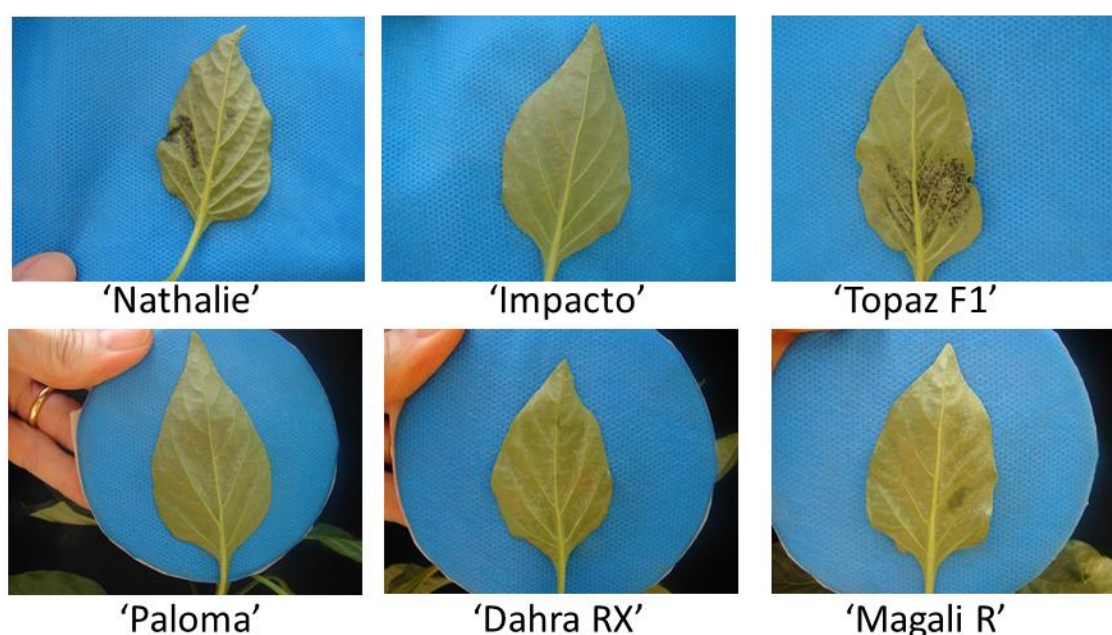
$$\hat{p}_i = \frac{1}{N} (\bar{R}_i - 0,5)$$

Os dados da severidade em notas foram, transformadas e, em seguida, utilizou-se o procedimento “pro mixed” com a opção anova, para a correta obtenção da estimativa dos efeitos relativos de tratamentos e a correta estatística-teste F [ATS (Anova Type Statistic), Brunner et al. 2002; Brunner & Puri 2001, apud Shah & Madden, 2004]. A ATS testa a hipótese nula sobre os efeitos relativos dos tratamentos (ER) que é uma generalização da média dos tratamentos estimados por meio da fórmula: onde N é o número total de observações e  $R_i$ , a média dos escores (rank) dos dados para o i-ésimo tratamento. Os erros-padrão e intervalos de confiança para efeitos relativos de tratamento foram calculados utilizando-se as macros SAS desenvolvidas por Brunner et al. (2002). Além disso, calculou-se a mediana das notas de severidade da doença, parâmetro que fornece um resumo do valor central dessas variáveis para cada tratamento (Shah & Madden 2004) (SAS, v.9.2). Para a avaliação da severidade, os dados obtidos da variável desfolha foram transformados antes da análise estatística em arco-seno ( $\sqrt{\frac{x}{100}}$ ), onde  $x$  é a porcentagem, visando à homogeneidade da variância. (Gomez & Gomez 1984). Os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). As análises foram feitas utilizando-se o programa computacional (SAS, v.9.2).

### 4.3. Resultados e Discussão

Sintomas típicos de anasarca seguidos da formação de lesões necróticas foram observados em todas as cultivares a partir de cinco dias após a inoculação (Figura 1). O isolado de *Xanthomonas euvesicatoria* utilizado foi capaz suplantar a resistência raça específica de todas as cultivares. Esse resultado era esperado, uma vez que o isolado foi obtido, originalmente, da cultivar ‘Dahra RX’, indicando tratar-se de uma raça diferente das raças cobertas pela resistência dessa e das demais cultivares analisadas.

**Figura 2.** Sintomas de anasarca nas folhas das seis cultivares 5 dias após inoculação. Brasília, Distrito Federal. Viegas, 11-11-2015.



Foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares para as duas variáveis, severidade em notas (SEV,  $P < 0,001$ ) e desfolha (DESF,  $P < < 0,001$ ). Para ambas, o efeito de blocos foi não significativo ( $P = 0,9681$  e  $P = 0,0012$ , respectivamente). Observando os limites inferior e superior do intervalo de confiança (IC, 95%), verificou-se que houve sobreposição para algumas cultivares. Assim, as cultivares que foram, significativamente diferentes entre si, foram aquelas em que não foi observada sobreposição de seus ICs (Tabela 5). As duas cultivares que não tiveram nenhuma sobreposição com os demais foram o híbrido ‘Magali R’, que apresentou as maiores médias e medianas das notas e o ‘Dahra RX’, que apresentou severidade intermediária, entre as maiores e menores. ‘Impacto’ e ‘Paloma’, por sua vez, apresentaram as menores médias e medianas, foram diferentes, de forma significativa, dos demais, mas



não entre si. Diferença entre o Topaz F1 e Nathalie também não foi significativa (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores da média, mediana, estimativa do efeito relativo de tratamento (ER) e intervalo de confiança para ER (IC), ERRO, para um delineamento inteiramente casualizados, para severidade da mancha bacteriana. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2015.

HIDRÍDOS	MÉDIA	MEDIANA	ER (Pr>ItI)	ERRO	IC	
					INFERIOR	SUPERIOR
Nathalie <sup>1</sup>	4,4	4,2	0,65 (0,0012)	0,31	0,53	0,75
Impacto <sup>2</sup>	1,6	2,2	0,17 (0,0046)	0,20	0,12	0,27
Topaz F1 <sup>3</sup>	4,4	4,2	0,66 (0,0274)	0,27	0,55	0,74
Paloma <sup>4</sup>	1,4	2,4	0,17 (0,0510)	0,20	0,12	0,27
Dahra RX <sup>5</sup>	3,2	3,5	0,46 (<,0001)	0,19	0,12	0,53
Magali R <sup>6</sup>	6	4,8	0,90 (<,0001)	0,11	0,39	0,91

<sup>1</sup>Nathalie (Rogers/Syngenta); <sup>2</sup>Impacto (Seminis); <sup>3</sup>Topaz F1 (Nirit Seeds Ltda/Agrocinco); <sup>4</sup>Paloma (Horticeres); <sup>5</sup>Dahra RX (Sakata); <sup>6</sup>Magali R (Sakata).

‘Impacto’ e ‘Paloma’ também foram os duas cultivares que apresentaram a menor desfolha, sendo significativamente diferente dos demais (Tabela 6). Para essa variável, ‘Magali R’, ‘Nathalie’ e ‘Topaz F1’ não diferiram estatisticamente entre si, enquanto ‘Dahra RX’, em nível intermediário não diferiu de Topaz F1 (Tabela 6). O patógeno quando infecta a planta, além de causar grande desfolha, reduz a produção de fotoassimilados importantes para o seu desenvolvimento, expõe os frutos as intemperes do clima, depreciando-os para a comercialização (Costa 2012). Assim, a desfolha se torna uma variável interessante para aferição indireta dos níveis de resistência quantitativo.

**Tabela 6.** Dados de Desfolha (%) = número de folhas caídas com lesões/número de folhas expandidas x 100, para um delineamento inteiramente casualizados, para severidade da mancha bacteriana. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2015.

Cultivar	MDT <sup>1</sup>		MDO <sup>2</sup>		MDD <sup>3</sup>	
Magali R	65,68	A	82,33	A	83,04	A
Nathalie	62,04	A	77,90	A	78,02	A
Topaz F1	61,60	A	79,34	A	77,38	A
Dahra RX	55,30	B	67,19	B	67,60	B
Paloma	51,12	BC	69,81	BC	60,60	BC
Impacto	49,42	C	58,70	C	57,69	C

<sup>1</sup>MDT = MÉDIA DOS DADOS DE DESFOLHA TRANSFORMADOS; <sup>2</sup>MDO= MÉDIA DOS DADOS DE DESFOLHA ORIGINAIS ; <sup>3</sup>MDD= MÉDIA DOS DADOS DESFOLHA DESTANSFORMADOS

Enquanto a resistência qualitativa se baseia no modelo gene-a-gene, com herança simples é a mais usada no lançamento de novas cultivares, isso traz uma limitação quanto a durabilidade em consequência da alta pressão de seleção que os patógenos exercem sobre o hospedeiro, isso leva à evolução e superação da resistência pelo patógeno. As variedades permanecem resistentes por poucos anos, tornando-se necessário o desenvolvimento e lançamento constantes de novas cultivares (Reis et al. 2001; Barbosa et al. 2002; Wesp 2005). Como uma alternativa para obtenção de resistência mais durável a resistência quantitativa, vem sendo utilizada, pois, não suprime o patógeno, apenas impede que este atinja níveis destrutivos, reduzindo a probabilidade deste sofrer mutações vantajosas ou conseguir, por recombinações. Baseada em vários genes a resistência quantitativa não se baseia no reconhecimento elicitor-receptor e nem sempre estes genes contribuem igualmente para a resistência, somente um ou poucos genes possuem maior contribuição para a característica quantitativa (Mc Donald & Lindle 2002). Caracterizada por uma redução na taxa de desenvolvimento da doença, por meio da combinação dos componentes que a condicionam, como redução na frequência da infecção (Heagle & Moore 1970; Ohm & Shaner 1976; Sztejmberg & Whal 1976; Martin et al. 1979; Whal et al. 1980; Wesp 2005). Na resistência quantitativa, há um atraso ou redução na magnitude de vários estádios do ciclo reprodutivo do patógeno, tornando mais lento o progresso da doença no campo (Thomé et al. 2001).

O controle da doença pelo uso de cultivares com resistência qualitativa vem sendo restringido pela capacidade do patógeno em superar essa resistência, o que foi constatada no presente estudo. As cultivares 'Impacto' e 'Paloma' tiveram melhor comportamento em relação à mancha bacteriana e apresentaram bons níveis de resistência quantitativa e podem ser boas opções para o cultivo dessas variedades em campo no verão.

#### 4.4. Conclusões

As cultivares ‘Impacto’ e ‘Paloma’ apresentam melhores níveis de resistência quantitativa e podem ser boas opções para o cultivo em campo nos períodos de verão. Para tanto, sugere-se a avaliação dessas cultivares em ensaios de campo a fim de analisar a produtividade e adequação do padrão de frutos aos mercados de Goiás.

#### 4.5. Referências Bibliográficas

- AGUIAR, L. A.; KIMURA O.; CASTILHO, A. M. C.; CASTILHO, K. S. C.; RIBEIRO, R. L. D.; CARMO, M. G. F. Resistência ao cobre em isolados nacionais de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* de pimentão e tomateiro. *Agronomia* v. 34, p. 78-82, 2000.
- AREAS, M. S. et al. Identificação e caracterização de *Xanthomonas euvesicatoria* de pimentão no Brasil. 2013.
- BARBOSA, M. M. Genética e mapeamento molecular da resistência parcial à ferrugem da folha da aveia (*Avena sativa* L.) Tese (Doutorado em Agronomia – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia) – Faculdade Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 113, 2002.
- BART, R. et al. How high-throughput sequencing technology helps our understanding of plant-pathogenic bacteria (overview). In: *Phytopathology*. 3340 Pilot Knob Road, ST Paul, MN 55121 USA: Amer Phytopathological. p. 148-14, 2012.
- BRUNNER E; DOMHOF S; LANGER F. *Nonparametric Analysis of Longitudinal Data in Factorial Experiments*. New York: John Wiley & Sons, p. 261, 2002.
- CARMO, M. G. F.; MACAGNAN, D.; CARVALHO, A. O. Progresso da mancha-bacteriana do pimentão a partir de diferentes níveis iniciais de inóculo e do emprego ou não do controle com oxiclureto de cobre. *Horticultura Brasileira*, v. 19, n. 3, 2001.
- COSTA, J. R. et al. Ocorrência e caracterização do complexo de espécies causadoras da mancha bacteriana do tomateiro no Alto Vale do Rio do Peixe, SC. *Tropical Plant Pathology*, v. 37, p. 149-154, 2012.
- GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A.(1984). *Statistical procedures for agricultura research*. Research. IRRI, Manila (Filipinas), 1984.
- HEAGLE, A\_S et al. Some effects of moderate adult resistance to crown rust of oats. *Phytopathology*, v. 60, p. 461-66, 1970.
- JONES, J. B. et al. A non-hypersensitive resistance in pepper to the bacterial spot pathogen is associated with two recessive genes. *Phytopathology*, v. 92, n. 3, p. 273-277, 2002.
- JONES, J. B. et al. Reclassification of the xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and applied microbiology*, v. 27, n. 6, p. 755-762, 2004.
- LIMA, R. S.; CARVALHO, S. I. C.; MOITA, A. W.; QUEZADO-DUVAL, A. M. 2010. Resistência de acessos de pimentas do Hábanero à mancha bacteriana. In: 43<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Fitopatologia. *Tropical Plant Pathology*, v.35.
- LIMA, R. S. O complexo da mancha-bacteriana em *Capsicum* no Brasil: espécies de *Xanthomonas* e sua sensibilidade ao cobre. De 2015. 87f. Tese Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.

- LOPES, A. C.; QUEZADO-SOARES, A. M.; 1997. Doenças Bacterianas das hortaliças. Brasília: EMBRAPA, CNPH.
- MARINGONI, A. C. et al. Controle químico da mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.)). Summa Phytopathologica, 1986.
- MARTIN, C. D. et al. Quantitation of slow rusting in seedling and adult spring wheat. Canadian Journal of Botany, v. 57, n. 14, p. 1550-1556, 1979.
- MC DONALD, B. A.; Linde, C. Genética de patógenos população, potencial evolutivo e resistência durável. Revisão anual do fitopatologia, v. 40, n. 1, p. 349-379, 2002.
- OHM, H. W.; SHANER, G. E. Three components of slow leaf rusting at different growth stages in wheat. Phytopathology, 1976.
- QUEZADO-DUVAL, A. M. et al. Sensibilidade a cobre, estreptomicina e oxitetraciclina em *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial. Horticultura Brasileira, v. 21, n. 4, p. 670-675, 2003.
- 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 tomatões in Brazil. Acta Horticulturae, v. 695, p. 101-108, 2005.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; LOPES, C. A. Resistência de plantas a fitobactérias. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia. 1997.
- REIS, E. M. Diagnose, patometria e controle de doenças de cereais de inverno. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2001.
- RODRIGUES NETO, et al. Meio simples para o isolamento e cultivo de *Xanthomonas campestris* pv. *citri* tipo B. Summa Phytopathologica, v. 12, n. 1-2, p. 16, 1986.
- SAHIN, F.; MILLER, S. A. Resistance in *Capsicum pubescens* to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* pepper race 6. Plant Disease, v. 82, n. 7, p. 794-799, 1998.
- SHAH, D. A.; MADDEN, L. V. Nonparametric analysis of ordinal data in designed factorial experiments. Phytopathology v. 94, n. 1, p. 33-43, 2004.
- SCHORNACK, S.; MEYER, A.; RÖMER, P.; JORDAN, T.; LAHAYE, T. Gene-for-gene mediated recognition of nuclear-targeted AvrBs3-like bacterial effector proteins. Journal of Plant Physiology, n. 163, p. 256-272, 2006.
- SCHORNACK, S.; MINSAVAGE, G.V; STALL, R.E.; JONES, J. B.; LAHAYE, T. Characterization of AvrHal1, a novel AvrBs3-like effector from *Xanthomonas gardneri* with virulence and avirulence activity. New Phytol, v. 179, p. 546-556, 2008.

- SZTEJNBERG, A.; WAHL, I. Mechanisms and stability of slow stem rusting resistance in *Avena sterilis* [Fungus diseases of oats caused by *Puccinia graminis avenae*]. *Phytopathology*, 1976.
- VALLEJOS, C. E. et al. Characterization of two recessive genes controlling resistance to all races of bacterial spot in peppers. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 121, n. 1, p. 37-46, 2010.
- WAHL, I. et al. Slow rusting of wheat with stem rust detected in the glasshouse. *Plant Disease*, v. 64, n. 1, p. 54-56, 1980.
- WESP, C. de L. Componentes da Resistência Quantitativa à Ferrugem da Folha em Linhagens Recombinantes de Aveia. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Brasil. (84p.) Março, 2005.
- YOUNG, J. M. et al. A multilocus sequence analysis of the genus *Xanthomonas*. *Systematic and applied microbiology*, v. 31, n. 5, p. 366-377, 2008.
- THOMÉ, G. Cleci H.; MILACH, S. C. K.; FEDERIZZI, L. C. Partial resistance of oat genotypes to crown rust. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 2, p. 393-398, 2001.

## 5. Conclusão Geral

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família Solanaceae tem participação relevante no mercado de olerícolas e seu cultivo ocorre tanto em campo quanto em estufas. O cultivo em campo é o grande responsável pela maioria das áreas cultivadas. As cultivares são determinadas pelas preferências do mercado, condições climáticas e fitossanitárias favoráveis. A mancha bacteriana é uma importante doença nos cultivos em campo e ocorrem em condições de altas temperaturas e umidade, quando em condições favoráveis a doença ataca principalmente as folhas formando grandes manchas com aspecto “melado” que caem com facilidade.

As *Xanthomonas* que causam a mancha bacteriana em tomate e pimentão foram classificadas em quatro espécies: *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*; *X. perforans* e *X. gardneri* . A espécie *X. euvesicatoria* é a mais prevalente no gênero *Capsicum* no Brasil e apresenta especificidade em nível de raças fisiológicas, com 11 raças relatadas até o presente, o que contribui para a dificuldade no controle da doença.

A mancha bacteriana é de difícil controle por causa da baixa eficiência controle químico, feito, basicamente, com o uso de fungicidas cúpricos ou cuprorgânicos. Os princípios ativos Acibenzolar-S-metil (ASM) ativador de plantas e cloretos de benzalcônio, possuem registro para a cultura do tomate no MAPA.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do ASM e resistência genética quantitativa, sobre o controle da mancha bacteriana. Resultados mostraram que o produto fitossanitário pode ser utilizado em até 10 aplicações, na variedade op. Cascadura Ikeda, sem perdas de produtividade, estudos futuros devem indicar a eficiência e aplicabilidade deste ativados na cultura do pimentão desde que devidamente registrado pelo fabricante para a cultura.

O controle da doença pelo uso de cultivares com resistência qualitativa vem sendo restringido pela capacidade do patógeno em superar essa resistência, o que foi constatada no presente estudo. As cultivares 'Impacto' e 'Paloma' tiveram melhor comportamento em relação à mancha bacteriana e apresentaram bons níveis de resistência quantitativa e podem ser boas opções para o cultivo dessas variedades em campo no verão, resultando em uma maior perspectiva de ganhos econômicos.