

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

NEONICOTINOIDES COMO INDUTORES DE RESISTÊNCIA
EM TOMATEIRO CONTRA A MANCHA BACTERIANA

Autor: Luiz Gustavo de Oliveira Rosa
Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

MORRINHOS - GO
Julho - 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

NEONICOTINOIDES COMO INDUTORES DE RESISTÊNCIA
EM TOMATEIRO CONTRA A MANCHA BACTERIANA

Autor: Luiz Gustavo de Oliveira Rosa
Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano Campus Morrinhos – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA.

MORRINHOS - GO
Julho - 2016

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

R788n Rosa, Luiz Gustavo de Oliveira.

Neonicotinoides como indutores de resistência em
tomateiro contra a mancha bacteriana. / Luiz Gustavo de
Oliveira Rosa. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2016.

25 f. : il. color.

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. *Solanum lycopersicum*. 2. neonicotinoides.
3. *Xanthomonas perforans*. I. Pontes, Nadson de Carvalho.
II. Instituto Federal Goiano. Mestrado Profissional em
Olericultura. III. Título

CDU 635.64

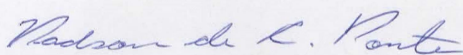
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

NEONICOTINOIDES COMO INDUTORES DE RESISTÊNCIA
EM TOMATEIRO CONTRA A MANCHA BACTERIANA

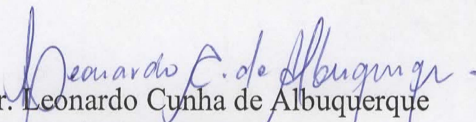
Autor: Luiz Gustavo de Oliveira Rosa
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração Manejo
Fitossanitário em Olerícolas.

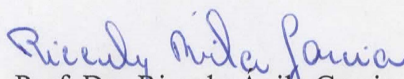
APROVADO em 01 de julho de 2016.



Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes
Presidente da Banca



Prof. Dr. Leonardo Cunha de Albuquerque
Avaliador Interno



Prof. Dr. Riccely Ávila Garcia
Avaliador externo

Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas de Goiatuba

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois somente ele tornou tudo isso possível.

Aos meus pais pela educação, luta na formação e exemplos de vida e de caráter.

Ao meu irmão e cunhada por estarem sempre presentes em minha vida.

A minha esposa pelos momentos juntos, compreensão, ajuda, suporte e amor.

Ao meu filho que a cada dia me dá mais força e vontade de viver e ser melhor no que faço.

Ao Professor Dr. Nadson de Carvalho Pontes que, sem sombra de dúvidas, além de um grande profissional é também um grande ser humano e sem ele e seu conhecimento este trabalho não seria possível

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luiz Gustavo de Oliveira Rosa, filho de Clesia de Oliveira Rosa e Paulo Rosa Mendonça, nasceu em 05 de outubro de 1984 em Uberlândia-MG. Em 2002, ingressou na Universidade Federal de Uberlândia no curso de Engenharia Agrônômica, terminando o mesmo no ano de 2007. De 2008 a 2010, trabalhou em empresas com produção e desenvolvimento de produtos sendo aprovado em concurso de defesa agropecuária no estado de Goiás, no ano de 2010, onde permanece até os dias atuais. Em 2014, ingressou no Instituto Federal Goiano Câmpus Morrinhos no programa de Mestrado em Olericultura.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES.....	vii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	2ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS.....	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8
CAPÍTULO 1.....	11
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO	13
2.MATERIAL E MÉTODOS	15
3.RESULTADOS E DISCUSSAO.....	19
4.CONCLUSÃO	22
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
6.ANEXOS	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 16 dias após a inoculação no primeiro ensaio para híbrido de tomates AP 533 tipo rasteiro. Instituto Federal Goiano, Morrinhos, Goiás, 2015.....	23
Gráfico 2. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 16 dias após a inoculação no segundo ensaio para híbrido de tomates AP 533 tipo rasteiro. Instituto Federal Goiano, Morrinhos, Goiás, 2015.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sintomas de fitointoxicação das plantas tratadas com as maiores doses de imidacloprido (IMD) e tiametoxan (TMT). Instituto Federal Goiano, Morrinhos, Goiás, 2015.....	22
Figura 2. Efeito do acibenzolar-S-metil (ASM), hidróxido de cobre (Cu(OH) ₂), imidacloprido (IMD) e tiametoxan (TMT) sobre o crescimento <i>in vitro</i> de <i>Xanthomonas perforans</i> . Instituto Federal Goiano, Morrinhos, Goiás, 2015.....	26

.

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS E UNIDADES

Símbolo ou sigla	Significado	Unidade
ASM	acibenzolar-s-metíl	g/L
NEO	Neonicotinoides	g/L
IMD	Imidacloprid	g/L
TMT	Tiamtozan	g/L

RESUMO

Rosa, Luiz Gustavo De Oliveira. Instituto Federal Goiano Câmpus Morrinhos. Julho de 2016 neonicotinoides como Indutores de Resistência em Tomateiro contra a Mancha Bacteriana. Orientador: Nadson de Carvalho Pontes. Coorientadora: Miriam Fumiko Fujinawa

A mancha bacteriana do tomateiro é uma das mais importantes doenças da cultura, pois causa redução na produtividade devido à destruição da área foliar diminuindo a taxa fotossintética da planta e, conseqüentemente, causa queda de flores e frutos em formação. O uso de indutores de resistência tem sido uma das maneiras de manejo da doença em áreas comerciais. O presente trabalho objetivou avaliar a indução de resistência de plantas de tomateiro (cv. AP 533) por meio do uso de inseticidas neonicotinoides. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Instituto Federal Goiano *Câmpus* Morrinhos. Foram avaliados os inseticidas imidacloprid (IMD) e tiametoxan (TMT), os quais foram comparados com acibenzolar-s-metil (ASM), um indutor de resistência registrado para o manejo da mancha bacteriana do tomateiro, e com um tratamento controle onde foi aplicado apenas água. Foram realizados 2 ensaios, sendo no primeiro avaliadas as concentrações 40, 217,5 e 200 g/L para ASM, IMD e TMT, e bem como a redução destas em 10 e 1%. Neste ensaio, houve fitotoxicidade pelo uso de IMD, nas concentrações 217,5 e 21,7 g/L, e de TMT na concentração de 200 e g/L. Nas demais concentrações houve redução da severidade da doença em relação ao tratamento controle, similar ao observado com o uso do ASM. No segundo ensaio eliminou-se a maior concentração de cada produto, sendo avaliada a diluição desta em 1:0, 1:100 e 1:1000. Observou-se redução da severidade da doença em todas as concentrações avaliadas dos princípios ativos em relação à testemunha. Foi avaliado o efeito direto dos inseticidas sobre o patógeno (*Xanthomonas perforans*) por meio de teste de disco de difusão. Em nenhuma das concentrações avaliadas observou-se inibição do crescimento bacteriano pelos princípios ativos IMD ou TMT. Este resultado corrobora a hipótese de que estes produtos possam induzir resistência em plantas contra bactérias fitopatogênicas.

PALAVRAS-CHAVE: Imidacloprid, *Solanum lycopersicum*, tiametoxam, *Xanthomonas perforans*.

ABSTRACT

Rosa, Luiz Gustavo De Oliveira. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. Julho de 2016 Neonicotinoids as Inducers of Resistance in Tomatoes against Bacterial Spot. Orientador: Nadson de Carvalho Pontes. Coorientadora: Miriam Fumiko Fujinawa

The tomato bacterial spot is one of the most important diseases at the crop because it may cause the reduction in productivity due to the destruction of leaf area, this way reducing the photosynthetic rate of the plant and therefore causing loss of flowers and fruits in development. The use of inductors of resistance has been one of the ways of disease management in the commercial areas. This study aimed to measure the tomato plant resistance induction (cv. AP 533) through the use of neonicotinoid insecticides. The experiment was conducted in a vegetation house at the Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. We evaluated the insecticide imidacloprid (IMD) and tiamethoxan (TMT), which were compared with acibenzolar-s-methyl (ASM), a resistance inductor registered on the management of tomato bacterial spot, and with a control treatment where was applied water. A number of two tests were conducted, the first being evaluated the concentrations of 40, 217.5 and 200 g / L ASM, IMD e TMT and as well as the reduction of these at 10 and 1%. In this assay, there was phytotoxicity by using IMD concentrations 217.5 and 21.7 g / L and the concentration of TMT and 200 g / L. In other concentrations it were observed a reduction of disease severity compared to the control treatment, similar to that were observed with the use of ASM. In the second trial were removed the higher concentration of each product, and It were evaluated in a dilution of 1: 0, 1: 100 and 1: 1000. There was a reduction of disease severity in all concentrations evaluated the active ingredients compared to control. It evaluated the direct effect of insecticides on the pathogen (*Xanthomonas perforans*) by diffusion disc test. At all of the concentrations tested, it was observed bacterial growth inhibition by the active principles IMD or TMT. This result supports the hypothesis that these products can induce the resistance in plants against a plant pathogenic bacteria.

KEY-WORDS: Imidacloprid, *Solanum lycopersicum*, tiametox, *Xanthomonas perforans*

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro é uma planta nativa da região andina que abrange parte do Chile, Colômbia, Equador, Bolívia e Peru, embora sua ampla domesticação tenha ocorrido no México (PERALTA et al., 2006). Os espanhóis introduziram o tomate no continente europeu no início do século XVI. Porém, sua utilização e expansão ficaram restritas à região e não houve expansão da cultura por quase dois séculos (HARVEY et al., 2002). Inicialmente acreditava-se que os frutos do tomate eram venenosos, devido a sua coloração avermelhada que, na época, era associada como perigo de morte e por isso a planta era utilizada apenas com finalidade ornamental (FILGUEIRA, 2000).

No Brasil, o hábito de consumo foi trazido por imigrantes europeus no final do século XIX. Atualmente, o tomateiro é amplamente cultivado no país, ocupando a sétima colocação entre os maiores produtores mundiais (FAOSTAT, 2013). O cultivo é realizado em praticamente todos os estados, mas sua produção destaca-se nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. O período de plantio é peculiar para cada região geográfica, em função das condições climáticas (FILGUEIRA, 2000).

Segundo dados do IBGE (2013), a área colhida no Brasil foi de 58.051 hectares com produção total 3.665.891 de toneladas. Os estados com maior produção foram Goiás, São Paulo e Minas Gerais, com 14.028, 10.160 e 6.886 hectares plantados, e produção de 1.145.878, 656.055 e 444.693 toneladas, respectivamente.

Dentre as condições críticas que limitam uma maior produtividade da cultura estão os problemas fitossanitários. O tomateiro é hospedeiro de inúmeros fitopatógenos, os quais podem inviabilizar o plantio em determinadas áreas, reduzir sua produtividade ou aumentar os custos de produção pela necessidade de aplicação de defensivos agrícolas. Dentre as doenças que acometem a cultura, a mancha bacteriana do tomateiro tem grande importância pelo potencial de dano tanto no segmento de produção para consumo *in natura*, quanto ao destinado ao processamento industrial, além de sua ampla disseminação em todas as regiões produtoras.

Os danos associados à mancha bacteriana do tomateiro se dão pela redução na produtividade devido à destruição da área foliar, que resultará em redução da capacidade fotossintética da planta, ou pela queda de flores e frutos em formação. Em cultivos rasteiros, cuja produção seja destinada ao processamento industrial, a desfolha poderá expor os frutos aos raios solares e, conseqüentemente, causar queda na qualidade da matéria-prima, em função da escaldadura (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2005). Em condições experimentais de campo, sob irrigação por aspersão, registrou-se uma redução de até 52% da produção de tomate para indústria devido à mancha-bacteriana (QUEZADO-DUVAL et al., 1998.)

De acordo com Jones et al. (2004), a doença está associada às bactérias *Xanthomonas vesicatoria*, *X. euvesicatoria*, *X. perforans* e *X. gardneri*. A espécie *X. perforans* tem sido a de maior prevalência nas lavouras de tomate para processamento industrial, tendo sido responsável por 98,90% dos casos da doença em áreas de produção para este fim (QUEZADO-DUVAL et al., 2013.)

As condições favoráveis para desenvolvimento da doença são temperaturas mais altas, entre 20°C e 30°C, e alta umidade. Cultivos conduzidos em épocas chuvosas, sujeitas a chuvas de granizo, ou conduzidos com irrigação por aspersão convencional ou pivô central, favorecem a ocorrência da mancha bacteriana. Ela também pode ocorrer em viveiros de produção de mudas que possuam irrigação por aspersão.

Os sintomas da mancha bacteriana ocorrem na parte aérea da planta em sua totalidade, podendo se manifestar desde o início do desenvolvimento da cultura se estendendo até a fase final. Nas folhas, os sintomas iniciais surgem na forma de pequenas áreas encharcadas de formato irregular, com bordas definidas. Podem também iniciar-se pelas bordas das folhas em decorrência do escorrimento da água de orvalho, chuva ou irrigação que se acumulou na superfície da folha.

Para o controle da mancha bacteriana do tomateiro são comumente utilizados produtos à base de cobre. Porém, o uso indiscriminado destes pode trazer problemas, como a seleção de populações do patógeno com resistência a este princípio ativo. Segundo Louws et al. (2001) foram identificados em pomares de citros da Argentina estirpes de *Xanthomonas* resistentes a produtos à base de cobre. Nascimento et al. (2013) verificaram baixa eficiência de produtos óxido cuproso e hidróxido de cobre no controle da mancha bacteriana quando utilizados em tomateiro industrial em relação à

testemunha não tratada. Maringoni et al. (1986) também relatam eficiência reduzida de tais produtos para o controle da doença.

Dentro do plano de controle racional de doenças em plantas, o manejo integrado simboliza estratégia mais efetiva de se reduzir as perdas nas culturas, por meio da combinação de diferentes medidas de controle, agindo de maneira mais duradoura e sustentável. Dentre as medidas de controle de doenças de plantas, podem-se citar alguns: adubação equilibrada, alqueive, controle biológico, controle químico, irrigação adequada, controle legislativo, uso de variedades resistentes e indução de resistência.

Como o uso contínuo do controle químico aumenta a pressão de seleção e induz as populações de patógenos à aquisição de resistência aos princípios ativos utilizados, o manejo integrado de doenças mostra-se essencial dentro de qualquer sistema produtivo. Segundo Vida et al. (2007), estratégias de manejo integrado de doenças de plantas podem ser agrupadas em medidas que visam a redução do inóculo inicial e aquelas que visam a redução da taxa de progresso da mancha bacteriana. Em relação a este segundo grupo, podemos destacar a indução de resistência.

A indução de resistência em plantas a patógenos é conhecida há mais de 50 anos (CHESTER, 1933; GAÜMANN, 1946; MÜLLER & BÖRGER, 1940). Entretanto, apenas muito tempo depois, o fenômeno começou a ser investigado de forma mais direcionada para uma aplicação prática, buscando aumento de produtividade de culturas através do controle de enfermidades de plantas. O tratamento prévio das plantas com agentes bióticos ou abióticos, antes da exposição aos patógenos, pode protegê-las contra fungos, bactérias e vírus. Essa proteção local ou sistêmica é devida à ativação de diferentes mecanismos latentes de resistência existentes nos vegetais, os quais podem então ser estudados mais detalhadamente.

O acibenzolar-S-metil (S-methyl benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbotioico, ASM) é classificado como um indutor de resistência de plantas. Ele é um análogo do ácido salicílico e, por consequente, é capaz de ativar os mecanismos de defesa pré-existentes, não possuindo toxicidade direta ao patógeno. Produtos com este modo de ação devem ser aplicados de maneira preventiva, antes do surgimento da doença.

No Brasil, este princípio ativo está registrado comercialmente pelo nome de Bion® (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo). Recomenda-se sua aplicação via foliar, sendo este posteriormente absorvido pela planta. O produto apresenta ação sistêmica, a qual permite ao princípio ativo deslocar-se pelas folhas e pelas raízes. Esta

ação sistêmica tem grande importância no manejo de fitobacterioses, visto a localização protegida do patógeno no interior dos tecidos vegetais e ausência de outros produtos que possam chegar a estes locais, sendo os cúpricos produtos de contato.

O ASM é recomendado para o controle da mancha bacteriana do tomateiro e constitui-se em uma importante ferramenta dentro do manejo integrado de doenças. Entretanto, em experimentos a campo realizados por Pontes et al. (2016) foi observada redução na produtividade quando realizadas as dez aplicações recomendadas na bula do produto comercial. No referido trabalho verificou-se maiores níveis de controle da doença em função do maior número de aplicações de ASM. Porém, quando o número de aplicações foi superior a oito estes tratamentos tiveram suas produtividades reduzidas, o que pode ser explicado pelo custo energético da indução de resistência das plantas tratadas.

Outras moléculas têm sido avaliadas quanto a capacidade de induzir resistência em plantas. Uma das linhas de pesquisa estudadas neste sentido é a utilização de inseticidas do grupo dos neonicotinoides como indutores de resistência em plantas contra fitopatógenos. Os princípios ativos que fazem parte deste grupo químico são inseticidas comumente utilizados no controle de insetos com aparelho bucal sugador. Possuem seletividade a determinados insetos e controle eficiente de outras espécies, o que possibilita aplicações em concentrações menores e em maiores intervalos de tempo. Os neonicotinoides são derivados da molécula de nicotina descobertos por volta de 1970.

O primeiro composto desta classe com atividade inseticida foi a nitiazina, este composto nunca foi comercializado, mas serviu de protótipo para síntese de outros que foram lançados no mercado por volta dos anos 1990. Os neonicotinoides de 1ª geração, como o IMD e ACT apresentam um grupamento cloropiridinil (CP) heterocíclico, enquanto que os de 2ª possuem um grupo clorotiazolidil (CT) heterocíclico, como o tiamethoxam.

Esses inseticidas não são degradados pelas acetilcolinesterases. Assim, agem como agonistas dos receptores de acetilcolina, na membrana das células pós-sinápticas, promovendo a abertura dos canais de sódio, com consequente hiperatividade nervosa. Isto leva ao colapso do sistema nervoso, acarretando na morte dos insetos. A vantagem desses compostos é que eles são altamente seletivos para os receptores nicotínicos de insetos quando comparados aos de mamíferos (TOMIZAWA & CASIDA, 2003).

Silva et al. (2012) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar inseticidas do grupo dos neonicotinoides como indutores de resistência em citros contra uma importante doença da cultura, o cancro cítrico causado por *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. Neste estudo avaliou-se o imidaclopride (IMD) em comparação ao ASM, quanto à capacidade de induzir resistência em laranja doce contra o cancro. Os produtos foram aplicados via “drench” na dose 0,75, 1,5 e 3 gramas de ingrediente ativo por planta. Foi realizado também o teste de crescimento bacteriano “in vitro”, onde foram utilizados os ingredientes ativos IMD, acetamiprida (ACT) e tiametoxan (TMT) nas doses de 0, 1,5, 12,5, 25, 50, 100 e 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de ingrediente ativo. Depois foi repetido para IMD nas doses 0, 750, 1000, 1500 e 3000 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Não houve efeito direto de nenhum dos produtos sobre o crescimento bacteriano “in vitro”. Porém, plantas tratadas com IMD apresentaram menor severidade da doença.

Em outro trabalho, Francis et al. (2009) avaliaram o efeito da aplicação foliar e via solo de duas doses de IMD comparadas ao indutor de resistência ASM e o ácido isonicotínico sobre o cancro cítrico em plantas jovens de citros. Observou-se uma maior redução da doença nos tratamentos realizados via “drench” em relação àqueles realizados via foliar tanto para IMD quanto para ASM. Entretanto, o IMD em doses elevadas resultou em sintomas de fitointoxicação nas folhas das plantas.

Os neonicotinoides são inseticidas comumente utilizados no controle de insetos com aparelho bucal sugador, possuem seletividade a determinados insetos e controle eficiente de outras espécies o que possibilita aplicações em concentrações menores em maiores intervalos de tempo. Os neonicotinoides são uma classe, derivados da molécula de nicotina, que foi descoberta por volta de 1970. O primeiro composto desta classe com atividade inseticida foi a nitiazina, este composto nunca foi comercializado, mas serviu de protótipo para síntese de outros que foram lançados no mercado em torno de 1990. Os neonicotinoides de 1ª geração, como o imidaclopride e acetamipride apresentam um grupamento cloropiridinil (CP) heterocíclico, enquanto, os de 2ª possuem um grupo clorotiazolidil (CT) heterocíclico, como o tiametoxam

Sabendo-se do efeito do uso de neonicotinoides na indução de resistência à bacterioses em citros, e devido a importância da mancha bacteriana na cultura do tomate industrial, objetivou-se avaliar o uso de diferentes tipos de neonicotinoides na indução de resistência a este patógeno para esta cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHESTER KS. The problem of acquired physiological immunity in plants. Q. Ver. Biol., 8: 275-324, 1933
- FAOSTAT (a) - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAOSTAT (2013) - Produtividade Mundial. Disponível em: . Acessado em: 20/01/2016.
- FILGUEIRA FAR. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças – Viçosa, UFV, 2000.
- FRANCIS MI, REDONDO A, BURNS JK, GRAHAM JH. Soil application of imidacloprid and related SAR-inducing compounds produces effective and persistent control of citrus canker. Eur. J. Plant Pathol. 124: 283–292, 2009.
- HARVEY M, QUILLEY S, BEYNON H. Exploring the tomato: transformations of nature, society and economy. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2002. 324p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção Agrícola. V. 29, n. 6, jun 2015. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2015/lspa_201506.pdf. Acesso em 20/Abril/ 2016.
- LOPES CA, QUEZADO-DUVAL MA. Doenças bacterianas. In: LOPES CA, ÁVILA AC (ed) Doenças do tomateiro. Brasília: Embrapa-CNPQ/Embrapa Hortaliças p. 62-64, 2005.
- LOUWS FJ, WILSON M, CAMPBELL HL, CUPPELS DA, JONES JB, SHOEMAKER, P. B., SAHIN, F., AND MILLER, S. A. 2001. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. Plant Dis.85:481-488
- MARINGONI AC, KUROSZAWA C, BARBOSA V, SILVA NETO JM. Controle químico da mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) do tomateiro. Summa Phytopathologica, 12: 92-101, 1986.

- MULLER KO, BORGER H. Experimentelle Untersuchungen über die Phytophthora Resistenz der Kartoffel. *Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt, Land-und Forstwirtschaft*, 23:189-231, 1940.
- NASCIMENTO, AR, FERNANDES PM, BORGES, LC, MOITA, AW, QUEZADO-DUVAL, AM. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. *Horticultura Brasileira*, 31: 15-24, 2013.
- PERALTA IE, KNAPP S, SPOONER DM. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *TGC Report*, 56: 6-12, 2006.
- PONTES NC, NASCIMENTO AR, GOLYNSKI A, MAFFIA LA, OLIVEIRA JR, QUEZADO-DUVAL AM. Intervals and Number of Applications of Acibenzolar-S-Methyl for the Control of Bacterial Spot on Processing Tomatoes. *Plant Disease*, in press (Firts Look), 2016.
- QUEZADO-DUVAL AM, INOUE-NAGATA AK, REIS A, PINHEIRO JB, LOPES CA, ARAÚJO ER, FONTENELLE MR, GUIMARÃES CMN, ROSSATO M, BECKER WF, COSTA H, FERREIRA MASV, DESTÉFANO SAL. Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil. Brasília: Embrapa, 2013 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- QUEZADO-DUVAL AM, SILVA VL, GIORDANO LB, LOPES CA. Redução na produtividade de tomateiro para processamento industrial devida à mancha bacteriana. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Olericultura, 1998, Petrolina-PE. *Horticultura Brasileira*, 1998. v. 16. p. 266.
- SILVA MRL, CANTERI MG, LEITE JR, R. P. Inseticida neonicotinoide induz resistência ao cancro cítrico em laranja doce. *Tropical Plant Pathology* 37: 65-75, 2012.
- TOMIZAWA M, CASIDA JE. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 339-364, 2003.
- VIDA JB, VERSIGNASSI JR, TESSMAN DJ, COLELLA JCT, CAIXETA, MP. Manejo de doenças em cultivos protegidos em condições tropicais. In: POLTRONIERI SL, VERSIGNASSI, JR. (Org.). *Pragas e doenças de cultivos amazônicos*. Belém/PA: , 2007, v. 1, p. 87-115.

CAPÍTULO I

INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA À MANCHA BACTERIANA EM TOMATEIRO POR NEONICOTINOIDES

(Normas de acordo com a revista Bioscience Journal)

RESUMO

O presente trabalho avaliou o efeito dos princípios ativos imidacloprido (IMD) e tiametoxan (TMT) sobre severidade da mancha bacteriana do tomateiro em diferentes doses. Foram realizados 2 ensaios, em que IMD (1500 a 1,5 mg i.a./planta) e TMT (250 a 0,25 mg i.a./planta) foram comparados ao acibenzolar-S-metil (=ASM, 200 a 0,2 mg i.a./planta) e à testemunha tratada apenas com água. Mudanças de tomate com 2 folhas verdadeiras foram transplantadas para vasos de 1L. Os produtos foram aplicados via solução aquosa no solo aos 0, 7 e 14 dias após o transplante (DAT). Aos 8 DAT, realizou-se a inoculação com um isolado de *X. perforans* (5×10^8 ufc/mL). Realizou-se a avaliação da severidade da doença aos 16 dias após a inoculação, por meio da estimativa do percentual de área foliar lesionada na terceira e quarta folhas mais velhas. Os tratamentos com IMD (1500 e 150 mg i.a./planta) e TMT (500 mg i.a./planta) ocasionaram a morte das plantas por fitointoxicação. Em todas as demais concentrações, os neonicotinoides apresentaram níveis de controle similares ao ASM, com redução significativa da severidade da doença. Em testes in vitro não se observou inibição de *X. perforans* pelos neonicotinoides, não havendo efeito direto destes sobre o patógeno. Com base nesses resultados, acredita-se que estes inseticidas possam atuar como indutores de resistência contra a mancha bacteriana do tomateiro.

Palavras-chave: imidacloprido, *Solanum lycopersicum* L., tiametoxan, *Xanthomonas perforans*.

CHAPTER I

INDUCED RESISTANCE TO BACTERIAL SPOT ON TOMATO BY NEONICOTINOIDS

(Normas de acordo com Bioscience Journal)

ABSTRACT

The present work valued the effect of the active beginnings imidacloprido (IMD) and tiametoxan (TMT) on severity of the bacterial stain of the tomato plant in different doses. There were carried out 2 tests, in which IMD (1500 to 1,5 mg i.a./planta) and TMT (250 to 0,25 mg i.a./planta) was compared to an acibenzolar-S-metil (=ASM, 200 to 0,2 mg i.a./planta) and to the witness treated only with water. Tomato seedlings with 2 true leaves were transplanted for pots of 1L. The products were applied road aqueous solution in the ground to 0, 7 and 14 days after the transplantio (DAT). To the 8 DAT, the inoculation happened with the isolated one of *X. perforans* (5×10^8 ufc/mL). There happened the evaluation of the severity of the disease to 16 days after the inoculation, through the estimate of the percentage of foliaceous area injured in the third one and fourth one you leaf out older. The treatments with IMD (1500 and 150 mg i.a./planta) and TMT (500 mg i.a./planta) caused the death of the plants for fitointoxicação. In all too many concentrations, the neonicotinoides presented levels of control similar to the ASM, with significant reduction of the severity of the disease. In tests in vitro there was not observed inhibition of *X. peforans* by the neonicotinoides, when straight effect is not you gave on the patógeno. On basis of these results, it is believed that these insecticides could act like resistance inductors against the bacterial stain of the tomato plant.

Keywords: Imidacloprido, Solanum lycopersicum L., Tiametoxan, Xanthomonas perforans.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma importante hortaliça, consumida e produzida em todo o mundo. Em 2015, a área plantada da cultura do tomateiro no Brasil correspondeu a 57.711 ha, com produção de 3.681.641 toneladas, cuja produtividade média corresponde a 63,8 t/ha (IBGE, 2015). O estado de Goiás tem grande importância no cenário nacional, sendo o maior produtor do país, com destaque para a produção destinada ao abastecimento das agroindústrias e chegando a 16% da produção nacional (VILELA et al., 2012).

Os problemas fitossanitários são fatores que limitam ganhos em produtividade e aumentam os custos de produção. No caso específico da cultura do tomateiro, epidemias de mancha bacteriana têm sido frequentemente observadas em áreas de cultivo no Brasil. A doença pode ser causada pelas espécies *Xanthomonas euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. gardneri* e *X. perforans* (JONES et al., 2004). Entretanto, as duas últimas têm sido encontradas em maior frequência nas lavouras brasileiras (QUEZADO-DUVAL & LOPES, 2010). A espécie *X. perforans* tem sido encontrada em aproximadamente 50,5% dos campos de cultivo de tomate para consumo *in natura* e 98,9% dos campos de tomate para processamento industrial, em levantamento realizado por Quezado-Duval et al. (2013).

A doença pode acometer qualquer órgão da parte aérea da planta (folhas, ramos, inflorescências e frutos), caracterizando-se inicialmente por pequenas áreas de tecido encharcado, de formato irregular, com bordas definidas, que evoluem para áreas necróticas, com halos amarelados. As lesões nas folhas podem coalescer, levando à desfolha, o que expõe os frutos ao sol e causando a escaldadura. (QUEZADO-DUVAL & LOPES, 2010). Em função disso, podem-se observar reduções em relação à produtividade na ordem de até 50%.

O controle químico tem sido pautado na utilização de fungicidas cúpricos, em função da indisponibilidade de cultivares com resistência apropriada, não adoção de determinadas práticas culturais, que poderiam reduzir a fonte de inóculo inicial da doença, e ausência de outros princípios ativos com eficácia (QUEZADO-DUVAL & LOPES, 2010). Entretanto, produtos à base de cobre, seja pelo uso contínuo ou pela tendência de redução do volume de calda aplicado, vêm perdendo sua eficiência. O excesso de aplicações de fungicidas cúpricos pode levar ao aparecimento de populações do patógeno resistentes ao cobre (MIRIK et al., 2007).

Nascimento et al. (2013) avaliaram diferentes princípios ativos, com vistas a identificar novas opções para o controle químico da mancha bacteriana do tomateiro. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, o acibenzolar-S-metil (ASM) apresentou grande potencial de controle da doença, corroborando com outros estudos a campo realizados fora do Brasil (LOUWS et al., 2001).

O ASM é um análogo do ácido salicílico, capaz de induzir resistência em plantas, pela ativação dos mecanismos de defesa pré-existentes na planta, não tendo nenhum efeito direto sobre o patógeno. Entretanto, Pontes et al. (2016) observaram redução da produtividade quando utilizadas as dez aplicações do ASM no ciclo de cultivo, conforme recomendado na bula do produto comercial (Bion®, Syngenta Proteção de Cultivos LTDA.). Desta forma, estes autores recomendam um máximo de sete aplicações para que não haja um gasto de energia excessivo com a indução de resistência.

Nesta mesma linha de ação, os neonicotinoides, inseticidas comumente utilizados no manejo de pragas na cultura do tomateiro, têm sido citados com indutores de resistência. Em diferentes trabalhos, os princípios ativos imidacloprido (IMD) e tiametoxan (TMT) reduziram a severidade do cancro cítrico, causado por *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, por meio da indução de resistência (FRANCIS et al., 2009; GRAHAM & MYERS, 2011; SILVA et al., 2012). Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência destes neonicotinoides na indução de resistência em tomate contra a mancha bacteriana do tomateiro, causada por *X. perforans*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Controle da mancha bacteriana em casa-de-vegetação por meio da aplicação de neonicotinoides via solo

Foram realizados dois ensaios em casa-de-vegetação para determinar o efeito dos neonicotinoides sobre a redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro. Foram utilizadas mudas do híbrido AP 533 da empresa Seminis. Estas foram produzidas em bandejas de polipropileno com 200 células cada contendo substrato comercial (Bioplant®). Aos 25 dias após a semeadura, quando apresentavam duas folhas verdadeiras, cada muda foi transplantada para um vaso de 0,5 L contendo mistura de areia, terra de subsolo e esterco de aves (proporção 1:2:1). Aos 10 e 20 dias após o transplântio (DAT), todas as plantas receberam 30 mL de solução nutritiva de um adubo comercial (Ouro Verde®, 2 g/L). Durante todo o período de realização dos experimentos, as plantas foram mantidas em casa-de-vegetação com irrigação por microaspersão, sendo aplicadas laminais diárias de aproximadamente 3,8 mm.

Os tratamentos consistiram da aplicação dos neonicotinoides IMD (Evidence®, Bayer S.A.), TMT (Actara®, Syngenta Proteção de Cultivos LTDA.), sendo comparados com o ASM (Bion®, Syngenta Proteção de Cultivos LTDA.) e com a testemunha onde houve aplicação apenas de água. Em relação à dose dos produtos, foram tomadas por base as quantidades aplicadas por Graham & Myers (2011) para indução de resistência em toranja (*Citrus × paradisi*) contra o cancro cítrico (ASM 0,2 g i.a./planta, IMD 1,48 g i.a./planta e TMT 0,25 g i.a./planta).

No primeiro ensaio, para cada produto, avaliou-se 100, 10 e 1% da dose utilizada para toranja por Graham e Myers (2011). No segundo ensaio, em função da fitotoxidez ocasionada pelos tratamentos com as maiores doses de neonicotinoides, avaliou-se a aplicação dos produtos em doses correspondentes a 10, 1 e 0,1% da dose recomendada por Graham e Myers (2011). Em cada ensaio, foram realizadas três aplicações dos tratamentos. No primeiro, estas foram realizadas aos 0, 7 e 14 DAT. Enquanto que, no segundo, as aplicações foram realizadas aos 7, 14 e 21 DAT.

As plantas foram inoculadas aos 8 DAT. Para tal, foi realizada a pulverização das plantas com suspensão bacteriana (5×10^7 ufc/mL) de um isolado de *Xanthomonas perforans* (EH 2012-22) com auxílio de um pulverizador manual. As avaliações foram

realizadas até os 16 dias após a inoculação, tendo por base o percentual de área foliar lesionada na terceira e quarta folha mais velha de cada planta (folhas completamente expandidas). Essa estimativa foi realizada com o auxílio da escala diagramática desenvolvida por Mello et al. (1997) para avaliação da mancha bacteriana do tomateiro. A parcela experimental foi constituída de duas plantas, sendo quatro repetições para cada tratamento. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro formulações (ASM, IMD, TMT e H₂O) e três diluições (100, 10 e 1% - primeiro ensaio - e 10, 1 e 0,1% - segundo ensaio).

2.2 Efeito dos neonicotinoides sobre o crescimento *in vitro* de *Xanthomonas perforans*.

Avaliou-se o efeito dos produtos sobre crescimento bacteriano *in vitro* do isolado EH 2012-22 de *Xanthomonas perforans* por meio do teste de disco-difusão em ágar, conforme descrito por Bauer e Kirby (1966). Em placas de Petri com 9cm de diâmetro foram adicionados 10 mL de meio de cultura Ágar Nutriente previamente autoclavado. Após a solidificação, foram semeados 100 µL de suspensão bacteriana (*X. perforans*, 5×10^8 ufc/mL), espalhadas na superfície do meio com o auxílio de uma alça de Drigalski. Após o semeio, foram distribuídos sobre o meio de cultura discos de papel filtro previamente autoclavados com 1 cm de diâmetro. Em cada disco foi depositada uma alíquota de 50 µL de suspensão dos produtos. Foram avaliadas as concentrações mais elevadas (20 mg de ASM, 148 mg de IMD e 25 mg de TMT por mL) e as mais baixas (0,02 mg de ASM, 0,148 mg de IMD e 0,025 mg de TMT por mL) utilizadas nos ensaios de casa-de-vegetação. Utilizou-se o hidróxido de cobre (Kocide®, 1,6 e 0,0016 mg i.a. /mL) e água destilada como controles positivo e negativo, respectivamente. Após a deposição dos produtos, as culturas foram incubadas em estufa bacteriológica à temperatura de 28°C por 48 horas. Decorrido este período, avaliou-se o tamanho do halo de inibição do crescimento bacteriano em função da possível ação antimicrobiana dos produtos avaliados. Este experimento foi conduzido em esquema fatorial (4 produtos x 2 concentrações + 1 testemunha), seguindo delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições para cada tratamento.

2.3. Análises estatísticas.

Atendido os pressupostos de homogeneidade de variâncias e normalidade do resíduo, os dados obtidos em ambos os experimentos foram submetidos à análise de variância, a fim de se observar os efeitos dos produtos e de suas doses sobre as variáveis avaliadas. Observadas diferenças significativas entre os tratamentos (F , $P \leq 0,05$), estes foram comparados pelo t de Student ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro ensaio, realizado em casa-de-vegetação, observou-se interação entre os fatores ‘produto’ e ‘doses’ (F , $P < 0,0001$). Não houve diferença entre as doses de ASM (F , $P = 0,25$) e entre os tratamentos apenas com água (F , $P = 0,66$). Entretanto, houve diferenças entre os tratamentos com diferentes doses de IMD e TMT (F , $P < 0,0001$). Nas plantas tratadas com as maiores doses de neonicotinoides (1,48 e 0,148 g de IMD/planta e 0,25 g de TMT/planta) observaram-se sintomas de fitointoxicação logo após a aplicação. A continuidade destes tratamentos levou à morte das plantas (Figura 1). A fitotoxidez proporcionada por estes tratamentos é compreensível, em função destas doses terem por base a aplicação em toranja utilizadas em campo por Graham & Myers (2011).

As doses de IMD e TMT recomendadas para o tomateiro estão em torno de 3,5 a 7 mg i.a./planta, considerando a densidade de 20 a 40 mil plantas por hectare. Estes valores são inferiores aos valores utilizados como referência, o que pode explicar a fitotoxidez. Entretanto, estão dentro do intervalo entre as doses de IMD e TMT avaliadas no presente estudo. Como não há relatos de indução de resistência à doença por neonicotinoides em outras culturas, optou-se por ter como referência as doses descritas por Graham e Myers (2011), uma vez que a indução de resistência pode sofrer interferência da concentração do indutor (HUANG et al., 2012).

Os tratamentos no primeiro ensaio com IMD (1,48 g/planta) e TMT (0,25 e 0,025 g/planta) reduziram a severidade final em relação à testemunha tratada apenas com água (Figura 2). Os tratamentos com ASM, em todas as doses avaliadas, foram superiores aos demais (t , $P = 0,05$). Estes resultados corroboram a hipótese de que estes

neonicotinoides têm a capacidade de induzir resistência em plantas contra fitopatógenos, como observado para o cancro cítrico (FRANCIS et al., 2009; GRAHAM & MYERS, 2011; SILVA et al., 2012).

No segundo ensaio, após a análise de variância, observou-se efeito apenas dos produtos ($F, P < 0,0001$) em relação à severidade final. Não houve efeito da dose ($F, P = 0,65$) e nem da interação deste fator com os produtos ($F, P = 0,69$). Os tratamentos com ASM, IMD e TMT diferiram da testemunha tratada apenas com água ($t, P = 0,05$). Entretanto, apenas o IMD conseguiu obter resultados similares ao ASM em relação à redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro (Figura 3).

Em relação à avaliação do efeito antimicrobiano do IMD e TMT em relação à *X. perforans* não houve efeito das concentrações ($F, P = 0,12$) e nem da interação entre concentrações e produtos ($F, P = 0,07$) para a variável halo de inibição. Entretanto, houve diferença entre os produtos ($F, P < 0,0001$). Observou-se a formação de halo de inibição apenas nos discos com aplicação de hidróxido de cobre (Figura 4). Desta forma, não há efeito direto do IMD e TMT sobre *X. perforans*, assim como para ASM. Silva et al. (2012) também não observaram atividade antimicrobiana de ASM, IMD e TMT sobre isolados de *X. citri* subsp. *citri*. Estes resultados corroboram com a hipótese de que os neonicotinoides não têm efeito direto sobre o patógeno, e sim na ativação dos mecanismos de defesa da planta contra fitopatógenos.

O efeito do ASM sobre a redução da severidade da mancha bacteriana está diretamente relacionado ao aumento da intensidade de enzimas que atuam nas rotas de defesa da planta contra fitopatógenos, como a peroxidase (aumenta a deposição de lignina nos tecidos das folhas) e a polifenoloxidase (realiza a degradação oxidativa de compostos fenólicos) (CAVALCANTI et al., 2006). Segundo Silva et al. (2012), alguns inseticidas podem ocasionar modificações fisiológicas e morfológicas nas plantas.

Em trabalho realizado por Francis et al. (2009), foi possível observar maior expressão do gene *PR-2* em resposta à aplicação de neonicotinoides. Este gene é responsável pela síntese da enzima β -1,3 glucanase que atua como elicitor para as respostas de defesa, através da liberação de fragmentos glicosídicos do patógeno e da parede celular da planta. Em plantas de tomateiro tem apresentado um aumento dos níveis de β -1,3-glucanase em resposta à ocorrência da mancha bacteriana, o que demonstra papel importante desta enzima nas respostas de defesa à doença (Ciardi et al., 2000).

O IMD, quando absorvido pelas plantas, é transformado em inúmeros metabolitos, cujo principal é o 6-CNA (ácido 6-cloro-nicotínico). Este subproduto está diretamente associado à ativação de resistência das plantas. Porém, ele está propenso a se aglomerar nos elementos crivados do floema, facilitando que aconteça clorose internerval nas folhas mais velhas, principalmente em doses mais altas (SUR & STORK, 2003). Isto pode justificar os sintomas de fitointoxicação ocasionados por doses mais elevadas do IMD.

A aplicação do IMD via solo tem-se demonstrado mais efetiva na indução de resistência contra o cancro cítrico em relação à via foliar (Francis, et al., 2009). A liberação e absorção gradual dos neonicotinoides nas raízes, bem como o crescimento contínuo das mesmas, possibilita uma maior translocação e absorção contínua do produto (SUR & STORK, 2003). Porém, os neonicotinoides são praticamente insolúveis e têm lenta movimentação no solo, não sendo recomendada sua utilização por sistemas de irrigação via aspersão (GRAHAM & MYERS, 2013). Tais fatores sugerem a necessidade de se estudar melhor o efeito do modo de aplicação dos neonicotinoides sobre a indução de resistência à mancha bacteriana do tomateiro.

Em contraste com a redução da produtividade, observada por Pontes et al. (2016) em tomateiro pela aplicação de ASM, em ensaios de campo com laranjas e toranja com aplicações no solo de IMD, TMT e ASM realizados por Graham e Myers (2011), não se observou efeitos negativos destes produtos sobre o crescimento (GRAHAM & MYERS, 2011). Apesar disso, estudos a campo são necessários para determinar o efeito destes produtos sobre o controle da mancha bacteriana e em relação à produtividade do tomateiro.

Segundo Graham e Myers (2013), a principal vantagem da incorporação dos neonicotinoides no manejo do cancro cítrico é a redução das aplicações sucessivas de produtos à base de cobre. Neste patossistema, onde já existem diversos relatos de ocorrência de populações do patógeno com resistência ao cobre, tal modificação no manejo da doença é importante por adicionar mais uma opção de controle. No caso do manejo da mancha bacteriana do tomateiro, além disso, há a possibilidade de garantir a eficiência dos fungicidas cúpricos ao longo dos anos, visto que ainda não se identificou isolados do patógeno com resistência ao cobre no Brasil.

Com base no presente estudo, fica claro o efeito dos neonicotinoides, com destaque para o IMD, no controle da mancha bacteriana do tomateiro. Entretanto, novos trabalhos devem ser realizados, para melhor entender o efeito dos neonicotinoides como indutores de resistência em plantas de tomateiro industrial. Além disso, ajustes em

relação às doses e trabalhos a nível de campo devem ser realizados, tendo por fim a possibilidade de incorporar estes princípios ativos nos programas de manejo da doença. Sendo assim, pode-se concluir que o uso de IMD e TMT tiveram efeito na indução de resistência em plantas de tomateiro industrial.

4. CONCLUSÃO

Como conclusão deste trabalho pode-se afirmar que os produtos TMT e IMD tiveram efeito semelhante ao ASM no que se diz a indução de resistência a Mancha Bacteriana na cultura do tomateiro industrial. Para os testes de disco de difusão não ocorreu formação de halo de inibição para TMT, IMD e ASM, reforçando o conceito de indução de resistência pelo uso destes neonicotinoides.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUER AW, KIRBY WM, SHERRIS JC, TURCK M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am J Clin Pathol.* 45: 493-496, 1966.
- CAVALCANTI FR, RESENDE MLV, ZACARONI AB, RIBEIRO JÚNIOR PM, COSTA JCB, SOUZA R. Acibenzolar-S-Metil e Ecolife® na Indução de Respostas de Defesa do Tomateiro Contra a Mancha Bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). *Fitopatologia Brasileira.* 31(4), jul - ago 2006.
- CIARDI JA, TIEMAN DM, LUND ST, JONES JB, STALL RE, KLEE HJ. Response to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Tomato Involves Regulation of Ethylene Receptor Gene Expression. *Plant Physiol.* Vol. 123, 2000.
- FILGUEIRA FAR. Novo manual de Olericultura: agroecologia moderna na produção e comercialização de hortaliças – 3 edição. Viçosa, MG. Ed UFV, 2008.
- FRANCIS MI, REDONDO A, BURNS JK, GRAHAM JH. Soil application of imidacloprid and related SAR-inducing compounds produces effective and persistent control of citrus canker. *Eur. J. Plant Pathol.* 124: 283–292, 2009.
- GRAHAM JH, MYERS ME. Integration of soil applied neonicotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. *Crop Protection*, 54: 239-243, 2013.
- GRAHAM JH, MYERS ME. Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar-S-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. *Plant Disease*, 95: 725-728, 2011.
- HUANG CH, VALLAD, GE, ZHANG S, WEN A, BALOGH B, FIGUEIREDO JFL, BEHLAU F, JONES JB, MOMOL MT, OLSON SM. 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*, 96: 221-227, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEORADIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção Agrícola. V. 29, n. 6, jun 2015. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2015/lspa_201506.pdf. Acesso em 20/Abril/ 2016.
- JONES JB, LACY GH, BOUZAR H, STALL RE, SCHAAD NW. Reclassification of the *Xanthomonas* associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and Applied Microbiology*, 27: 755-762, 2004.
- LOUWS FJ, WILSON M, CAMPBELL HL, CUPPELS DA, JONES JB, SHOEMAKER PB, SAHIN F, MILLER SA. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. *Plant Dis.* 85:481-488, 2001.

- MELLO SC, TAKATSU A, LOPES CA. Escala diagramática para avaliação da mancha-bacteriana do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 22: 447-448, 1997.
- MIRIK M, AYSAN Y, CINAR O. Copper-resistant strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Pathology* 89: 153-154, 2007.
- NASCIMENTO AR, FERNANDES PM, BORGES LIC, MOITA AW, QUEZADO-DUVAL AM. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. *Horticultura Brasileira*, 31: 15-24, 2013.
- PONTES NC, NASCIMENTO AR, GOLYNSKI A, MAFFIA LA, OLIVEIRA JR, QUEZADO-DUVAL AM. Intervals and Number of Applications of Acibenzolar-S-Methyl for the Control of Bacterial Spot on Processing Tomato. *Plant Disease*, 100: 2126-2133, 2016.
- QUEZADO-DUVAL AM, INOUE-NAGATA AK, REIS A, PINHEIRO JB, LOPES CA, ARAÚJO ER, FONTENELLE MR, GUIMARÃES CMN, ROSSATO M, BECKER WF, COSTA H, FERREIRA MASV, DESTÉFANO SAL. Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil. Brasília: Embrapa, 2013 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- QUEZADO-DUVAL AM, LOPES CA. Mancha bacteriana: uma atualização para o sistema de produção integrada de tomate indústria. *Embrapa Hortaliças (Circular Técnica, 84)*: 28p. 2010.
- SILVA MRL, CANTERI MG, LEITE JR, RP. Inseticida neonicotinoide induz resistência ao cancro cítrico em laranja doce. *Tropical Plant Pathology*, 37: 65-75, 2012.
- SUR R, STORK A. Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. *Bulletin of Insectology*, 56: 35-40, 2003.
- VILELA NJ, MELO PCT, BOITEUX LS, CLEMENTE FMVT. Perfil Socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. IN: CLEMENTE FMVT, BOITEUX L. *Produção de Tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa, 2012.

TABELAS E FIGURAS

Figura 1. Sintomas de fitointoxicação das plantas tratadas com as maiores doses de imidacloprido (IMD) e tiametoxan (TMT).

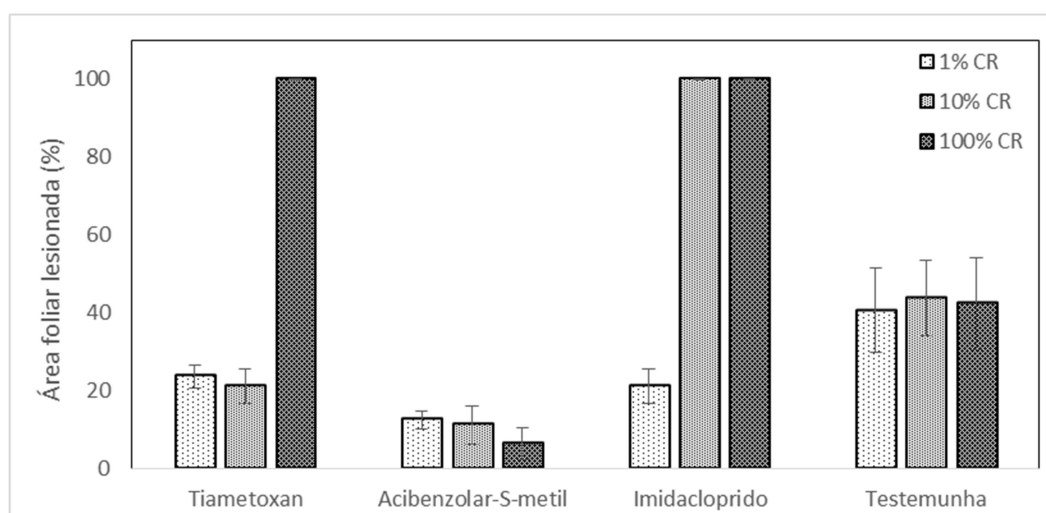


Figura 2. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 16 dias após a inoculação no primeiro ensaio. DR= dose de referência (0,2 g acibenzolar-S-metil, 1,48 g imidacloprido e 0,25 g timaetoxan por planta). As barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

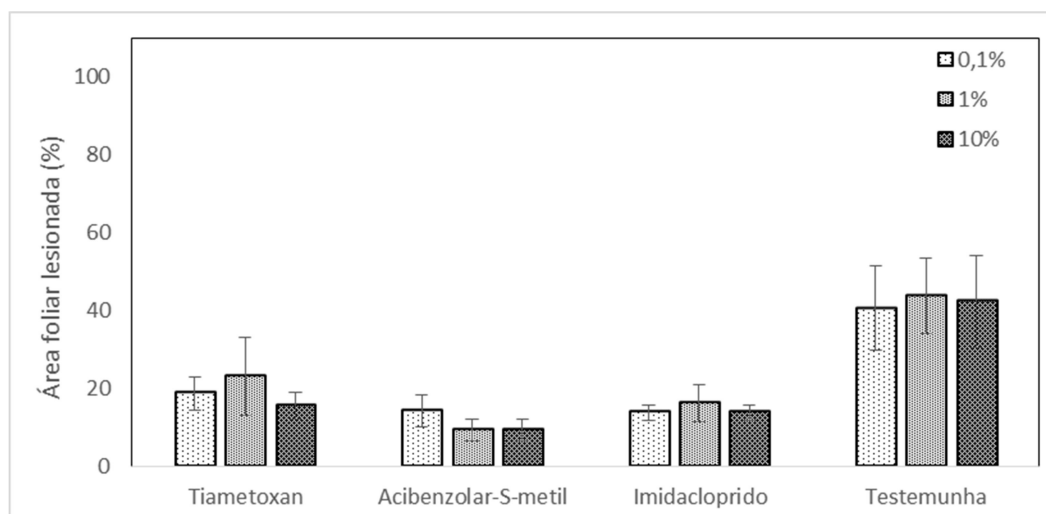


Figura 3. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 16 dias após a inoculação no segundo ensaio. DR= dose de referência (0,2 g acibenzolar-S-metil, 1,48 g imidacloprido e 0,25 g tiametoxan por planta). As barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

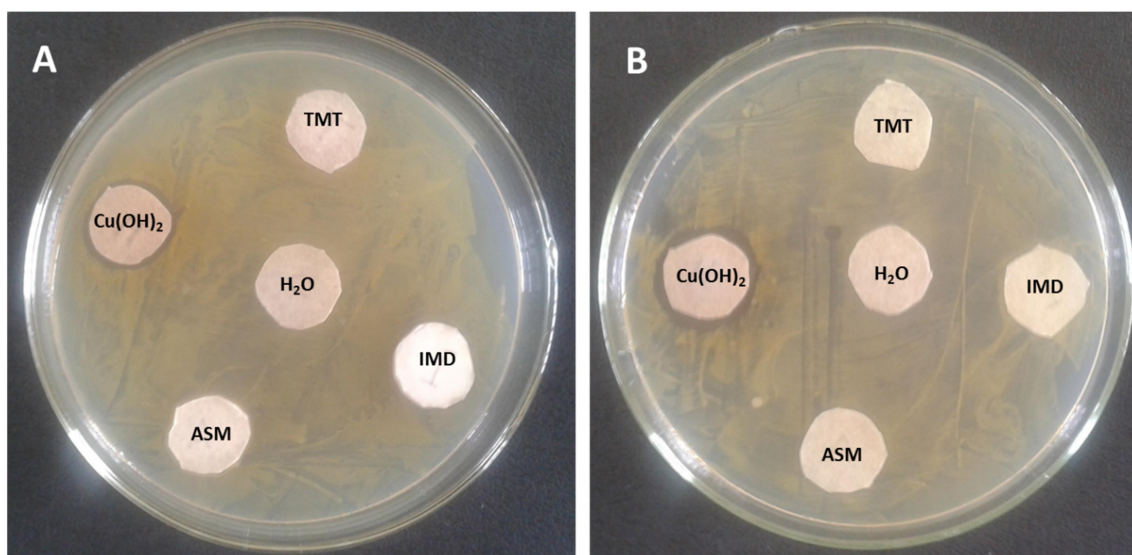


Figura 4. Efeito do acibenzolar-S-metil (ASM), hidróxido de cobre (Cu(OH)_2), imidacloprido (IMD) e tiametoxan (TMT) sobre o crescimento *in vitro* de *Xanthomonas perforans* nas concentrações mais elevadas (A, 20 mg de ASM, 148 mg de IMD e 25 mg de TMT por mL) e as mais baixas (B, 0,02 mg de ASM, 0,148 mg de IMD e 0,025 mg de TMT por mL) utilizadas nos ensaios de casa-de-vegetação. Os tratamentos controle foram o hidróxido de cobre (Kocide®, 1,6 e 0,0016 mg i.a. /mL) e água destilada.