

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

PODE UM FERTILIZANTE CONTENDO
MANANOLIGOSSACARÍDEO DERIVADO DE *Saccharomyces*
cerevisiae CONTROLAR A MANCHA BACTERIANA DO
TOMATEIRO EM CULTIVO PARA PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL?

Autor: Heloisa do Nascimento e Silva

Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

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

PODE UM FERTILIZANTE CONTENDO
MANANOLIGOSSACARÍDEO DERIVADO DE
Saccharomyces cerevisiae CONTROLAR A MANCHA
BACTERIANA DO TOMATEIRO EM CULTIVO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL?

Autora: Heloisa do Nascimento e Silva
Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

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

PODE UM FERTILIZANTE CONTENDO
MANANOLIGOSSACARÍDEO DERIVADO DE
Saccharomyces cerevisiae CONTROLAR A MANCHA
BACTERIANA DO TOMATEIRO EM CULTIVO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL?

Autora: Heloisa do Nascimento e Silva
Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes

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 - Área de Concentração Olericultura.

MORRINHOS – GO
2018

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

S586p Silva, Heloisa do Nascimento e.

Pode um fertilizante contendo mananoligossa derivado de *Saccharomyces cerevisiae* controlar a mancha bacteriana do tomateiro em cultivo para processamento industrial? / Heloisa do Nascimento e Silva. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2018.

55 f. : il.

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2018.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Indução de resistência. 3. *Xanthomonas*. 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
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

PODE UM FERTILIZANTE CONTENDO
MANANOLIGOSSACARÍDEO DERIVADO DE
Saccharomyces cerevisiae CONTROLAR A MANCHA
BACTERIANA DO TOMATEIRO EM CULTIVO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL?

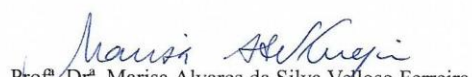
Autora: Heloisa do Nascimento e Silva
Orientador: Nadson de Carvalho Pontes

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

APROVADA em 15 de março de 2018



Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes
Presidente da Banca



Prof. Dr. Marisa Alvares da Silva Velloso Ferreira
Avaliadora Externa
Universidade de Brasília



Dr. Marcos Donizeti Revoredo
Avaliador Externo
Alltech Crop Science, Improcrop do Brasil Ltda

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, por sempre me abençoar, iluminar e permitir o melhor em minha vida.

Ao meu orientador, Nadson de Carvalho Pontes, por todo conhecimento transmitido.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pela concessão de auxílio financeiro, em especial Luiza responsável pela chamada 03/2016.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, funcionários, alunos, colegas e professores, que contribuíram em minha Pós-graduação.

A Raphaela e equipe do laboratório, por todo suporte, apoio, eficiência, participação e disposição em todas as atividades relacionadas ao meu trabalho.

Ao viveiro Brambilla, que forneceram as mudas para que eu pudesse realizar os experimentos.

As amigas que o mestrado me deu, Lorena Lopes, Laysla Coelho, Thayssa Monize e Mylla Crysthyan, Iara Cristina e Alyne Chaveiro, pelo incentivo, convívio e companheirismo.

Aos membros da banca, por concordarem em fazer parte desse momento tão especial.

Aos meus pais, Elizabeth e Divino, irmão Rafael, cunhada Karlla e meus sobrinhos, Rodrigo, Pedro e Henrique, por sempre acreditarem em mim e me apoiar.

Ao meu namorado Leonardo, por literalmente me ajudar nesse mestrado, por seu companheirismo e paciência, durante esse período da minha vida.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA DO AUTOR

HELOISA DO NASCIMENTO E SILVA, filha de Divino Rodrigues do Nascimento e Elizabeth Honória da Silva Nascimento, nasceu em 10 de janeiro de 1987, na cidade de Palmeiras de Goiás-GO.

Em março de 2016, graduou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás – Campus Palmeiras de Goiás. Em março de 2016 iniciou no curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO I	2
RESUMO	2
ABSTRACT	3
1.1 INTRODUÇÃO	4
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	5
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
1.4 CONCLUSÃO	13
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO II	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	20
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
1.4 CONCLUSÃO	26
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CONCLUSÃO GERAL	31

RESUMO

SILVA, HELOISA DO NASCIMENTO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, fevereiro 2018. **Pode um fertilizante contendo mananoligossacarídeo derivado de *Saccharomyces cerevisiae* controlar a mancha bacteriana do tomateiro em cultivo para processamento industrial?** Orientador: Nadson de Carvalho Pontes.

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no mundo. O estado de Goiás destaca-se como o principal produtor de tomate para processamento industrial. Estima-se que existam mais de 100 doenças que acometam esta cultura. Dentre elas, a mancha bacteriana é responsável por grandes prejuízos. A doença é causada por quatro espécies de *Xanthomonas*, prevalecendo no Centro-Oeste do Brasil a espécie *X. perforans*. A principal forma de controle tem sido feita com produtos à base de cobre, porém sem grande eficiência. Além dos cúpricos, tem-se utilizado o princípio ativo acibenzolar-S-metil (ASM), com registro indicado para controle da mancha bacteriana. Apesar da eficiência do ASM no controle da mancha bacteriana do tomateiro, há relatos de possível comprometimento da produtividade. Outros produtos também têm sido avaliados como indutores de resistência, como alguns componentes de origem microbiana. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial de um fertilizante foliar à base de mananoligossacarídeo (FMOS), formulado a partir de metabólitos produzidos na fermentação de *Saccharomyces cerevisiae*, como ferramenta no manejo mancha bacteriana do tomateiro. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e em campo no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. No capítulo 1, é descrito o estudo conduzido em casa de vegetação. O experimento consistiu da avaliação do efeito do ASM e do FMOS no manejo da mancha bacteriana em duas variedades de tomateiro: Ohio 8245 (moderadamente resistente) e Yuba (altamente suscetível). As plantas foram submetidas a 5 tratamentos: FMOS (Agro Mos®, 3,3mL p.c./L) via solo (tratamento 1) e foliar (tratamento 2), ASM (Bion®, 0,08 g p.c./L) via solo (tratamento 3) e foliar (tratamento 4) e aplicação de água via pulverização (controle). Foram realizadas 3 aplicações: no transplante, aos 7 dias e 14 dias após o transplante (DAT). A inoculação ocorreu aos 10 DAT. O experimento foi repetido 3 vezes, sendo em duas os tratamentos desafiados com *X. gardneri* e uma com *X. perforans*. A avaliação da severidade foi realizada aos 14 dias após a inoculação. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com 5 repetições para cada tratamento. Esquema fatorial 2x5, sendo 2 variedades e 5 tratamentos. Os dados de severidade foram comparados por meio do teste t de Student. O efeito dos produtos foi

mais pronunciado na variedade Ohio 8245, que foi mais resistente que Yuba. ASM foi eficiente em reduzir a severidade em dois dos ensaios realizados, tanto com inoculação com *X. gardneri* como *X. perforans*, enquanto FMOS em apenas um e apenas quando aplicado por pulverização da parte aérea. No capítulo 2, é descrito o experimento realizado à campo em que se avaliou o efeito do FMOS sobre o manejo da mancha bacteriana em cultivo rasteiro de tomateiro. O experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, em esquema fatorial 3x2 (3 tratamentos avaliados com e sem inoculação). Os tratamentos consistiram da testemunha não tratada, ASM e FMOS. As aplicações iniciaram aos 7 DAT, com intervalo de 7 dias. Após 7 aplicações, realizou-se um complemento com 6 aplicações de hidróxido de cobre. As plantas foram inoculadas com um isolado de *X. perforans* aos 38 DAT. Ambos os tratamentos reduziram a severidade da doença nas parcelas inoculadas. Houve maior produtividade nas parcelas não inoculadas. Entretanto, o tratamento com FMOS, além de reduzir a severidade, promoveu incremento da produtividade, não havendo diferenças para esta variável entre as parcelas com e sem inoculação. O FMOS demonstra potencial para o manejo da mancha bacteriana do tomateiro. Estudos adicionais são necessários para conhecimento do seu modo de ação.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, indução de resistência, *Xanthomonas*.

ABSTRACT

SILVA, HELOISA DO NASCIMENTO. Goiano Federal Institute - Campus Morrinhos, february 2018. **Can a mannanoligosaccharide-containing fertilizer derived from *Saccharomyces cerevisiae* control the bacterial spot in processing tomato crop?**
Advisor: Nadson de Carvalho Pontes

Tomato is one of the most consumed vegetables in the world. The Goiás state stands out as the main tomato produce for industrial processing. It is estimated that there are more than 100 diseases that affect this culture. Among them the bacterial spot is responsible for great damages. This is caused by four *Xanthomonas* species, prevailing species *X. perforans* in the Brazil Center-West. The main form of control has been made with copper-based products, but without great efficiency. In addition to them, the active principle acibenzolar-S-methyl (ASM) has been used, registered to control the bacterial spot. Despite the ASM efficiency in the disease control, there are also reports of a possible productivity compromise. Other products have also been evaluated as inductors, such as some components of microbial origin. Considering these factors, the present study aimed to evaluate the potential of foliar fertilizer based on manoligosaccharide (FMOS), a product formulated from metabolites produced in the *Saccharomyces cerevisiae* fermentation, as resistance inducer for tomato bacterial spot control. The experiments were carried out in greenhouse and field at the Goiano Federal Institute Campus Morrinhos. In Chapter 1, the greenhouse study is described. The experiment consisted of the ASM and FMOS effect evaluation on bacterial spot control in two tomato varieties: Ohio 8245 (moderately resistant) and Yuba (highly susceptible). The plants were submitted to five treatments: FMOS (Agro Mos®, 3,3mL p.c./L) by soil (treatment 1) and foliar (treatment 2), ASM (Bion®, 0.08g pc / L) by soil (treatment 3) and foliar (treatment 4) and water application by spraying (control). Three applications were carried out: in transplanting, at 7 days and 14 days after transplanting (DAT). The inoculation occurred at 10 DAT. The experiment was repeated 3 times, with two treatments challenged by *X. gardneri* and one by *X. perforans*. Severity assessment was performed at 14 days after inoculation. The experimental design was completely randomized with 5 repetitions for each treatment. Factorial scheme 2x5, being 2 varied and 5 treatments. The severity data were compared by the T Student test. The effect of the products was more successful in Ohio 8245, that was more resistant than Yuba. ASM was efficient in reducing severity in two of the assays performed, both

with *X. gardneri* and *X. perforans* inoculation whereas FMOS was in only one assay and only when applied by aerial spray. In chapter 2, there is described the field experiment that evaluated the FMOS effect on bacterial spot control in tomato shall cultivation. The experiment was carried out in a randomized block design with 4 replicates, in a factorial scheme 3x2 (three treatments evaluated with and without inoculation). Treatments consisted of the untreated control, ASM and FMOS. The applications started at 7 DAT, with a seven-day interval. After 7 applications, a complement was carried out with 6 applications copper hydroxide applications. The plants were inoculated with an *X. perforans* isolate at 38 DAT. Both treatments reduced the severity of the disease in the inoculated plots. There was higher productivity in the uninoculated plots. However, treatment with FMOS, in addition to reducing the severity, promoted an increase in productivity, with no differences for this variable between the plots with and without inoculation. FMOS demonstrates potential for tomato bacterial spot control. Further studies should be conducted to better understand its action mode.

Key words: *Solanum lycopersicum*, resistance inducer, *Xanthomonas*.

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo (MELO et al., 2014). No entanto, seu cultivo é complexo, pois mais de 100 doenças já foram relatadas nesta espécie hospedeira (REIS et al., 2012). Entre elas, as doenças bacterianas, como a mancha bacteriana que pode gerar perdas e comprometer boa parte da produção (QUEZADO-DUVAL; LOPES, 2012).

A mancha bacteriana é considerada uma das doenças mais destrutivas em cultivos de tomateiro. Ela está associada a quatro espécies do gênero de *Xanthomonas*: *X. euvesicatoria*, *X. gardneri*, *X. perforans* e *X. vesicatoria* (JONES et al., 2004). A mancha bacteriana aparece com frequência em lavouras que são cultivadas em épocas chuvosas ou irrigadas, com temperaturas elevadas, em que os ventos levam as partículas de solo e respingos de água disseminando a doença. Os sintomas aparecem inicialmente nas folhas da base da planta, são notadas manchas encharcadas que resultam em seca progressiva e nos frutos podem aparecer lesões de coloração marrom, deprimidas e de tamanho variado (QUEZADO-DUVAL; LOPES, 2010).

O controle da doença se baseia na utilização de fungicidas cúpricos, o que pode levar ao surgimento de populações do patógeno resistentes ao cobre (MIRIK et al., 2007). Uma alternativa promissora para o controle da mancha bacteriana é a indução de resistência. Um fertilizante foliar à base de mananoligossacarídeo, formulado a partir de metabólitos produzidos na fermentação de *Saccharomyces cerevisiae*, tem sido descrito como capaz de reduzir a severidade de doenças de plantas por meio da indução de resistência (COSTA et al., 2010).

O objetivo desse estudo foi avaliar o potencial deste produto para o controle da mancha bacteriana do tomateiro destinado ao processamento industrial.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância econômica da cultura do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma planta nativa da América do Sul, oriundo de uma zona que compreende o Chile, Colômbia, Equador, Bolívia e Peru, a qual se considera como o centro de origem do tomate, porém sua domesticação teve início no México (DUSI et al., 1993). Pertence à família Solanaceae, sendo atualmente a segunda hortaliça com maior importância econômica entre as hortaliças no Brasil, atrás da batata (LUZ et al., 2010). É uma das culturas mais importantes, apresentando tendência ao crescimento da produção (JUNIOR et al., 2015). Classifica-se como um dos mais importantes produtos do agronegócio, em nível nacional e mundial (VILELA et al., 2012).

O tomate é uma hortaliça presente diariamente na dieta alimentar da maioria da população brasileira. Em 2016, foi a segunda hortaliça mais produzida no Brasil. O último levantamento sobre a área cultivada no país, mostrou que Goiás produziu mais de 978 mil toneladas em uma área superior a 12 mil hectares, correspondendo a 26,17% da produção nacional, com produtividade a 81t/ha, com isso Goiás lidera o ranking nacional como maior produtor desta olerícola no país (IBGE, 2017). O Brasil está entre os maiores produtores de tomate industrial do mundo, ocupando o 7º lugar com produção de 1,45 milhão de toneladas com área de 18 mil hectares, estando atrás dos USA, Itália, China, Espanha, Turquia e Portugal (COLVINE, 2017).

2.2 A mancha bacteriana do tomateiro

As bactérias fitopatogênicas são importantes patógenos de plantas, tanto pelas doenças que causam, como pela facilidade em se disseminar e a dificuldade de controle das doenças que elas causam (ROMEIRO, 2013). Uma importante doença, seja pela cultura que afeta, ou pelo potencial de dano, é a mancha bacteriana do tomateiro. Esta doença foi observada inicialmente em plantas de tomate na África do Sul (JONES; STALL, 1998), podendo ser causada por quatro espécies de *Xanthomonas* (*X. vesicatoria*, *X. euvesicatoria*, *X. perforans* e *X. gardneri*) (QUEZADO-DUVAL et al., 2013). Segundo levantamentos mais recentes, nas lavouras para processamento industrial na região central do país, tem prevalecido a espécie *X. perforans*. (ARAÚJO et al., 2016). Em cultivos de tomate para mesa, principalmente em regiões de clima mais frio, *X. gardneri* tem sido a espécie predominante (QUEZADO-DUVAL et al., 2013).

O surgimento dos sintomas da mancha bacteriana é favorecido em lavouras que são cultivadas em épocas chuvosas ou irrigadas por aspersão. Sua disseminação é rápida, devido às temperaturas elevadas e ventos que levam as partículas de solo e respingos de água. Os sintomas da doença começam pelas folhas da base da planta. Inicia-se com manchas encharcadas que resultam em seca progressiva, reduzindo a área foliar nos frutos. Podem aparecer lesões de coloração marrom, deprimida, de tamanho variado de acordo com a variedade de tomateiro (QUEZADO-DUVAL; LOPES, 2010). A destruição foliar expõe os frutos à queima pelo sol, afetando diretamente a qualidade destes por influenciar características importantes para industrialização como, coloração de polpa e teor de sólidos solúveis (QUEZADO-DUVAL et al., 2015).

As principais fontes de inóculo são sementes contaminadas, plantas voluntárias, restos de cultura e plantas daninhas. Dentro da lavoura, a disseminação se dá pela ação conjunta do vento e da água de irrigação ou da chuva (aerossóis), pelo próprio homem ou por implementos usados nas operações de plantio e manejo da cultura. A dificuldade do controle se dá em função do início precoce de epidemias da doença, aparecimento de populações resistentes aos químicos, ausência de cultivares com alto grau de resistência

disponíveis no mercado e disseminação rápida em condições favoráveis (QUEZADO-DUVAL; LOPES, 2012).

O controle químico da mancha bacteriana tem sido realizado frequentemente com produtos à base de cobre. Com o uso elevado número de aplicações desses produtos ao longo do ciclo de cultivo, pode ocorrer seleção de populações de patógeno com resistência, tornando ineficientes as aplicações de fungicidas cúpricos para o controle da doença (LOUWS et al., 2001). Atualmente, o princípio ativo acibenzolar-S-metil é um dos poucos produtos, além dos cúpricos, que possuem registro para a cultura no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) com indicação para o controle da mancha bacteriana no tomateiro (MAPA, 2017), tendo como modo de ação a ativação dos mecanismos de defesa da planta pelo processo de indução de resistência.

2.3 Indução de resistência no controle de doenças de plantas

Segundo Walling (2000), é chamado de indução de resistência o processo pelo qual a planta expressa aumento de sua capacidade de resistência, elicitado por estímulos ambientais específicos, sendo efetiva contra patógenos, parasitas, fungos, bactérias, vírus, nematoides, plantas parasitas e até insetos. Dessa forma, ativa as defesas vegetais impedindo a entrada ou colonização de patógenos ou parasitas. A exposição prévia a patógenos ou o pré-tratamento com agentes bióticos ou abióticos pode induzir resistência local ou sistêmica nas plantas (MÉTRAUX, 2001).

A resistência final das plantas resulta numa combinação de barreiras físicas e químicas que são pré-formadas ou induzidas na planta após a infecção, sem qualquer alteração no genoma desta. Alguns mecanismos como a cutícula, componentes da parede celular vegetal e metabólitos secundários são exemplos de defesas pré-formadas. Após a detecção do patógeno, a planta ativa defesas, como por exemplo, a reação de hipersensibilidade, o aumento da expressão de genes relacionados à defesa, a produção de compostos antimicrobianos ou a formação de lignina (GOMÉZ-GOMÉZ, 2004). Estes são denominados mecanismos de defesa pós-formados.

Segundo Vallad; Goodman (2004), há duas formas de indução de resistência: a resistência sistêmica adquirida (SAR) e resistência sistêmica induzida (ISR). A diferença entre elas se dá pelo agente indutor e pela rota pela qual este processo é sinalizado no hospedeiro. Enquanto SAR é ativada quando a planta é exposta a microrganismos, virulentos, avirulentos ou indutores químicos, ISR é ativada por rizobactérias promotoras de crescimento vegetal, algas e bactérias (STICHER et al., 1997). Segundo Carvalho (2012), a aplicação de determinados compostos químicos, ativam mecanismo de defesas das plantas, podendo ocorrer reação de necrose ou transmissão de sinais bioquímicos que podem induzir outras partes da planta a produzir compostos de defesa.

A indução de resistência em plantas pode ser ativada por agentes bióticos e abióticos. Como exemplo de agente abiótico de indução de resistência, tem-se o acibenzolar-S-metil (ASM), que é um indutor químico comercializado em muitos países, que induz resistência contra patógenos em diversas espécies de plantas (REIGNAULT; WALTERS, 2007). Em contrapartida, Pontes et al. (2016) observaram que elevado número de aplicações de ASM (acima de oito), mesmo promovendo a redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro, reduziram a produtividade em cultivo rasteiro. Assim, recomenda-se seu uso de maneira controlada, pois o gasto energético com a indução de resistência pode reduzir o rendimento da cultura.

Entre os agentes bióticos, pode-se encontrar alguns microrganismos patogênicos e não patogênicos capazes de ativar os mecanismos de defesa de plantas. Em estudo realizado por Campos et al. (2009), um isolado avirulento de *Colletotrichum lindemuthianum* reduziu drasticamente a antracnose no feijoeiro por meio da indução de resistência. Extratos obtidos a partir da cultura de *Pycnoporus sanguineus*, fungo que costuma crescer sobre troncos de árvores, mostraram eficientes no controle da mancha angular do feijoeiro, por meio do aumento das atividades de enzimas ligadas a defesa da planta, indicando sua ação como indutor de resistência (VIECILLI et al., 2009).

Alguns trabalhos citam o fungo *Saccharomyces cerevisiae* (levedura bastante utilizada na indústria de bebidas e alimentos) ou seus componentes como possíveis

indutores de resistência. O extrato dessa levedura aplicados em cevada foi responsável por aumentar a resistência ao oídio, além de reduzir a perda do rendimento dos grãos (REGLINSKI et al., 1994). Este fato se torna de grande interesse quando é sabido que alguns componentes celulares de *S. cerevisiae* têm sido utilizados como base para insumos agrícolas. O extrato dessa levedura contém vários componentes que podem eliciar respostas de defesa na planta (BOLLER, 1995). Zanardo *et al.* (2009), verificou que a levedura comercial *S. cerevisiae* contém frações indutoras de resistência à antracnose em pepineiro.

2.4 Mananoligossacarídeo e o controle de doenças de plantas

Em processos biotecnológicos utilizando *S. cerevisiae*, um dos subprodutos gerados é o mananoligossacarídeo (MOS) proveniente da parede celular da levedura. Este subproduto pode ser encontrado na formulação de um fertilizante foliar (Agro Mos®, Alltech Crop Science), estando biocomplexado com alguns importantes nutrientes de plantas, como cobre, enxofre e zinco.

O fertilizante à base de MOS (FMOS) tem mostrado efeito positivo no controle de diversas doenças em videira, batata, alho, pêssego, manga, mamão, melão, pimentão, pepino e tomate. O FMOS quando usado sozinho ou em conjunto com fungicidas tradicionais tem reduzido a incidência de oídio e míldio na videira (GOMES et al., 2009).

Gomes et al. (2016), observou que o FMOS reduziu o diâmetro das lesões causadas pela antracnose e incrementaram a qualidade de pós-colheita em frutos de goiabeira. Ensaio técnicos realizados em Patos de Minas (MG), levaram a concluir que o FMOS promove respostas fisiológicas na atividade e concentração dos indicadores de indução de resistência, preservando o estado fisiológico e nutricional da planta de tomate (FAGAN, 2015). Para Rodrigues et al. (2016), a utilização de biofertilizantes na proteção de plantas tende a reduzir a incidência de doenças. Neste sentido, esses autores observaram que aplicações preventivas de FMOS reduziram a severidade da mancha

bacteriana do tomateiro, podendo constituir-se de uma medida eficiente de manejo da doença.

Em experimentos com maracujá (*Passiflora edulis* Sims), o tratamento com o FMOS proporcionou frutos com maior massa fresca, incremento no teor de sólidos solúveis dos frutos, maior acidez titulável (ácido cítrico) e menor severidade da mancha bacteriana causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflora*, concluindo que este pode ser eficaz no controle de doenças do maracujazeiro, contribuindo também para o incremento da produtividade (JUNQUEIRA et al., 2011). Pinto et al. (2012) observaram que o produto, sozinho ou em combinação, reduziu a incidência de *Plasmopara viticola* na videira.

Segundo o fabricante, o FMOS ativa os mecanismos de resistência natural, apresenta caráter sistêmico, com diferentes mecanismos de ação e é persistente por longo período de tempo (DANTAS et al., 2004). É um produto composto de sólidos solúveis de fermentação que confere efeito tônico às plantas, podendo compensar o gasto energético dispensado no processo de indução de resistência. Assim, a possibilidade de usar este produto como indutor de resistência contra a mancha bacteriana do tomateiro, sem comprometer a produtividade, pode fazer com que este seja importante ferramenta para a realização do manejo da doença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT - MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2017, 20 de setembro. *Sistema de agrotóxico fitossanitários*. Disponível em http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons/
- ARAÚJO ER; COSTA JR; FERREIRA MASV; QUEZADO-DUVAL AM. 2016. Widespread distribution of *Xanthomonas perforans* and limited presence of *X. gardneri* in Brazil. *Plant Pathology* 1: 1-10.
- BOLLER T. 1995. Chemoperception of microbial signals in plant cell. *Plant Molecular Biology* 46: 189-214.
- CAMPOS AD; HAMPE MMV; FERREIRA AG; ANTUNES IF; CASTRO LAS. 2009. Indução de Resistência sistêmica à antracnose em feijoeiro comum pela raça delta avirulenta de *Colletotrichum lindemuthianum*. *Pesquisa agropecuária Brasileira*. 44: 15-21.
- CARVALHO NL. 2012. Resistência genética induzida em plantas cultivadas. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 7: 1379-1390.
- COLVINE, S. Production estimate of tomatoes for processing.WPTC. 2017, 15 de setembro. Disponível em <http://www.gandolfiparma.com/wp-content/uploads/2016/10/WPTC-World-Production-estimate-as-of-30-September-2016.pdf/>
- COSTA JCB; RESENDE MLV; RIBEIRO JÚNIOR PM; CAMILO FR; MONTEIRO ACA; PEREIRA RB. 2010. Indução de resistência em mudas de cacauero contra *Moniliophthora perniciosa* por produto à base de mananoligossacarídeo fosforilado. *Tropical Plant Pathology* 35: 285-294.
- DANTAS SAF; TAVARES SCCH; OLIVEIRA SMA; COELHO RSB; CAVALCANTI VALB; SILVA RLX. 2004. Indutores de resistência a patógenos Pós colheita de manga. *Summa Phytopathologica* 30: 314-319.
- DUSI AN; LOPES CA; OLIVEIRA CAS; MOREIRA HM; MIRANDA JEC; CHARCHAR JM; SILVA JLO; MAGALHÃES JR; BRANCO MC; REIS NVB; MAKISHIMA N; FONTES RR; PEREIRA W; HORINO Y. 1993. *Coleção*

Plantar tomateiro (para mesa). Brasília – DF: Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. p. 9-10.

- FAGAN E; DANTAS SAF; TAVARES SCCH; OLIVEIRA SMA; COELHO RSB. 2015. Respostas fisiológicas de plantas de tomate tipo industrial tratadas com Agro Mos®. *Alltech crop Scienc*.
- GOMES ECS; PEREZ JO; BARBOSA J. 2009. Resistência como componente do manejo de doenças da videira. *Engenharia ambiental* 6: 114-120.
- GOMES RSS; DEMARTELAERE ACF; NASCIMENTO LC; MACIEL WO; WANDERLEY DBNS. 2016. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). *Summa Phytopathologica* 42: 149-15.
- GÓMEZ-GÓMEZ L. 2004. Plant perception systems for pathogen recognition and defence. *Molecular Immunology*, 41: 1055-1062.
- IBGE (2017). Levantamento sistemático da produção agrícola. [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201701.pdf/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201701.pdf/).
- JONES JB; LACY GH; BOUZAR H; STALL RE; SCHAAD NW. 2004. Reclassification of the xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic of applied microbiology* 27: 755-762.
- JONES JB; STALL RE. 1998. Diversity among Xanthomonads pathogenic on pepper and tomato. *Annu.Rev. Phytopathol* 36: 41-58.
- JUNIOR ARS; RIBEIRO WM; NASCIMENTO AR; SOUZA CB. 2015. Cultivo do tomate industrial no estado de Goiás: Evolução das áreas de plantio e produção. *Conjuntura econômica goiana* 34: 107.
- JUNQUEIRA KP; FALEIRO FG; UESUGI CH; JUNQUEIRA NTV; BELLON G; SANTOS EC; RAMOS LN. 2011. Desempenho agrônômico de maracujazeiros tratados com produtos alternativos e fertilizantes foliares. *Ver. Bras. Frutic.*33: 40-47.
- LOUWS FJ; CAMPBELL HL; CUPPELS DA; JONES J.B; SHOEMAKER PB; SAHIN F; MILLER AS. 2001. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. *Plant Dis.* 85:481-488.
- LUZ JMQ; BITTAR CA; QUEIROZ AA; CARREON R. 2010. Produtividade de tomate ‘Débora Pto’ sob adubação organomineral via foliar e gotejamento. *Horticultura Brasileira* 28: 489-494.
- MELO NC; SOUZA LC; SILVA VFA; GOMES RF; NETO CFO; COSTA DLP. 2014. Cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. *Agroecossistemas*: 6: 10-16.

- MÉTRAUX JP. 2001. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. *European Journal of Plant Pathology* 107: 13-18.
- MIRIK M; AYSAN Y; CINAR O. 2007. Copper-resistance strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*(Doidge) Dye in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Pathology* 89: 153-154.
- PINTO KMS; NASCIMENTO LC; GOMES ECS; SILVA HF; MIRANDA JR. 2012. Efficiency of resistance elicitors in the management of grapevine downy mildew *Plasmopara viticola*: epidemiological, biochemical and economic aspects. *European Journal of Plant Pathology* 134:745–754.
- PONTES NC, NASCIMENTO AR, GOLYNSKI A, MAFFIA LA, OLIVEIRA JR; QUEZADO-DUVAL AM. 2016. Intervals and number of applications of acibenzolar-S-methyl for the control of bacterial spot on processing Tomato. *Plant Dis.* 100:2126-2133.
- QUAZADO-DUVAL AM; LOPES CA. 2012. Melhoramento genético. In: CLEMENTE F.M.V.T.; BOITEUX L.S. (eds). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 206-208.
- QUEZADO-DRUVAL AM; INOUE-NAGATA AK; REIS A; PINHEIRO JB; LOPES CA; ARAÚJO RA; FONTENELLE MR; COSTA JR; GUIMARÃES CMN; ROSSATO M; BECKER WF; COSTA H; FERREIRA MASV; DESTÉFANO SAL. 2013. *Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil*. Embrapa Hortaliças Boletim de pesquisa e desenvolvimento 100.p. 5-35.
- QUEZADO-DUVAL AM; LOPES CA. 2010. Mancha bacteriana: uma atualização para o sistema de produção integrada de tomate indústria. *Embrapa Hortaliças* 84: 03-04.
- QUEZADO-DUVAL AM; LOPES CA. 2012. Doenças Bacterianas. In: CLEMENTE FMVT; BOITEUX LS. (eds). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 205.
- QUEZADO-DUVAL, AM; PONTES, NC; FILHO, AFS; BORGES, ML. 2015. Sensibilidade ao cobre de *Xanthomonas perforans* em tomateiro para processamento: comportamento em um ciclo de cultivo e caracterização das populações em lavouras comerciais. Embrapa Hortaliças Boletim de pesquisa e desenvolvimento. 4-5.
- REGLINSKI T; LYON GD; NEWTON AC. 1994. Assessment of the ability of yeast-derived elicitors to control berley powdery mildew in the field. *Journal of plant diseases and protection* 101: 1-10.

- REIGNAULT P; WALTERS D. 2007. Topical application of inducers for disease. In: WALTERS D; NEWTON A; LYON G. *Induced resistance for plant defense: a sustainable approach to crop protection* 10: 179-200.
- REIS A; LOPES CS. 2012. Doenças causadas por fungos e distúrbios fisiológicos. FMVT; BOITEUX LS. (eds). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 179.
- RODRIGUES VWB; BUENO TV; TEBALDI ND. 2016. Biofertilizantes no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. *Summa Phytopathologica*, 42: 94-96.
- ROMEIRO, RS. 2013. *Bactérias fitopatogênicas*. UFV, 2° ed, 35-37.
- STICHER LB; MAUCH-MANI B; MÉTRAUX JP. 1997. Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology* 35: 235-270.
- VALLAD GE; GOODMAN RM. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science* 44: 1920-1934.
- VIECELLI CA; STANGARLIN JR; KUHN OJ; SCHAWAN-ESTRADA KRF. 2009. Indução de resistência em feijoeiro por filtrado de cultura de *Pycnoporus sanguineus* contra *Pseudocercospora grisela*. *Tropical Plant Pathology* 34: 87-96.
- VILELA NJ; MELO PCT; BOITEUX LS; CLEMENTE FMVT. 2012. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. In: CLEMENTE FMVT; BOITEUX LS. (eds). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 17.
- WALLING LL. 2000. The myriad plant responses to herbivores. *Jornal Plant Regulation*. 9: 195-216.
- ZANARDO NMT; PASCHOLATI SF; FIALHO MB. 2009. Resistência de plântulas de pepineiro a *Colletotrichum lagenarium* induzida por frações de extrato de *Saccharomyces cerevisiae*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 1499-150.

CAPÍTULO I

Resposta diferencial de variedades de tomateiro quanto à severidade da mancha bacteriana em função do uso de indutores de resistência

(Normas de acordo com a revista Horticultura Brasileira)

RESUMO

No presente estudo, buscou-se determinar a eficiência de indutores de resistência na supressão da mancha bacteriana do tomateiro em variedades com diferentes níveis de resistência quantitativa. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, seguindo o delineamento experimental inteiramente ao acaso com 5 repetições para cada tratamento. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x5, sendo duas variedades, Yuba (suscetível) e Ohio 8245 (resistente) e cinco tratamentos: acibenzolar-S-metil (ASM) via foliar, ASM via solo, fertilizante à base de mananoligossacarídeo (FMOS) via foliar, FMOS via solo e testemunha tratada apenas com água (controle). Foram realizadas três aplicações para cada tratamento. A inoculação ocorreu 3 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Foram realizados 3 ensaios, sendo em 2 utilizado um isolado de *Xanthomonas gardneri* e em um *X. perforans*. Aos 14 dias após a inoculação, procederam-se as avaliações de severidade final da mancha bacteriana. Com base nos resultados obtidos, pode-se observar maior resposta aos tratamentos pela aplicação dos indutores pela variedade mais resistente, Ohio 8245. O efeito da redução da severidade por ASM foi mais consistente que FMOS. Nenhum dos produtos proporcionou redução da severidade para *X. perforans*, observando-se apenas efeito da variedade.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, biofertilizante, indução de resistência.

ABSTRACT

In the present study it is sought to understand resistance inducers efficiency in suppressing the tomato bacterial spot in varieties with different levels of quantitative resistance. The experiment was carried out in a greenhouse, following a completely randomized experimental design with 5 repetitions for each treatment. The experiment was in a factorial scheme 2x5, with two varieties (Yuba and Ohio 8245) and five treatments: acibenzolar-S-methyl (ASM) by leaf, ASM by soil, mannose-folic acid fertilizer (FMOS) by foliar, FMOS by soil and control treated with water (control). Three applications were made for each treatment. The inoculation occurred 3 days after the second application of the treatments. Three tests were performed, two were used to isolate *Xanthomonas gardneri* and one *X. perforans*. At 14 days post inoculation the evaluation of the final severity to bacterial spot was carried out. Based on the results obtained, it is possible to observe a greater response to the treatments by the application of the inductors by the Ohio 8245 variety, which presents a higher level of resistance. The effect of reducing ASM severity was more consistent than FMOS. None of the products provided a reduction of severity for *X. perforans*, observing only effect of the variety.

KEY WORDS: *Solanum lycopersicum*, biofertilizer, resistance induction.

1.1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças de maior importância econômica no mundo, por ser amplamente cultivada em diferentes regiões do globo e pelos valores de área plantada e volume de produção (Santos *et al.*, 2011). Dessa forma, o manejo fitossanitário nesta cultura é de extrema importância para reduzir os impactos socioeconômicos em função de perdas ocasionadas por pragas e doenças.

No Brasil, a mancha bacteriana do tomateiro tem sido apontada como importante doença da cultura. Em levantamento realizado em regiões produtoras de tomate, abrangendo 13 unidades federativas, a doença esteve presente em 65% das áreas de cultivo para mesa e em 88% das áreas destinadas à produção de tomate para indústria (Quezado-Duval *et al.*, 2013). Como agentes etiológicos da doença, prevalecem no Brasil as espécies *Xanthomonas gardneri* e *X. perforans* (Pereira *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2016).

A mancha bacteriana do tomateiro é responsável por perdas significativas em lavouras de tomate (Quezado-Duval; Lopes, 2010). Seus sintomas aparecem inicialmente nas folhas, a partir da base da planta, inicia-se com manchas necróticas, que resultam em seca progressiva, reduzindo a área fotossintética. Nos frutos podem aparecer lesões de coloração marrom, deprimidas, de tamanho variável, que prejudicam a qualidade para o segmento de mercado. No segmento de indústria, a desfolha provoca a queima dos frutos pelo sol, reduzindo sua qualidade para processamento, além de poder reduzir a produtividade em até 40% (Quezado-Duval *et al.*, 2014).

Existem diferentes genes que conferem resistência total à doença no germoplasma de tomate ou em espécies aparentadas (Stall *et al.*, 2009). Entretanto, o rápido surgimento de novas raças do patógeno faz com que não haja interesse na introdução destes em materiais comerciais. A resistência horizontal passa a ser uma opção, havendo disponibilidade de materiais com níveis elevados de resistência quantitativa, sendo utilizados como fontes deste tipo de resistência nos programas de melhoramento (Pontes *et al.*, 2012).

A medida de controle tradicionalmente utilizada no manejo da mancha bacteriana do tomateiro é a aplicação de produtos à base de cobre. Entretanto, há preocupação com o uso intensivo destes produtos, pela possibilidade da seleção de isolados do patógeno com resistência ao cobre (Quezado-Duval; Lopes, 2010). Há no mercado produtos que são registrados para o manejo da mancha bacteriana na cultura do

tomate com ação de indução de resistência, como o acibenzolar-S-metil (ASM), cuja eficiência para o controle da doença já foi avaliada (Louws *et al.*, 2001). Além deste, diversos produtos com origem biótica e abiótica, têm sido relatados como indutores de resistência à mancha bacteriana do tomateiro (Araújo; Menezes, 2009).

Os avanços nas pesquisas envolvendo a indução de resistência a doenças de plantas têm resultado na descrição de novos produtos, que apresentam maior eficácia, estabilidade e menor impacto ao ambiente (Resende *et al.*, 2007). Um fertilizante foliar à base de mananoligossacarídeo proveniente da parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* obtido após o processo de fermentação tem sido relatado por diversos autores como indutor de resistência em plantas contra patógenos (Piccinin *et al.*, 2005; Bonaldo; Pascholati 2007; Zanardo *et al.*, 2009). Foi observado efeito deste fertilizante na redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro (Rodrigues *et al.*, 2016).

A eficiência do indutor de resistência em reduzir a severidade de doenças de plantas pode ser afetada por diferentes fatores, incluindo o genótipo do hospedeiro (Walters *et al.*, 2005). Hijwegen & Verhaar, (1994) observaram que a redução da severidade do míldio pulverulento em pepino pela indução de resistência pelo ácido isonicotínico foi mais pronunciada em variedades que apresentavam maior nível de resistência quantitativa. Em relação à mancha bacteriana em pimentão, Romero *et al.* (2001) observaram efeito do ASM na redução da severidade em todos os genótipos avaliados, sejam eles portadores de genes de resistência ou não. Em contrapartida, em estudo realizado por Goodwin *et al.* (2017), observou-se respostas diferenciadas de linhagens de tomateiro à indução de resistência contra *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* por ASM, sendo algumas linhagens classificadas como não responsivas ao indutor. Sendo assim, no presente estudo, procurou-se entender a eficiência do ASM e do fertilizante à base de mananoligossacarídeo (FMOS) em suprimir a severidade da mancha bacteriana do tomateiro em variedades com diferentes níveis de resistência quantitativa.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação com controle de temperatura (máxima de 30°C) e irrigação por aspersão. Foram realizados três ensaios, sendo em dois avaliados os tratamentos, mediante a inoculação do isolado EH 2006-52 de *X. gardneri*, e um com o isolado EH 2012-22 de *X. perforans*.

Foram utilizadas as cultivares Ohio 8245 e Yuba, sendo esta última utilizada como padrão de suscetibilidade. Para obtenção das mudas, realizou-se semeio em bandeja de poliestireno expandido com 450 células contendo substrato comercial de fibra de coco (Golden Mix, Amafibra®), colocando-se uma semente por célula. Após 30 (primeiro ensaio com *X. gardneri*) e 42 (demais ensaios) dias da semeadura, as mudas foram transplantadas para vasos de 0,5 L, contendo uma mistura de terra de subsolo, areia e esterco (2:1:1). As mudas transplantadas foram irrigadas diariamente, três vezes ao dia, totalizando 3 mm de lâmina de irrigação. Um termômetro foi instalado a 1,70 m de altura no centro da casa de vegetação, e diariamente foram registradas as temperaturas mínimas, máximas e umidade do ar.

A cada quinze dias, realizou-se aplicação de fertilizante com 50 mL de solução de um produto formulado (Ouro verde®, 3 g/L) por vaso a fim de suprir as necessidades nutricionais das plantas. As plantas foram submetidas a cinco tratamentos: aplicação de FMOS (Agro Mos®, 3,33 mL p.c./L) via solo (tratamento 1) e foliar (tratamento 2), aplicação de ASM (Bion®, 0,085 g p.c./L) via solo (tratamento 3) e foliar (tratamento 4), e aplicação de água destilada via pulverização (tratamento 5, controle). Em cada aplicação, utilizou-se 37 mL de cada solução por planta, seja por pulverização foliar ou vertido diretamente no solo próximo ao colo da planta. Foram realizadas três aplicações, sendo a primeira no dia do transplante, e as demais aos 7 e 14 dias após o transplante (DAT). Estes tratamentos foram avaliados nas variedades Ohio 8245 e Yuba, as quais apresentam níveis de resistência quantitativa diferentes (Pontes *et al.*, 2012), sendo a primeira mais resistente, resultando em um fatorial 5x2 (cinco tratamentos e duas variedades).

A inoculação das plantas ocorreu aos 10 DAT. Para tal, os isolados do patógeno, então preservados em água estéril, foram recuperados pelo semeio em placas contendo meio nutriente ágar (NA). As culturas foram mantidas em câmara de crescimento a 28°C por 72 horas. Colônias isoladas típicas do patógeno foram repicadas para novas placas contendo meio NA e mantido em câmara de crescimento a 28°C por 48 horas. Após este período, a massa bacteriana foi coletada com solução salina (NaCl 0,9%), e a suspensão obtida foi ajustada em espectrofotômetro para O.D.₆₀₀=0,3, e corresponde aproximadamente 5×10^8 ufc/ml.

A inoculação se deu pela pulverização da suspensão bacteriana em cada planta. As plantas foram avaliadas aos 14 dias após a inoculação (DAI). Utilizou-se a escala diagramática desenvolvida por Mello *et al.* (1997) para determinar o percentual de área

foliar lesionada da terceira e quarta folhas verdadeiras de cada planta. Durante o período entre inoculação e a última avaliação, às medias de temperatura máxima, mínima e umidade foram de 30,7°C, 21,1°C, 74,2%, para o primeiro ensaio com *X. gardneri*, e de 27,1 °C, 20,1 °C, 70,7%, para os demais.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com cinco repetições para cada tratamento. A parcela experimental foi constituída de dois vasos, cada um contendo uma planta. Os dados de severidade foram submetidos à análise de variância (F, $P \leq 0,05$) para verificar o efeito dos fatores, bem como a interação entre eles. Havendo diferenças entre os tratamentos, estes foram comparados por meio do teste t de Student ($P \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAS 9.2 (Statistical Analysis System, SAS Institute, Cary, NC), por meio do procedimento GLM.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ensaio, em que houve inoculação com *X. gardneri*, ao se avaliar os dados de severidade tomados aos 14 DAI, observou-se interação significativa entre os fatores ‘tratamentos’ e ‘variedades’ (F, $P = 0,0054$). Para a variedade Ohio 8245, houve diferença significativa entre os tratamentos (F, $P = 0,0001$). Neste caso, os tratamentos com ASM, tanto via foliar como via solo, proporcionaram redução significativa da severidade em relação à testemunha (Figura 1A). Estes dois tratamentos reduziram a severidade da mancha bacteriana em 75,85 e 87,55 %, respectivamente. Em relação ao tratamento com FMOS, não houve diferença em relação à testemunha. Para a variedade Yuba, não houve diferença entre os tratamentos (F, $P = 0,8291$) (Figura 1B). Na maioria dos tratamentos, a variedade Ohio 8245 diferiu de Yuba em relação à severidade (F, $P \leq 0,05$), apresentando menores percentuais de área foliar lesionada, com exceção do tratamento com FMOS aplicado via solo, em que não observou diferença entre as variedades (F, $P = 0,2181$).

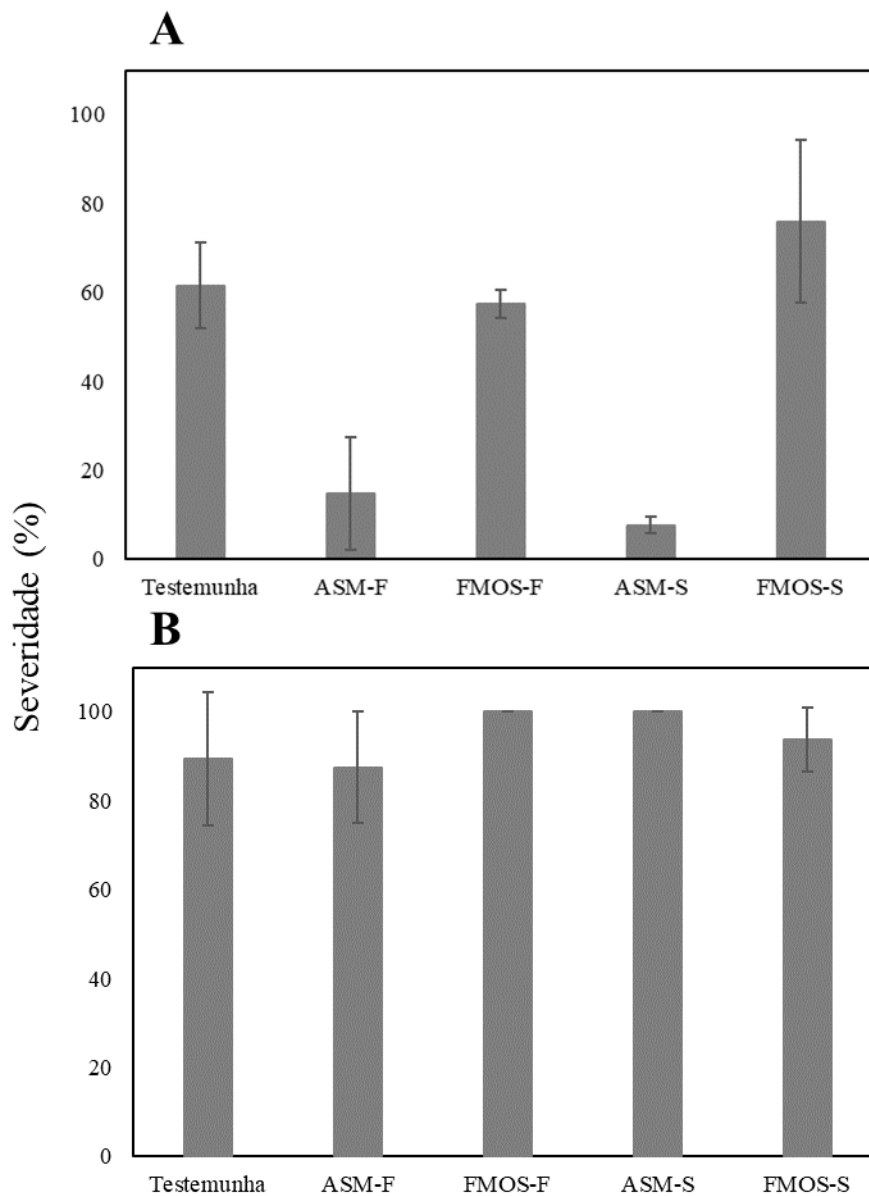


Figura 1. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 14 dias após a inoculação de *Xanthomonas gardneri*, nas variedades Ohio 8245 (A) e Yuba (B), submetidas à aplicação de água (Testemunha), acibenzolar-S-metil via foliar (ASM-F), acibenzolar-S-metil via solo (ASM-S), fertilizante com mananoligossacarídeo via foliar (FMOS-F) e via solo (FMOS-F). Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ($P \leq 0,05$). Ensaio 1. Morrinhos, IF Goiano, 2018.

Os resultados observados neste primeiro ensaio estão de acordo com o observado por Pontes *et al.* (2012), em que a variedade Ohio 8245 demonstrou bons níveis de resistência quantitativa à mancha bacteriana frente a diferentes isolados das diferentes espécies de *Xanthomonas* que incitam a doença em tomateiro. Neste mesmo

estudo, observou-se alta suscetibilidade para ‘Yuba’. Esta diferença na resistência à doença também foi observada em condições de campo (Pontes *et al.*, 2014). Talvez, o fato de apresentar maior resistência em relação a ‘Yuba’ possa explicar por que apenas ‘Ohio 8245’ respondeu à aplicação do indutor ASM. Este fenômeno é similar ao observado por Hijwegen & Verhaar, (1994), ao avaliar que o efeito do ASM em pepino contra o míldio só se manifestava em genótipos com maiores níveis de resistência à doença.

A indução de resistência pode potencializar a resistência já inerente do hospedeiro, inclusive dificultando a quebra de resistência nos casos em que se utilize genes de efeito maior (Rocha *et al.*, 2000). O fato da variedade Ohio 8245 apresentar uma resposta maior ao tratamento com ASM pode estar relacionado ao fato de possuir, naturalmente, mecanismos de defesa mais efetivos ou em maior número que ‘Yuba’, os quais são ativados em resposta à infecção por patógenos ou ao tratamento com indutores de resistência (Carvalho, 2012).

Em relação ao segundo ensaio, com os tratamentos também inoculados com *X. gardneri*, foi possível observar interação entre os fatores avaliados ($F, P = 0,0581$). Quando avaliados os tratamentos na variedade Ohio 8245, observou-se redução da severidade pela aplicação de ASM (76%) e FMOS (87%) por pulverização foliar (Figura 2a). Os tratamentos com a aplicação de ASM e FMOS via solo reduziram a severidade da doença (51 e 61%, respectivamente), próximos aos valores obtidos com os tratamentos por pulverização foliar. Entretanto, os tratamentos aplicados via solo não diferiram significativamente da testemunha. Em relação à ‘Yuba’, não houve diferença entre os tratamentos ($F, P=0,6929$). Tal resultado está em acordo com o do primeiro ensaio, em que só houve resposta aos indutores na variedade com maior nível de resistência.

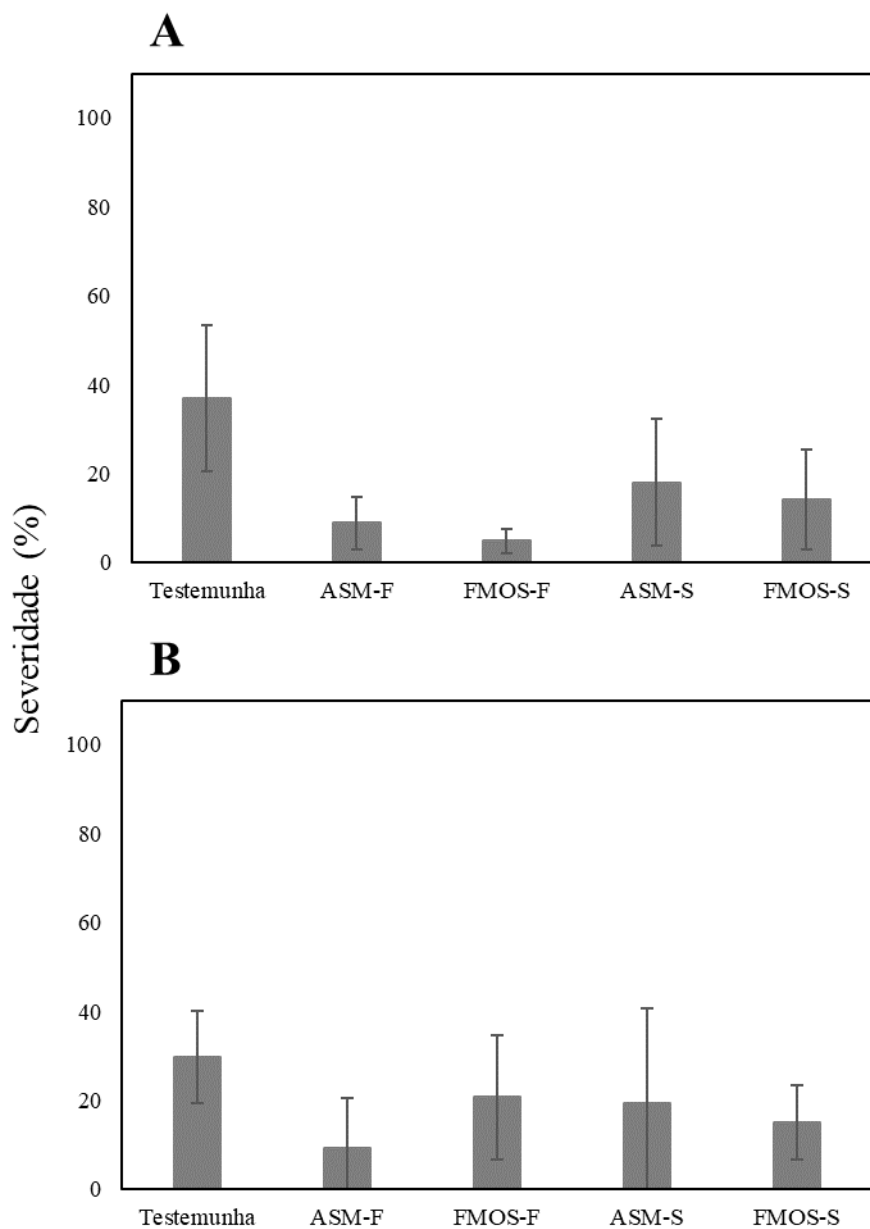


Figura 2. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 14 dias após a inoculação de *Xanthomonas gardneri*, nas variedades Ohio 8245 (A) e Yuba (B), submetidas à aplicação de água (Testemunha), acibenzolar-S-metil via foliar (ASM-F), acibenzolar-S-metil via solo (ASM-S), fertilizante com mananoligossacarídeo via foliar (FMOS-F) e via solo (FMOS-F). Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ($P \leq 0,05$). Ensaio 2. Morrinhos, IF Goiano, 2018.

Ao se comparar as variedades dentro de cada tratamento, não houve diferenças entre elas (F, $P \leq 0,05$). Neste segundo ensaio, as mudas utilizadas para o transplântio

eram 12 dias mais velhas que as utilizadas no primeiro ensaio, e pode ter aumentado o nível de resistência. É sabido que a idade das plantas pode interferir na resistência à fitopatógenos. Em arroz, por exemplo, há aumento da resistência ao *X. campestris* pv. *oryzae* na medida em que as plantas se tornam mais velhas (Koch & Mew, 1991). Estudando a resistência relacionada à idade em *Arabidopsis* contra *Pseudomonas syringae*, Kus *et al.* (2002) observaram que em mutantes que não acumulavam ácido salicílico, não era possível observar maior resistência em plantas mais velhas, como ocorria no tipo selvagem. Este fato indica que a resistência relacionada à idade das plantas é dependente do acúmulo de ácido salicílico. Poder-se-ia imaginar que plantas mais velhas tivessem uma resposta mais acentuada ao ASM, por ser este um análogo do ácido salicílico. Entretanto, os percentuais de controle em ambos os ensaios foram similares (em torno de 75% para aplicação foliar).

No segundo ensaio, foi possível observar efeito dos tratamentos com FMOS, diferentemente do primeiro. Isso corrobora com os resultados obtidos por Rodrigues *et al.* (2016), que observou eficiência do produto na redução da severidade da mancha bacteriana. Observou-se menores valores de severidade da doença quando o produto foi aplicado por pulverização foliar do que via solo. É sabido que o FMOS possui cobre em sua constituição (36,90 g/L), levando a crer que o produto tenha efeito direto sobre fitopatógenos. Gomes *et al.* (2016) observaram inibição *in vitro* no crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* por FMOS, reforçando a ideia de que o produto tenha ação antimicrobiana.

Apesar de Costa *et al.* (2010) terem observado maior expressão de genes de resistência em cacau, em resposta à aplicação de FMOS, com base nos resultados obtidos no presente estudo, não é possível inferir sobre um efeito sistêmico do produto ou de indução de resistência em relação à mancha bacteriana do tomateiro. A indução de resistência por ASM e seu efeito sobre a mancha bacteriana já são bem caracterizados, seja pelo aumento na atividade de enzimas relacionadas à patogênese, como peroxidase e polifenoloxidase (Itako *et al.* (2012), ou pela expressão dos genes envolvidos na defesa de plantas contra fitopatógenos (Harms, 2016).

No experimento com inoculação de *X. perforans*, não houve interação entre os fatores (F, $P=0,9343$), bem como não foi possível observar efeito dos tratamentos (F, $P=0,9481$) sobre a severidade final (Figura 3). A análise de variância mostrou haver diferenças apenas entre as variedades (F, $P=0,0007$), sendo a severidade maior em Yuba (41,51%) do que em ‘Ohio 8245’ (13,13%). A médias de temperatura máxima e mínima

na época da realização deste ensaio foram de 27,1 e 20,1°C, respectivamente. A espécie *X. perforans*, dentre aquelas que estão relacionadas com a mancha bacteriana do tomateiro, é a que se adapta melhor às condições de temperatura mais elevada, sendo mais severa em temperaturas próximas de 30°C. Talvez, em função disso, muitas plantas apresentaram baixa severidade da doença, não permitindo detectar diferenças entre os tratamentos.

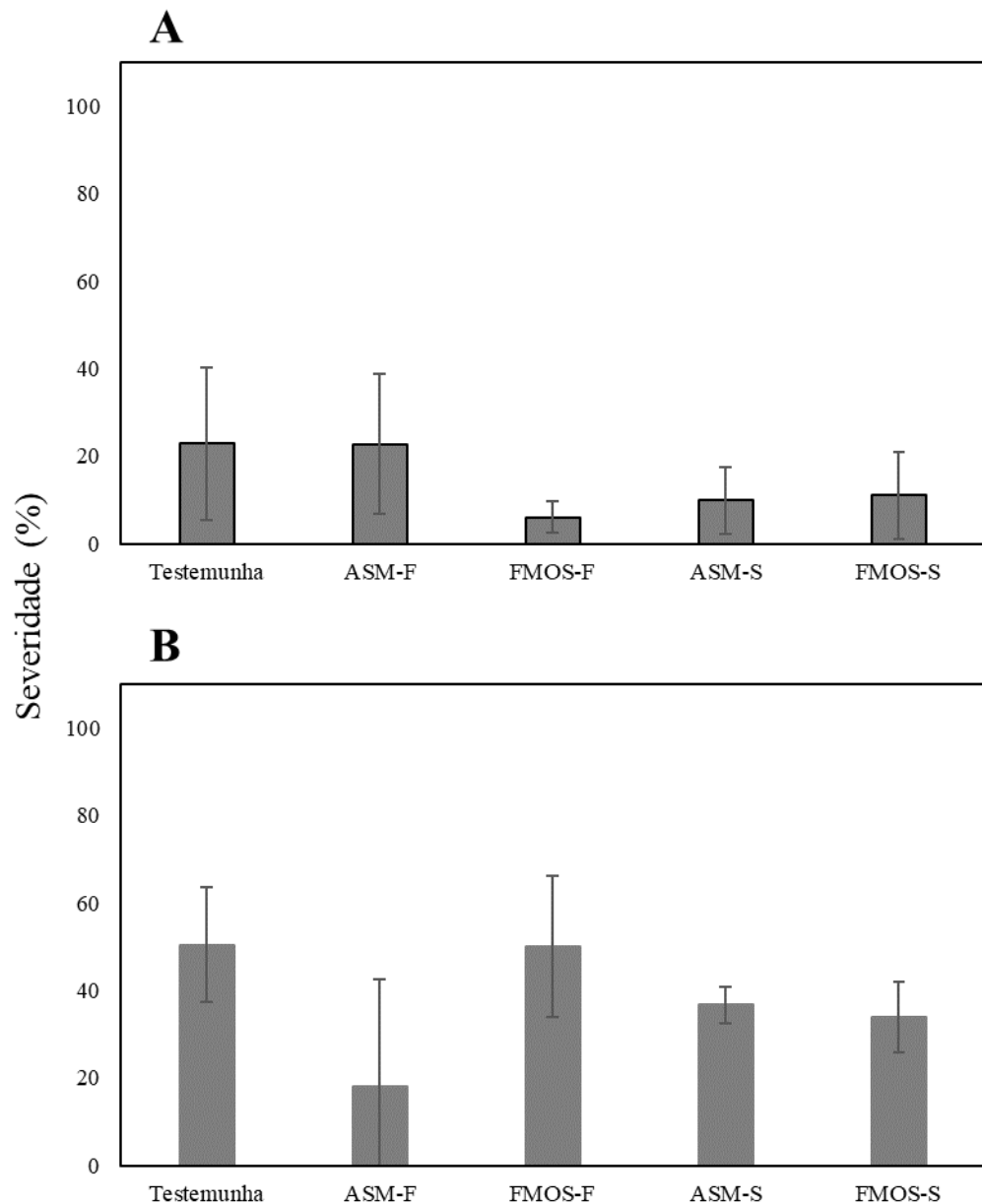


Figura 3. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro aos 14 dias após a inoculação de *Xanthomonas perforans*, nas variedades Ohio 8245 (A) e Yuba (B), submetidas à aplicação de água (Testemunha), acibenzolar-S-metil via foliar (ASM-F), acibenzolar-S-metil via solo (ASM-S), fertilizante com mananoligossacarídeo via foliar

(FMOS-F) e via solo (FMOS-F). Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ($P \leq 0,05$). Ensaio 3. Morrinhos, IF Goiano, 2018.

Em todos os ensaios, observou-se maior resistência de Ohio 8245 em relação à Yuba. Ambas as variedades são de hábito de crescimento determinado. Em função disso, ‘Ohio 8245’, que já foi utilizada comercialmente na produção de tomate para processamento, tem sido utilizado como padrão de resistência à mancha bacteriana em diferentes estudos (Lobo *et al.*, 2005; Pontes *et al.*, 2012; Pontes *et al.*, 2015; Berrueta *et al.*, 2016), enquanto ‘Yuba’ tem sido utilizada como padrão de suscetibilidade em estudos que visem o desenvolvimento de novos materiais ou a avaliação de opções de controle (Assunção *et al.*, 2014; Pontes *et al.*, 2015).

1.4 CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados obtidos, é possível inferir que há uma resposta diferenciada em relação à indução de resistência entre variedades de tomateiro com diferentes níveis de resistência à mancha bacteriana. Variedades altamente suscetíveis, como Yuba, podem não responder à aplicação de indutores, como o ASM. O FMOS demonstrou capacidade de reduzir a severidade da mancha bacteriana, e só foi possível de ser observado na variedade Ohio 8245. Entretanto, são necessários estudos adicionais para melhorar o conhecimento sobre seu modo de ação.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO ER; COSTA JR; FERREIRA MASV; QUEZADO-DUVAL AM. 2016. Widespread distribution of *Xanthomonas perforans* and limited presence of *X. gardneri* in Brasil. *Plant Pathology* 1:10.
- ARAÚJO FF; MENEZES D. 2009. Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores biótico (*Bacillus subtilis*) e Abiótico (Acibenzolar-S-Metil). *Summa Phytopathologica* 35: 169-172.
- ASSUNÇÃO A; QUAZADO-DUVAL AM; MOITA AW. 2014. Avaliação de híbridos de tomate para processamento industrial quanto reação à *Xanthomonas perforans* na fase de mudas. Anais-7CBTI1b.pdf. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141480/1/Anais-7CBTI1b.pdf>. Acessado em 02 de fevereiro de 2018.
- BERRUETA MC; GIMÉNEZ G; GALVÁN GA; BORGES A. 2016. New sources of partial resistance to bacterial spot race T2 in processing tomatoes. *Horticultura Brasileira* 34: 326-332.
- BONALDO SM; PASCHOLATI SF. 2007. Efeito de frações parcialmente purificadas de *Saccharomyces cerevisiae* na germinação de conídios e formação de apressórios por *Colletotrichum sublineolum* e *Colletotrichum lagenarium*. *Summa Phytopathologica*, 33: 233-238.
- CARVALHO NL. 2012. Resistência genética induzida em plantas cultivadas. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 7: 1379-1390.
- COSTA JCB; RESENDE MLV; JUNIOR PMR; CAMILO FR; MONTEIRO ACA; PEREIRA RB. 2010. Indução de Resistencia em mudas de cacaueteiro contra *Moniliophthora perniciosa* por produto à base de mananoligossacarídeo fosforilado. *Tropical Plant pathology* 35: 285-294.
- GOMES RSS; DEMARTELAERE ACF; NASCIMENTO LC; MACIEL WO; WANDERLEY DBNS. 2016. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). *Summa Phytopathologica* 42: 149-154.
- GOODWIN PH; TRUEMAN CL; LOEWEN AS; TAZHOOR R. 2017. Variation in the response of tomate (*Solanum lycopersicum*) breeding lines to the effects of benzo (1,2,3) thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester (BTH) on systemic acquired resistance and seed germination. *Journal of Phytopathology* 165: 670-680.

- HARMS MG. 2016. *Controle da antracnose em feijão com produtos alternativos*. Ponta Grossa: UEPG 16p (Tese doutorado).
- HIJWEGEN T; VERHAAR MA. 1994. Effects of cucumber genotype on the induction of resistance to powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*, by 2,6-dichloroisonicotinic acid. *Plant Pathology* 44:756-762.
- ITAKO AT; JUNIOR JBT; JÚNIOR TAS; SOMAN JM; MARINGONI AC. 2012. Effect of chemicals on the bacterial spot (*Xanthomonas perforans*) and the activation of pathogenesis-related proteins in tomato. *EDESIA* 30: 85-92.
- KOCH MF; MEW TW. 1991. Effects of plant age and leaf maturity on the quantitative resistance of rice cultivars to *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*. *Plant Disease* 75: 901–904.
- KUS JV; ZATON K; SARKAR R; CAMERON RK. 2002. Age-Related Resistance in *Arabidopsis* Is a Developmentally Regulated Defense Response to *Pseudomonas syringae*. *The Plant Cell* 14: 479–490.
- LOBO VLS; LOPES CA; GIORDANO LB. 2005. Componentes da resistência à mancha-bacteriana e crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, raça T2, em genótipos de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira* 30:17-20.
- LOUWS FJ; CAMPBELL HL; CUPPELS DA; JONES J.B; SHOEMAKER PB; SAHIN F; MILLER AS. 2001. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. *Plant Disease* 85:481-488.
- MELLO SC; TAKATSU A; LOPES CA. 1997. Escala diagramática para avaliação da mancha-bacteriana do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira* 22: 447-448.
- PICCININ E; DI PIERO RM; PASCHOLATI SF. 2005. Efeito de *Saccharomyces cerevisiae* na produtividade de sorgo e na severidade de doenças foliares no campo. *Fitopatologia Brasileira* 30:9.
- PEREIRA, RC; ARAÚJO ER. ; QUEZADO-DUVAL, A. M. ; FERREIRA, M. A. S. V. 2011 . Ocurrence of *Xanthomonas* species causing bacterial spot in fresh market tomato fields in Brazil. *Acta Horticulturae*, v. 914, p. 61-64.
- PONTES NC; AGUIAR FM; BOITEUX LS; LIMA MLP; OLIVEIRA VR; FILHO ACC; REIS A. 2014. Identification of sources of seedling resistance to *Phytophthora capsici* in *cucumis melo*. *Tropical Plant Pathology* 39: 74-81.
- PONTES NC; MOITA AW; QUEZADO-DUVAL AM. 2012. Estabilidade da resistência de Ohio 8245 e Heinz 9553 à mancha bacteriana do tomateiro. *Horticultura Brasileira* 30: 99-105.
- PONTES NC; NASCIMENTO AR; MOITA AW; MAFFIA LA; OLIVEIRA JR; QUEZADO-DUVAL AM. 2015. Establishment of a procedure for bacterial spot inoculation and assessment in processing tomato field trials. *Tropical Plant Pathology* 40: 339-344.

- QUEZADO-DUVAL AM; LOPES CA. 2010. Mancha bacteriana: uma atualização para o sistema de produção integrada de tomate indústria. *Embrapa Hortaliças* 84: 1-24.
- QUEZADO-DRUVAL, AM; INOUE-NAGATA AK; REIS A; PINHEIRO JB; LOPES CA; ARAÚJO RA; FONTENELLE MR; COSTA JR; GUIMARÃES CMN; ROSSATO M; BECKER WF; COSTA H; FERREIRA MASV; DESTÉFANO SAL. 2013. Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil. *Embrapa Hortaliças Boletim de pesquisa e desenvolvimento* 100. 5-35.
- QUEZADO-DUVAL AM; NASCIMENTO AR; PONTES NC; MOITA AW; ASSUNÇÃO A; GOLYNSKI A; INOUE-NAGATA AK; OLIVEIRA RT; CASTRO YO; MELO BJ. 2014. Desempenho de híbridos de tomate para processamento industrial em pressão de begomovirose e de mancha-bacteriana. *Horticultura Brasileira* 32: 446-452.
- RESENDE MLV; BARRETTI PB; MEDEIROS FCL; SILVA DD; PEREIRA RB; LINS SRO; PEREIRA LM; CAMPOS MA. 2007. Percepção e transdução de sinais para a ativação de respostas de defesa em plantas contra patógenos. *Revisão anual de patologia de plantas* 15: 129-174.
- ROCHA MR; CASTRO RM; PINA RC; MARTINI AL. 2000. Efeito do acibenzolar-s-methyl (benzothiadiazole), como indutor de resistência sistêmica em soja (*Glycine max* cv. Ftcrystalina), sobre *Heterodera glycines*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 30: 35-38.
- RODRIGUES VWB; BUENO TV; TEBALDI ND. 2016. Biofertilizantes no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. *Summa Phytopathologica*, 42: 94-96.
- ROMERO AM; KOUSIK CS; RITCHIE DF. 2001. Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by acibenzolar-S-methyl. *Plant Disease* 85: 189-194.
- SANTOS FFB; RIBEIRO A; SIQUEIRA WJ; MELO AMT. 2011. Desempenho agrônômico de híbridos F1 de tomate de mesa. *Horticultura Brasileira* 29: 304-310.
- STALL R; JONES JB; MINSAVEGE GV. 2009. Durability of resistance in tomato and pepper to Xanthomonads causing bacterial spot. *Annual Review of Phytopathology* 47: 265-284.
- WALTERS D; WALSH D; NEWTON A; LYON G. 2005. Induced resistance for plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology* 95:1368-1373.
- ZANARDO NMT; PASCHOLATI SF; FIALHO MB. 2009. Resistência de plântulas de pepineiro a *Colletotrichum lagenarium* induzida por frações de extrato de *Saccharomyces cerevisiae*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 1499-1503.

CAPÍTULO II

Redução da severidade da mancha bacteriana em tomate para processamento em resposta à utilização de fertilizante foliar contendo mananoligossacarídeo

(Norma de acordo com a revista Horticultura Brasileira)

RESUMO

Neste estudo, foi avaliada a eficiência de um fertilizante foliar à base de mananoligossacarídeo (FMOS) no manejo da mancha bacteriana e na produtividade em cultivo rasteiro de tomate destinado ao processamento industrial. Foram avaliados três programas de pulverização: o primeiro correspondente à sete aplicações semanais de (FMOS), seguidas por seis aplicações de hidróxido de cobre (HDC); no segundo foram sete aplicações de acibenzolar-S-metil (ASM), seguidas por seis de HDC; no terceiro, houve aplicação apenas de água (testemunha). Estes tratamentos foram realizados em parcelas com e sem inoculação do patógeno, em esquema fatorial (3x2). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições para cada tratamento. As aplicações iniciaram aos 7 dias após o transplantio (DAT). A inoculação ocorreu aos 38 DAT, por meio da pulverização de suspensão bacteriana (*Xanthomonas perforans*, $\sim 5 \times 10^7$ ufc/mL). Avaliou-se a severidade ao longo do ciclo, estimando-se ao final a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A produtividade foi determinada após a colheita, realizada aos 122 DAT. Houve redução da AACPD pela aplicação do FMOS e ASM. Entretanto, apenas o primeiro promoveu incremento de produtividade. Os resultados demonstram potencial de utilização do FMOS no manejo da mancha bacteriana em tomateiro rasteiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, *Xanthomonas perforans*, indutor de resistência.

ABSTRACT

In this study, the efficiency of a foliar fertilizer based on mannigosigosaccharide (FMOS) was evaluated in the bacterial spot control and yield in shallow tomato cultivation destined to industrial processing. Three spraying programs were evaluated: the first one corresponding to the seven weekly applications of FMOS, followed by six applications of copper hydroxide (HDC); in the second group there were seven applications of acibenzolar-S-methyl (ASM), followed by six applications of HDC; in the third, only water (control) was applied. These treatments were carried out in plots with and without pathogen inoculation in a factorial scheme (3x2). The experimental design was in randomized blocks with four replications for each treatment. The applications started seven days after transplanting (DAT). The inoculation occurred at 38 DAT, by spraying bacterial suspension (*Xanthomonas perforans*, $\sim 5 \times 10^7$ cfu / mL). The severity was evaluated along the cycle, estimating at the end the area below the disease progress curve (AACPD). Productivity was determined after harvest at 122 DAT. There was a reduction of AACPD by the FMOS and ASM application. However, only the former promoted increased productivity. The results demonstrated the potential of the FMOS use in the management of the bacterial spot in shallow tomato.

KEY WORDS: *Solanum lycopersicum*, *Xanthomonas perforans*, resistance inducer.

1.1 INTRODUÇÃO

O tomate industrial é classificado como um dos mais importantes produtos do agronegócio, em nível nacional e mundial (Vilela *et al.*, 2012). O Brasil está entre os maiores produtores de tomate industrial do mundo, ocupando o 7º lugar com produção de 1,45 milhão de toneladas e área superior a 18 mil hectares, estando atrás dos Estados Unidos, Itália, China, Espanha, Turquia e Portugal (Colvine, 2017). No Brasil, a mancha bacteriana é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores, sendo a doença de maior prevalência em cultivos destinados a este segmento (Quezado-Duval *et al.*, 2013). Atualmente, há prevalência da espécie *Xanthomonas perforans* como agente causal da mancha bacteriana em cultivos destinados ao processamento (Araújo *et al.*, 2016).

Em condições climáticas favoráveis à doença, como altas temperaturas, chuvas, ventos e com a presença do patógeno na área, a disseminação da mancha bacteriana do tomateiro ocorre de forma muito rápida. O controle da doença é complexo, pela dificuldade de se eliminar as fontes de inóculo e a ausência de cultivares resistentes (Quezado-Duval; Lopes, 2010). A medida de controle mais utilizada é a aplicação de produtos à base de cobre, os quais devem ter seu uso limitado em função do risco de seleção de populações do patógeno resistentes à este princípio ativo (Nascimento *et al.*, 2013).

Além dos produtos à base de cobre, o uso da indução de resistência no controle da mancha bacteriana do tomateiro tem sido descrito, principalmente por meio da aplicação do princípio ativo acibenzolar-S-metil (ASM) (Louws *et al.*, 2001). No Brasil, este ativo possui registro para o controle da mancha bacteriana na cultura do tomateiro (Agrofit, 2017). Entretanto, de acordo com estudos conduzidos por Pontes *et al.* (2016), mesmo com o controle da doença, um número elevado de aplicações do ASM pode reduzir a produtividade. Este efeito tem sido atribuído ao gasto energético relacionado à indução de resistência.

Outros agentes indutores têm sido avaliados no controle de doenças de plantas, como microrganismos não patogênicos e seus componentes celulares. Em relação à mancha bacteriana do tomateiro, por exemplo, a aplicação de exopolissacarídeos de *Lactobacillus plantarum* foi relatada como capaz de alterar o metabolismo de defesa em plantas de tomateiro (Blainski, 2016). O mananoligossacarídeo, proveniente da parede celular de *Saccharomyces cerevisiae*, cuja capacidade de reduzir a severidade de doenças de plantas também tem sido alvo de diferentes estudos. Há disponível no

mercado um fertilizante foliar que utiliza este componente em sua composição (Agro Mos®, Alltech Crop Science). O uso deste produto no controle de doenças de plantas tem proporcionado resultados promissores para diferentes doenças, como míldio da videira (Rosa *et al.*, 2006), contra antracnose em pepineiro (Zanardo *et al.*, 2009) e vassoura de bruxa do cacauero (Costa *et al.*, 2010). Neste último caso, observou-se a ativação de genes e enzimas relacionados com a defesa da planta em cacau em resposta à aplicação do produto, o que indica sua atuação como indutor de resistência.

Para mancha bacteriana do tomateiro, Rodrigues *et al.* (2016) observaram efeito do fertilizante à base de mananoligossacarídeo (FMOS) na redução da severidade da doença em condições controladas. Além disso, por se tratar de um fertilizante, acredita-se que este possa proporcionar um efeito tônico às plantas, além de compensar o possível gasto energético proveniente do processo de indução de resistência. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do FMOS no controle da mancha bacteriana em cultivo rasteiro de tomate destinado ao processamento industrial, comparado ao uso do ASM.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos (17°49'28,85"S, 49°12'6,48"W e altitude 892 m), no período de 01 de junho a 30 de setembro de 2016. A correção do pH e fertilidade do solo foi realizada com base em análise de solo, seguindo recomendações para uma produtividade de 100 t/ha. Os dados de temperatura mínima, máxima e média (°C) foram monitorados ao longo da realização do experimento pela estação Meteorológica do IF Goiano Campus Morrinhos (Figura 1 e 2). Durante o período do experimento a precipitação total foi de 31,6 mm, a temperatura média mínima foi de 22,7° C e a máxima de 22,9°C.

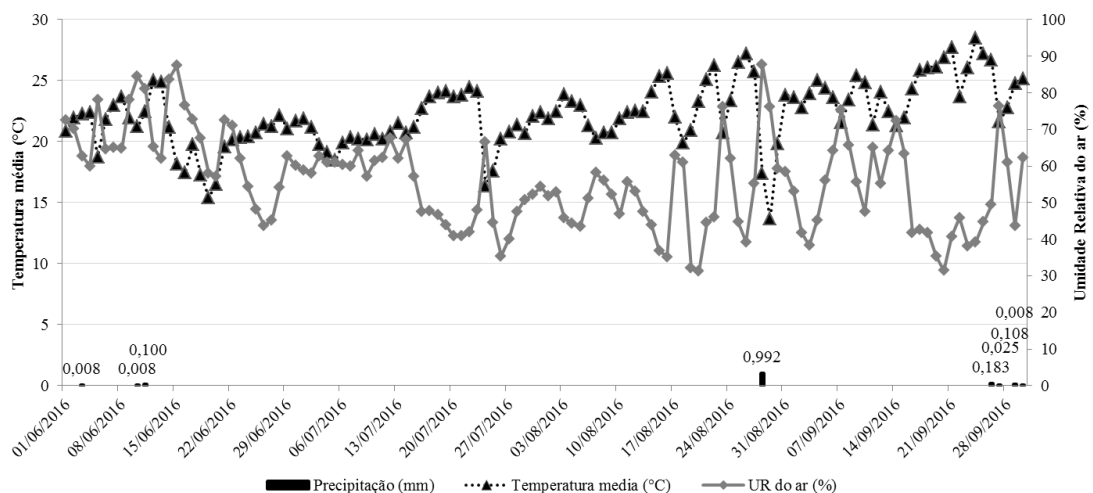


Figura 1: Índices de umidade relativa do ar, precipitação e temperatura média registrados durante o experimento. Fonte: Dados meteorológicos do IF Goiano-Campus Morrinhos, 2016.

Foram utilizadas mudas de tomateiro da cultivar híbrida U2006, com 30 dias após o semeio, adquiridas em viveiro comercial, produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 450 células contendo substrato comercial de fibra de coco. Para o transplante, as mudas foram dispostas em fileiras simples, com espaçamento de 1,10 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas. A irrigação foi realizada por aspersão via pivô central, com aplicação de lâmina de irrigação de 30 mm ao longo de cada semana. Foram feitas pulverizações de rotina com inseticidas e fungicidas selecionados para não interferir no controle de bacterioses e para que houvesse boa condução do experimento.

A parcela experimental foi constituída de três fileiras simples com 6 m de comprimento. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições para cada tratamento, seguindo um esquema fatorial 3 (programas de aplicação) x 2 (com e sem inoculação). Os três programas de aplicação avaliados foram: i) sete aplicações de FMOS (Agro Mos[®], 1L/ha) seguidas por seis aplicações de hidróxido de cobre (= HDC, Kocide[®], 1,5kg/ha), ii) sete aplicações de ASM (Bion[®], 85g/ha) seguidas por seis aplicações de HDC, iii) testemunha tratada apenas com água. Cada programa de aplicação foi avaliado com e sem a inoculação do patógeno, de modo a verificar o efeito dos tratamentos na ausência da doença. As aplicações tiveram início aos 7 dias após o transplante (DAT), seguindo-se intervalos de sete dias entre as aplicações, totalizando 13 aplicações para cada tratamento. Para tal, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, utilizando a vazão de 300 L/ha.

A inoculação do patógeno ocorreu aos 38 DAT, quando as plantas apresentavam uma área maior foliar facilitando o estabelecimento da doença. Para tal, as plantas foram pulverizadas com suspensão bacteriana do isolado EH 2012-22 de *X. perforans*. A concentração do inóculo foi ajustada em espectrofotômetro (O.D.₆₀₀ = 0,3) e diluída 1:10, resultando em aproximadamente 5×10^7 ufc/mL. A pulverização do inóculo foi realizada com pulverizador costal.

Sete dias após a inoculação (DAI), foram iniciadas as avaliações de severidade da doença, as quais prosseguiram semanalmente, utilizando a metodologia de avaliação da severidade da doença seguindo o protocolo descrito por Pontes *et al.* (2015). Nas primeiras oito avaliações, foi estimado o percentual de área foliar lesionada na terceira

folha de cada uma das 10 plantas da linha central que compunham a parcela útil com base na escala diagramática desenvolvida por Melo *et al.* (1997). Aos 106 DAT, quando não era possível a avaliação planta a planta, estimou-se o percentual de desfolha da parcela inteira estimado com base na escala desenvolvida por Quezado-Duval *et al.* (2011). No total, foram realizadas 11 avaliações, as quais foram utilizadas para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Aos 122 DAT, foi realizada a colheita do experimento. Foram consideradas 10 plantas na linha central da parcela para o cálculo da produtividade.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância para avaliar o efeito dos fatores ‘tratamentos’ e ‘inoculação’. Tendo em vista que o teste F da análise de variância não é um bom parâmetro para o estudo de interações (Snedecor; Cochran, 1980), o efeito da interação destes fatores foi avaliado por meio do desdobramento da soma de quadrados da interação. Observados efeitos significativos (F , $P \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste t de Student ($P \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAS 9.2 (Statistical Analysis System, SAS Institute, Cary, NC), por meio do procedimento GLM.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O isolamento entre as parcelas foi suficiente para que não fossem observados sintomas da mancha bacteriana nas parcelas não inoculadas. Nas parcelas com plantas inoculadas, foi possível observar os primeiros sintomas da mancha bacteriana uma semana após a inoculação. A severidade evoluiu lentamente até, aproximadamente, 28 DAI, quando se observou aumento exponencial nos valores de severidade da mancha bacteriana nas avaliações seguintes (Figura 3). Observou-se diferenças entre os tratamentos nas parcelas com plantas inoculadas nas avaliações realizadas aos 21 (F , $P = 0,0148$), 49 ($P = 0,0226$) e 56 DAI ($P = 0,0521$), com a testemunha sendo sempre o tratamento com maiores valores de severidade.

A manutenção de um bom nível de área foliar ao final do ciclo da cultura do tomateiro destinado ao processamento é bastante importante. Em plantas com intensa desfolha, os frutos ficam expostos ao sol causando a escaldadura, que afeta a cor do fruto e, conseqüentemente, a qualidade da matéria-prima. Ao final das avaliações (120 DAT), os valores de severidade nos tratamentos com plantas inoculadas foram de 82,5% para a testemunha tratada apenas com água, e 75% para ambos os tratamentos

com ASM+HDC e FMOS+HD. Entretanto, não foi possível detectar diferenças significativas para esta variável entre os tratamentos ($F, P = 0,1378$).

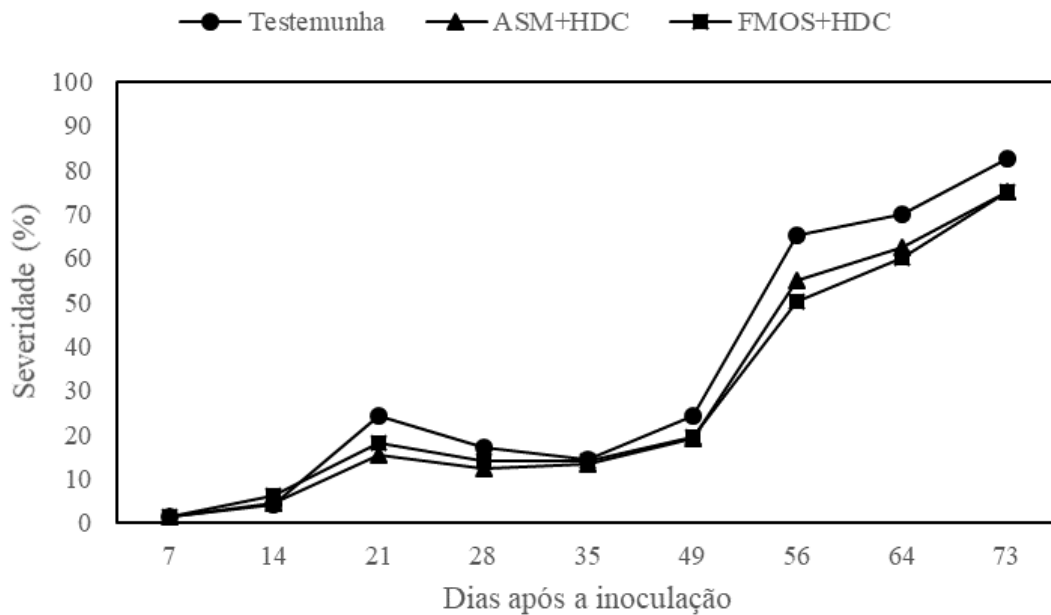


Figura 3. Severidade da mancha bacteriana do tomateiro nas parcelas com plantas inoculadas submetidas aos tratamentos com acibenzolar-S-metil + hidróxido de cobre (ASM+HDC), fertilizante com mananoligossacarídeo + hidróxido de cobre (FMOS+HDC) e água (testemunha). Morrinhos-GO, IF Goiano, 2018.

Para a área abaixo da curva de progresso da mancha bacteriana do tomateiro (AACPD), houve interação entre os fatores avaliados ($F, P = 0,029$). Não houve diferenças entre os tratamentos nas parcelas não inoculadas, em função da ausência de sintomas. Enquanto nas parcelas inoculadas, houve diferenças entre os tratamentos ($F, P = 0,0026$). Na testemunha não tratada, observou-se os maiores valores de AACPD (Figura 4), com os tratamentos com ASM e FMOS reduzindo em mais de 15% os valores para esta variável. Não houve diferença entre os tratamentos com ASM e FMOS, quando à AACPD ($t, P \leq 0,05$). O efeito do ASM sobre a mancha bacteriana do tomateiro já é descrito em vários trabalhos (Louws *et al.*, 2001; Pontes *et al.*, 2016), inclusive com a caracterização do seu efeito como indutor dos mecanismos de defesa da planta (Andrade *et al.*, 2013).

O FMOS demonstrou ser eficiente na redução da severidade da mancha bacteriana em cultivo rasteiro de tomateiro, assim como havia sido observado em condições controladas (Lopes, 2015; Rodrigues *et al.*, 2016). Rico em sólidos solúveis

oriundo do processo de fermentação de *S. cerevisiae*, o FMOS pode estimular a resistência, além de provê-la com nutrientes (Gomes *et al.*, 2016). É sabido o papel da boa nutrição de plantas no processo de resistência à fitopatógenos. Sendo assim, a utilização do FMOS não pode ser avaliada apenas sobre a ótica de um produto fitossanitário, mas também pela sua atuação no fornecimento de nutrientes de pronta assimilação pelas plantas.

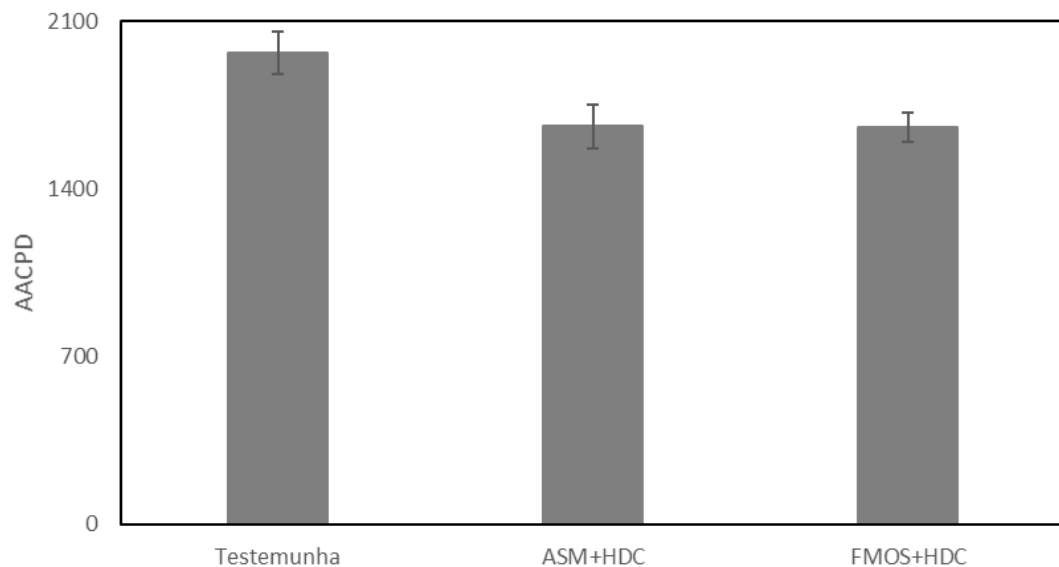


Figura 4. Área abaixo da curva de progresso da mancha bacteriana do tomateiro (AACPD) observada nas parcelas com inoculação de *Xanthomonas perforans* tratadas com água (Testemunha), acibenzolar-S-metil + hidróxido de cobre (ASM+HDC) e fertilizante com mananoligossacarídeo + hidróxido de cobre (FMOS+HDC). Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ($P \leq 0,05$). Morrinhos-GO, IF Goiano, 2018.

Quando avaliada a produtividade, observou-se interação significativa entre os fatores ‘inoculação’ e ‘tratamento fitossanitário’ (F, $P = 0,0426$). Não foi possível observar diferenças quanto à produtividade entre os tratamentos nas parcelas não inoculadas (F, $P = 0,5183$). Quando realizada a inoculação, houve diferenças entre os tratamentos (F, $P = 0,0283$), com a testemunha proporcionando a menor média de produtividade (Figura 5). O tratamento com ASM+HDC proporcionou média de produtividade cerca de 11% acima da testemunha, mas sem diferir significativamente (t, $P = 0,05$). O tratamento com FMOS+HDC apresentou incremento significativo na produção em relação à testemunha, com aumento em cerca de 23%. Ao se avaliar o efeito da inoculação em cada tratamento, houve redução da produtividade na

testemunha ($F, P = 0,0232$) e no tratamento com ASM+HCD ($F, P = 0,0553$), o que não foi observado no tratamento com FMOS+HDC ($F, P = 0,5359$).

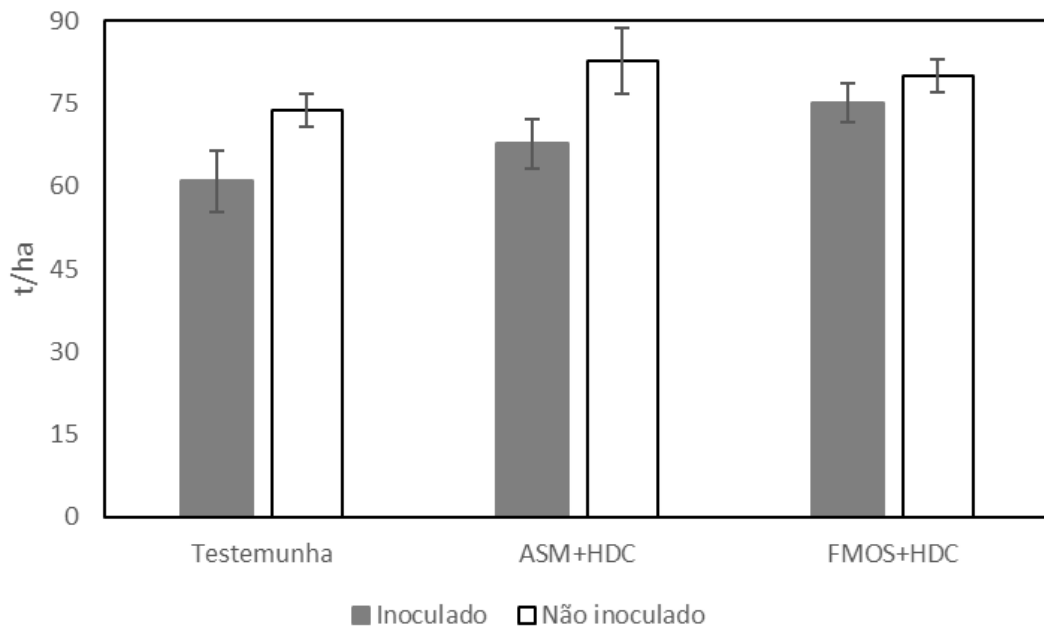


Figura 5. Produtividade obtida nas parcelas submetidas aos tratamentos com água (Testemunha), acibenzolar-S-metil + hidróxido de cobre (ASM+HDC) e fertilizante com mananoligossacarídeo + hidróxido de cobre (FMOS+HDC), com e sem inoculação por *Xanthomonas perforans*. Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança do teste t de Student ($P \leq 0,05$). Morrinhos-GO, IF Goiano, 2018.

Apesar de ter reduzido a severidade da mancha bacteriana, os tratamentos com ASM não proporcionaram incremento de produtividade. Diversos estudos com o uso do ASM indicam que este possa ser responsável por diminuir a produtividade das culturas, mesmo com redução da severidade (Louws *et al.*, 2001; Durrant & Dong, 2004). Em trigo, por exemplo, Stadnik & Buchenauer (1999) observaram que os tratamentos fitossanitários com fungicidas protetores resultaram em maior produtividade quando comparados com os tratamentos com ASM, mesmo considerando a proteção proporcionada pelo ativo. Estes autores interpretaram o fato como consequência de um consumo de energia nas plantas induzidas. Pontes *et al.* (2016) observaram que, quanto maior o número de aplicações de ASM em tomate para controle da mancha bacteriana, maior o nível de controle da doença, porém com aplicações superiores a oito, a

produtividade é reduzida. Tais resultados corroboram a ideia do custo energético da indução de resistência.

Em contrapartida, a redução da severidade proporcionada por FMOS foi acompanhada do incremento na produtividade, inclusive com produção similar às parcelas não inoculadas. O efeito do FMOS sobre o controle de doenças de plantas, assim como do ASM, tem sido atribuído à indução de resistência. Pereira (2008) observou maior expressão de genes de defesa em cacau em resposta à vassoura de bruxa quando da aplicação de FMOS. No mesmo patossistema, Costa *et al.*, (2010) estudaram a cinética de enzimas relacionadas às rotas de defesa de plantas contra fitopatógenos e observaram maior atividade destas em resposta à *Crinipellis pernicioso* com a aplicação de FMOS.

Mesmo que a ação do FMOS sobre a redução da severidade da mancha bacteriana do tomateiro esteja relacionada com a indução de resistência, nenhum estudo utilizando este produto cita alguma interferência negativa sobre o desenvolvimento das plantas ou na produção. Segundo Fagan (2015), através de avaliações de metabolitos e atividades enzimáticas relacionadas ao estresse oxidativo, que indicam indução de resistência, observou que o FMOS é capaz de melhorar o estado fisiológico e nutricional de plantas de tomate do tipo industrial.

Mesmo tendo como possível agente elicitor o mananoligossacarídeo, o FMOS também possui em sua constituição diversos nutrientes como, enxofre (28,04g/L), cobre (36,90g/L), zinco (24,60g/L). Essa suplementação da planta com nutrientes poderia compensar o gasto energético oriundo do processo de indução de resistência, além destes nutrientes terem ligação direta com a síntese de aminoácidos e ativação enzimática. Como mencionado anteriormente, o FMOS é um fertilizante e, por isso, sua comparação pura e simples com produtos fitossanitários não é válida, em função de seu efeito tônico às plantas.

1.4 CONCLUSÃO

Assim como o acibenzolar-S-metil o FMOS mostrou-se eficiente no controle da mancha bacteriana do tomateiro, tornando-se uma alternativa para o manejo da doença. Porém, apenas o FMOS possibilitou incremento da produtividade nas parcelas inoculadas em relação à testemunha. A redução na severidade com a aplicação de

FMOS pode ser pela indução de resistência, efeito direto sobre o patógeno ou pelo efeito tônico às plantas. São necessários estudos adicionais para conhecimento do seu modo de ação. Entretanto, o produto mostra potencial para ser utilizado no manejo integrado da doença.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT-MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2017, 20 de setembro. *Sistema de agrotóxico fitossanitários*. Disponível em http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons/
- ANDRADE CCL; RESENDE RS; RODRIGUES FA; SILVEIRA PR; RIOS JÁ; OLIVEIRA JR; MARIANO RLR. 2013. Indutores de resistência no controle da pinta bacteriana do tomateiro e na atividade de enzimas de defesa. *Tropical plant pathology* 38: 28-34.
- ARAÚJO ER; COSTA JR; FERREIRA MASV; QUEZADO-DUVAL AM. 2016. Widespread distribution of *Xanthomonas perforans* and limited presence of *X. gardneri* in Brazil. *Plant Pathology* 1: 1-10.
- BLAINSKI JML. 2016. Exopolissacarídeos de *Lactobacillus plantarum* na indução de resistência em tomateiro contra mancha bacteriana. Florianópolis: UFSC. 61-129 (Tese doutorado).
- COLVINE, Sophie. Production estimate of tomatoes for processing.WPTC. 2017, 15 de setembro. Disponível em <http://www.gandolfiparma.com/wp-content/uploads/2016/10/WPTC-World-Production-estimate-as-of-30-September-2016.pdf/>
- COSTA JCB; RESENDE MLV; JUNIOR PMR; CAMILO FR; MONTEIRO ACA; PEREIRA RB. 2010. Indução de Resistência em mudas de cacaueteiro contra *Moniliophthora perniciosa* por produto à base de mananoligossacarídeo fosforilado. *Tropical Plant pathology* 35: 285-294.
- DURRANT WE; DONG X. 2004. Systemic acquired resistance. *Annual Review Phytopathology* 42: 185-209.
- FAGAN E; DANTAS SAF; TAVARES SCCH; OLIVEIRA SMA; COELHO RSB. 2015. Respostas fisiológicas de plantas de tomate tipo industrial tratadas com Agro Mos®. *Alltech crop Scienc*.
- GOMES RSS; DEMARTELAERE ACF; NASCIMENTO LC; MACIEL WO; WANDERLEY DBNS. 2016. Bioactivity of resistance inductors in the management of guava (*Psidium guajava* L.) anthracnose. *Summa Phytopathologica* 42:149-154.
- LOPES MB. 2015. Controle da mancha bacteriana do tomateiro com biofertilizantes. Uberlândia: UFU. 18p (tcc).
- LOUWS, FJ; WILSON, M; CAMPBELL, HL; CUPPELS, DA; JONES, JB; SHOEMAKER, PB; SAHIN, F; MILLER, SA. 2001. Field expression bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. *Plant Disease* 85: 481-488.
- MELLO SC; TAKATSU A; LOPES CA. 1997. Escala diagramática para avaliação da mancha-bacteriana do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira* 22: 447-448.

- NASCIMENTO AR; FERNANDES PM; BORGES LC; MOITA AW; QUEZADO-DUVAL AM. 2013. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. *Horticultura Brasileira* 31: 15-24.
- PEREIRA LM. 2008. Expressão quantitativa de genes relacionados à defesa induzida em *Theobroma Cacao* por Bion® e Agro-Mos® contra *Crinipellis Perniciosa*. Lavras: UFLA. 27-42p. (Tese de mestrado).
- PONTES NC, NASCIMENTO AR, GOLYNSKI A, MAFFIA LA, OLIVEIRA JR; QUEZADO-DUVAL AM. 2016. Intervals and number of applications of acibenzolar-S-methyl for the control of bacterial spot on processing *Tomato*. *Plant Disease* 100:2126-2133.
- PONTES NC; NASCIMENTO AR; MOITA AW; MAFFIA LA; OLIVEIRA JR; QUEZADO-DUVAL AM. 2015. Establishment of a procedure for bacterial spot inoculation and assessment in processing tomato field trials. *Tropical plant pathology* 40: 339-344.
- QUEZADO-DUVAL AM; LOPES CA. 2010. Mancha bacteriana: uma atualização para o sistema de produção integrada de tomate indústria. *Embrapa Hortaliças* 84: 01-24.
- QUEZADO-DUVAL AM; INOUE-NAGATA AK; REIS A; PINHEIRO JB; LOPES CA; ARAUJO ER; FONTENELLE MR; COSTA JR; GUIMARÃES CMN; ROSSATO M; BECKER WF; COSTA H; FERREIRA MASV; DESTÉFANO SAL. 2013. Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil. *Embrapa Hortaliças* 100: 15-30.
- QUEZADO-DUVAL AM; PONTES NC; FILHO AFS; BORGES ML. 2015. Sensibilidade ao cobre de *Xanthomonas perforans* em tomateiro para processamento: comportamento em um ciclo de cultivo e caracterização das populações em lavouras comerciais. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. *Embrapa Hortaliças*: 1- 15.
- QUEZADO-DUVAL AM; PONTES NC; NASCIMENTO AR; MOITA AW. 2011. Metodologia de avaliação da severidade da mancha bacteriana em tomateiro para processamento industrial. *Embrapa Hortaliças* 73: 13.
- RODRIGUES VWB; BUENO TV; TEBALDI ND. 2016. Biofertilizantes no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. *Summa phytopathologica* 42: 94-96.
- ROSA RCT; COELHO RSB; TAVARES SCC; CAVALCANTI VALB. 2006. Effect of elicitors in the control of downy mildew in *Vitis labrusca*. *Summa Phytopathologica* 33: 68-73.
- STADNIK MJ; BUCHENAUER H. 1999. Effects of benzothiadiazole, kinetin and urea on the severity of powdery mildew and yield of winter wheat. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 106: 476-489.

VILELA NJ; MELO PCT; BOITEUX LS; CLEMENTE FMVT. 2012. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. In: CLEMENTE FMVT; BOITEUX LS. (eds). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 17.

ZANARDO NMT; PASCHOLATI SF; FIALHO MB. 2009. Resistência de plântulas de pepineiro a *Colletotrichum lagenarium* induzida por frações de extrato de *Saccharomyces cerevisiae*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 1499-1503.

CONCLUSÃO GERAL

Variedades de tomateiro altamente suscetíveis, como Yuba, podem não responder à aplicação de indutores, como o Acibenzolar-S-metil. O FMOS demonstrou capacidade em reduzir a severidade da mancha bacteriana apenas na variedade resistente, Ohio 8245 e com aplicação foliar. Portanto, não é possível afirmar que a redução da severidade da mancha bacteriana está relacionada com a indução de resistência.

O FMOS mostrou-se eficiente no manejo da mancha bacteriana do tomateiro em cultivo rasteiro. A redução da severidade da doença proporcionada por este produto foi acompanhada de incremento na produtividade. Estudos adicionais são necessários para melhor entendimento de seu modo de ação.