



Avaliação bioquímica e fisiológica em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) submetida ao indutor de resistência acibenzolar-s-metil

Biochemical and physiological evaluation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) submitted to acibenzolar-s-methyl resistance inducer

Leandro Dias de Lima⁽¹⁾; Jorge Marcos Peniche Barbosa⁽²⁾;
 Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros⁽³⁾; Marcos de Oliveira⁽⁴⁾;
 Josabete Salgueiro Bezerra de Carvalho⁽⁵⁾; Keila Aparecida Moreira⁽⁶⁾

⁽¹⁾ORCID: 0000-0002-7103-1176; Doutorando em Ciências Florestais. Mestrado em Produção Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Garanhuns, (2018). Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2015), BRAZIL, Email: leandro_dias1993@hotmail.com;

⁽²⁾ORCID: 0000-0001-9472-8462; Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense. Mestrado em Produção Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Garanhuns, (2018). Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2015), BRAZIL, Email: jorgemarcos.ufra@gmail.com;

⁽³⁾ORCID: 0000-0002-1364-6877; Doutoranda em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia. Mestrado em Produção Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Garanhuns, (2018). Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2015), BRAZIL, Email: melryagronomia@hotmail.com;

⁽⁴⁾ORCID: 0000-0001-5466-2622; Doutorando em Ciência do Solo. Mestrado em Produção Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Garanhuns, (2018). Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2015), BRAZIL, Email: marcos.lvr2@gmail.com;

⁽⁵⁾ORCID: 0000-0002-8270-3548; Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Pernambuco, BRAZIL, Email: bezerra@ufape.edu.br;

⁽⁶⁾ORCID: 0000-0002-7715-9285; Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Pernambuco, BRAZIL, Email: moreirakeila@hotmail.com.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 24 de março de 2020; Aceito em: 25 de março de 2020; publicado em 20 de 10 de 2020. Copyright © Autor, 2020.

RESUMO: A utilização de indutores de resistência ao estresse hídrico em plantas vem sendo estudados como uma importante ferramenta para o aumento de produtividade em culturas agrícolas. O tomate, *Solanum lycopersicum* L., tem grande relevância dentre as hortaliças, tanto no âmbito econômico, quanto no social, pelo seu grande volume de produção e geração de empregos. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia da aplicação do indutor de resistência acibenzolar-S-metil (ASM) sobre a produção de tomate submetido a estresse hídrico em solos esterilizados e não-esterilizados. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições e três períodos de aplicação do indutor de resistência, sendo os tratamentos: T1: solo não esterilizado; T2: solo não esterilizado + ASM; T3: solo não esterilizado + ASM + adubo orgânico (Vinhaça); T4: solo não esterilizado + adubo orgânico; T5: solo esterilizado; T6: solo esterilizado + ASM; T7: solo esterilizado + ASM + adubo orgânico e T8: solo esterilizado + adubo orgânico. Avaliou-se a condutância estomática, índice de clorofila a, b e total, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura, diâmetro do caule e a atividade enzimática da β -1,3-glucanase, peroxidase (POX), polifenoloxidase (PFO) e fenilalanina amônia liase (FAL). O ASM interferiu nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos do tomate. A combinação entre indutor de resistência e adubo orgânico afetou os componentes de produção do tomateiro. O efeito do indutor de resistência incrementou a produção de massa fresca, seca, taxa fotossintética e condutância estomática e atividade enzimática por planta de tomate. De acordo com os resultados obtidos, é possível observar que o indutor ASM auxilia na resistência sistêmica das plantas ao estresse hídrico, ativando a atividade enzimática da peroxidase, polifenoloxidase, fenilalanina amônia liase e β -1,3-glucanase das plantas de tomate.

PALAVRAS-CHAVES: Resistência Induzida, Controle Alternativo, Parâmetros Bioquímicos.

ABSTRACT: The use of water stress resistance inducers in plants has been studied as an important tool to increase productivity in agricultural crops. *Solanum lycopersicum* L. (tomato) has great relevance among the vegetables, both economically and socially, for its large volume of production and job creation. The objective of the present study was to evaluate if the application of the resistance inducer ASM was effective on the production of lettuce subjected to water stress in sterile and non-sterile soils. The experiment was conducted in a completely randomized design with six replications and three periods of resistance inducer application, being the treatments: T1: Non Sterile Soil; T2: Unsterile Soil + Bion; T3: Non Sterilized Soil + Bion + Organic Fertilizer (Vinasse); T4: Unsterile Soil + Organic Fertilizer; T5: Sterile Soil; T6: Sterilized Soil + Bion; T7: Sterilized Soil + Bion + Organic Fertilizer and T8: Sterilized Soil + Organic Fertilizer. The stomatal conductance, chlorophyll a, b and total index, fresh shoot mass (MFPA), dry shoot mass (MSPA), height, stem diameter and enzymatic activity of β -1,3-glucanase (GLU) were evaluated., peroxidase (POX), polyphenoloxidase (PFO) and phenylalanine ammonia lyase (FAL). Acibenzolar-S-methyl interfered with the physiological and biochemical parameters of tomatoes. The combination between resistance inducer and organic fertilizer affected tomato production components. The effect of the resistance inducer increased the production of fresh, dry mass, photosynthetic rate and stomatal conductance per tomato plant. According to the results obtained, it is possible to observe that the acibenzolar-S-methyl inducer was able to act on the systemic resistance to water stress, activating the enzymatic activity of peroxidase, polyphenoloxidase, phenylalanine ammonia lyase and β 1-3-glucanase in tomato plants.

KEYWORD: Induced Resistance: Alternative Control: Biochemical Parameters.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um fruto pertencente à família *solanaceae*, originário da América do Sul, se tornou uma das culturas mais produzidas no Brasil, com uma safra nacional do fruto para 2018 estimada em 4.432.739 toneladas, um crescimento de 0,6% em relação à safra de 2017 que atingiu a marca de 4.373.047 toneladas (IBGE/SIDRA, 2018).

A cultura do tomate no Brasil tem grande relevância dentre as hortaliças, tanto no âmbito econômico, quanto no social, pelo seu grande volume de produção e geração de empregos. De acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas de Hortaliças (ABCSEM, 2018), a produção de tomate fresco movimentava atualmente no País quase R\$ 10 bilhões no varejo e gera uma massa salarial de mais de R\$ 400 milhões no campo, tornando o país um dos maiores produtores de tomate.

A produção de tomate cresceu consideravelmente na região Nordeste, o estado de Pernambuco ocupa a 3^o posição em produtividade, e a nível nacional a sua produção no ano de 2018 foi de aproximadamente 63 mil toneladas, ocupando a 11^o posição (IBGE, 2019). Porém condições edafoclimáticas adversas da região favorecem o declínio da produção. A diminuição da produtividade é um dos primeiros eventos do estresse hídrico, sendo um dos estresses que mais limita o desenvolvimento das culturas no mundo, e seu efeito é economicamente devastador, pois ocorrem alterações em diferentes etapas de desenvolvimento da cultura (CHEN et al., 2013). A cultura do tomate é extremamente sensível ao estresse hídrico em diferentes etapas de desenvolvimento, desde a germinação até a formação do fruto, podendo experimentar mudanças em nível molecular, morfológico, fisiológico e celular (FLORIDO, 2014).

O conhecimento sobre como o estresse hídrico afeta o processo de crescimento e desenvolvimento de uma cultura são fundamentais para o entendimento dos mecanismos de adaptação das plantas à seca, produzindo informações relevantes para o aprimoramento de técnicas para enfrentar o estresse hídrico. Esforços têm sido dedicados à seleção das plantas a uma menor perda de água, e a obtenção da maior eficiência no uso de água por meio do desenvolvimento de genótipos tolerantes ao estresse hídrico e por meio de indutores de resistência (MORALES et al., 2015).

A busca por métodos alternativos de controle ao déficit hídrico é constante e neste contexto, destaca-se o uso de indutores de resistência. O acibenzolar-S-metil - (ASM) é um indutor de resistência abiótico de baixa toxicidade utilizado como um eficiente de mecanismo de resistência, sendo considerado o primeiro ativador sintético registrado nas plantas, capaz de ativar defesas de plantas como proteínas relacionadas ao estresse hídrico, catalase e superóxido dismutase (KESSMANN et al., 1995). E vem demonstrando aumento da eficiência de muitos fungicidas com a inclusão de ASM no controle químico de doença e na regulação do estresse hídrico em plantas (MAZARO, 2008).

A utilização do ASM tem sido uma das substâncias mais pesquisadas envolvidas na ativação de mecanismos de resistência, principalmente por promover proteção em plantas a doenças fúngicas, bacterianas e virais, e na resistência ao déficit hídrico em diferentes estudos (VALLAD, 2004; WALTERS et al., 2005; TAKESHITA et al., 2013).

O objetivo do presente estudo foi avaliar se a aplicação do indutor de resistência ASM foi eficaz sobre a produção de tomate submetido a estresse hídrico em solos esterilizados e não-esterilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no município de Garanhuns – PE, Brasil, localizado sob as coordenadas geográficas, 08°53'25" de latitude S e 36°29'34" de longitude O, com altitude média de 896 m. O clima predominante é o Mesotérmico Tropical de Altitude (Cs'a), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928), temperatura e precipitação média anual é de 20°C e 1.300 mm, respectivamente.

O solo utilizado foi proveniente da mesorregião do Agreste Meridional do Estado de Pernambuco, município de São João – PE. Após a coleta do solo na profundidade de 0-20 cm, foi realizada análise, onde atributos químicos apresentaram os seguintes resultados: pH (H₂O 1:2,5) = 5,6; P (28 mg Kg⁻¹); Mg (0,5 cmolc dm⁻³); Ca (0,9 cmolc dm⁻³); Al (0,05 cmolc Kg⁻¹) e H + Al (3,3 cmolc dm⁻³) e teor de matéria orgânica total de 2,02% apresentou 880 g Kg⁻¹ de areia, 40 g Kg⁻¹ de argila e 80 g Kg⁻¹ de silte,

sendo considerado arenoso, de acordo com a metodologia Donagema et al. (2011). Este solo foi classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico Típico (SANTOS et al., 2012).

Para a condução do experimento foi utilizado solo não esterilizado e solo esterilizado através do uso de autoclave, a 121 °C, por duas horas, deixou-se o solo esterilizado secar e em repouso durante duas semanas, após a autoclavagem, para estabilização dos teores de metais pesados de acordo com a metodologia adaptada por Silva et al. (2016).

As plantas de tomate foram cultivadas em vasos de 4 L, em casa de vegetação sob umidade relativa em torno de 70%. Foram utilizadas quatro sementes de tomates por vasos e posterior desbastes quando apresentaram três pares de folhas definitivas, permanecendo uma planta por vaso. A irrigação foi realizada uma vez por dia e foi suspensa cinco dias antes da coleta das folhas para determinação da atividade enzimática, com o intuito de avaliar a influência do indutor ASM (Bion®) frente ao estresse hídrico acarretada as plantas. Quando as plantas apresentaram três pares de folhas definitivas, foi realizado a primeira aplicação do indutor ASM, na concentração de 50 mg.mL⁻¹ até começar o escorrimento do líquido nas folhas, a segunda aplicação ocorreu após 7 dias da primeira aplicação e a terceira com 15 dias, totalizando três aplicações de ASM.

Para a obtenção dos extratos vegetais utilizados nas determinações das atividades enzimáticas amostras das folhas foram pesadas (0,1 g) e maceradas em nitrogênio líquido, homogeneizado em solução tampão com adição de polivinilpirrolidona (50 mg), posteriormente centrifugado a 8000 x g por 10 min a 4 °C (Andrade et al. 2013). O sobrenadante obtido foi acondicionado em microtubos e armazenado à -20 °C para a realização das atividades enzimáticas. As estimativas das atividades enzimáticas da β-1,3-glucanase (GLU) foram determinadas de acordo com Lever (1972). Para a atividade da peroxidase (POX) foi utilizado o método descrito por Urbanek et al. (1991), usando guaiacol e H₂O₂ como substratos. A atividade da polifenoloxidase (PFO) foi verificada pela oxidação do pirogalol segundo Kar (1976), a atividade da fenilalanina amônia liase (FAL) de acordo com Zucker (1968). Os valores de proteínas totais foram obtidos de acordo com a metodologia de Bradford (1976). As atividades enzimáticas foram expressas em unidades de mmol mg⁻¹ min⁻¹ de massa foliar.

Os valores de condutância estomática foram obtidos através de porômetro digital (SC-1 Leaf Porometer, Decagon®) e os resultados expressos em mmol m⁻² s⁻¹. As avaliações

foram realizadas no horário de 09:00 às 11:00 horas da manhã, em folhas completamente expandidas, fisiologicamente maduras e expostas ao sol. O índice de clorofila a, b e total foi obtido por meio do clorofilômetro eletrônico (Clorofilog-CFL1030, Falker). A *massa fresca da parte aérea (MFPA)* foi determinada após a retirada das plantas dos vasos e pesadas em balança analítica (**M214AI, Shimadzu**). A *massa seca da parte aérea (MSPA)* foi determinada após as plantas serem acondicionadas em estufa de circulação forçada MARCONI modelo MA 035/3 a 60 °C por 72 horas. A *altura dos tomateiros* foi mensurada com o auxílio de uma régua graduada em cm, posicionada a partir do nível da base do caule até o ápice terminal da planta.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em fatorial 4 x 2 e seis repetições, totalizando 48 unidades experimentais, sendo quatro tratamento: controle, ASM, indutor+orgânico (ASM+vinhaça), orgânico (vinhaça) e dois tipos de solo, sendo solo esterilizado (TS1) e solo não esterilizado (TS2). Antes da análise estatística, os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância, para determinação da necessidade de transformação. Na sequência realizou-se análise de variância, as médias, quando significativas pelo teste de F, foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, através do software estatístico Sisvar, com o intuito de verificar o nível de significância (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à massa fresca da parte aérea, observa-se que entre os tipos de solos para todos os tratamentos (Tabela 1), houve diferença significativa, sendo constatada maior massa fresca da parte aérea nas plantas de tomate cultivada no solo não esterilizado. As plantas cultivadas no solo esterilizado tiveram menor crescimento e desenvolvimento, e conseqüente massa fresca da parte aérea, possivelmente devido a leve deficiência de fósforo verificado durante a condução da pesquisa neste tipo de solo, pois o crescimento das plantas pode ser reduzido devido a deficiência deste elemento, que pode estar relacionado a ausência da microbiota do solo, principalmente bactérias e fungos que produzem a enzima fosfatase acida que está diretamente ligada ao mecanismo

de solubilização do fósforo mineral no solo o tornando disponível para as plantas (MAHMOOD et al., 2014).

Um dos grandes problemas de nutrição mineral nos solos tropicais é o baixo teor de fósforo (P) disponível, sendo este macronutriente um dos que mais limitam a produção das culturas no Brasil (PRADO, 2008). Contribuindo com a produção de biomassa, o desenvolvimento radicular e a formação da planta (NEVES et al., 2004), resultando em incremento na matéria verde. Assim, sua deficiência ou limitação no tomateiro cultivado no solo esterilizado, provavelmente foi o motivo da menor resposta. De igual modo, também aconteceu com a massa seca da parte aérea nas plantas de tomate submetidas ao indutor de resistência ASM.

É possível verificar a partir do desdobramento dos tratamentos dentro de cada tipo de solo, que os tratamentos Indutor+orgânico e orgânico foram responsáveis por conferir maiores valores de massa fresca e seca da parte aérea do tomateiro (Tabela 1) quando cultivada no solo não esterilizado, apresentando um incremento em relação aos tratamentos controle e o uso do indutor.

No solo esterilizado, ocorreu diferença significativa para tratamento orgânico. Provavelmente, o tratamento indutor + orgânico se destacou em virtude da presença do adubo orgânico, haja vista que quando empregou apenas o indutor no solo não esterilizado, foi estatisticamente igual ao controle (CONT). Junqueira et al. (2011), observaram o desempenho agrônomico de maracujazeiros tratados com produtos alternativos e constataram que o indutor ASM, não influenciou nas características produtiva, sendo semelhante à sua testemunha. O adubo orgânico (vinhaça) utilizado no experimento apresenta teor elevado de fósforo (P) e potássio (K), o que provavelmente favoreceu o desempenho do tratamento orgânico, pois o potássio exerce várias funções no metabolismo das plantas, participa do processo da fotossíntese, síntese de proteínas e extensão celular (PRADO, 2008), proporcionando maior crescimento dos tecidos vegetais, fato este verificado pela maior produção de biomassa verde e seca (Tabela 1).

Tabela 1. Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de tomate em solo esterilizado (TS1) e não esterilizado (TS2) sob influência do indutor de resistência Acibenzolar-S-metil (Bion) e adubo orgânico (vinhaça).

Tratamentos	MFPA (g)		MSPA (g)	
	TS1	TS2	TS1	TS2
Controle	25,85 b B	41,35 b A	5,25 b B	8,82 b A
Indutor	8,24 c B	38,79 b A	0,33 c B	7,36 b A
Indutor+orgânico	36,25 b B	62,06 a A	7,31 ab B	12,74 a A
Orgânico	52,72 a B	69,90 a A	10,47 a B	14,34 a A
CV (%)	23,41		25	

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os maiores índices de clorofila (Tabela 2) e condutância estomática (Figura 1) foram encontradas em plantas de tomateiro tratadas com indutor em solo não esterilizado e esterilizado, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos. Esses resultados podem ser explicados levando em consideração a eficiência do indutor de resistência como um atenuador dos efeitos causados pela deficiência hídrica como a síntese de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a oxidação dos pigmentos fotossintéticos que prejudicam o metabolismo vegetal. Em plantas sob estresse hídrico, têm sido verificado decréscimo nos teores de clorofila a, o que pode ser enquadrado como um típico indício de estresse oxidativo, sendo, provavelmente, resultado de foto-oxidação dos pigmentos, associados à própria degradação das moléculas de clorofila (CARLIN et al., 2012).

Tabela 2. Clorofila A, Clorofila B e clorofila total de folhas de tomate cultivada em solo esterilizado (TS1) e não esterilizado (TS2) sob influência do indutor de resistência acibenzolar-S-metil (ASM) e resíduo orgânico (vinhaça).

Tratamentos	Clorofila A		Clorofila B		Clorofila total	
	TS1	TS2	TS1	TS2	TS1	TS2
Controle	37 a A	38 a A	14 a A	14 a A	51 a A	52 a A
Indutor	33 b B	38 a A	11 b B	14 a A	45 b B	52 a A
Indutor+orgânico	35 a A	38 a A	14 a A	14 a A	51 a A	52 a A
Orgânico	38 a A	39 a A	14 a A	13 a A	52 a A	52 a A
CV (%)	11,83		19,49		12,41	

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de indutores pode trazer inúmeros benefícios como o acréscimo na altura da planta, na área foliar e no diâmetro do caule (HUSSEIN et al., 2007), o incremento no teor de pigmentos fotossintetizantes (HAIAT et al., 2005), o aumento na taxa da fotossíntese líquida, da concentração interna de carbono, da eficiência do uso da água, da condutância estomática e da transpiração (FARIDUDDIN et al., 2003; KHAN et al., 2003). Os tomateiros tratados com o indutor de resistência ASM apresentaram aumentos nos índices de clorofilas e condutância estomática, indicando que as plantas tratadas apresentaram máximo vigor vegetativo elucidando a resistência ao déficit hídrico. Os dados de condutância apresentando grande variação, não sendo normais apresentando muitos ateliers entre tratamentos, porém a avaliação em boxplot deixa claro que o tratamento com indutor no solo não esterilizado apresentou um comportamento aceitável com uma boa distribuição de dados e desvio padrão de 8,7 (Figura 1).

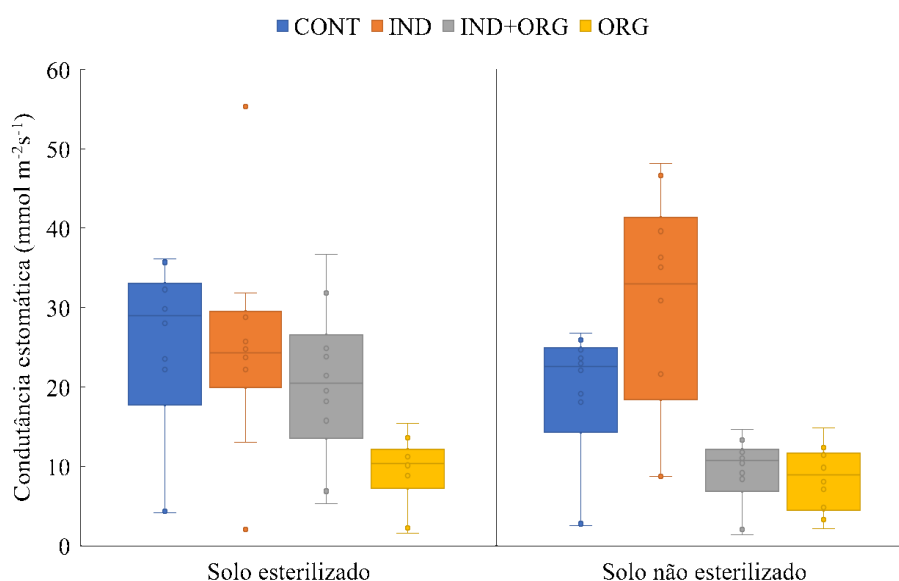


Figura 1. Condutância estomática de folhas de tomate cultivada em solo esterilizado e não esterilizado sob influência do indutor acibenzolar-S-metil (Bion) e resíduo orgânico (vinhaça). CONT= controle, IND=indutor, IND+ORG=indutor + orgânico, ORG= orgânico.

De acordo com a Figura 2 A, a atividade da enzima peroxidase avaliada nos tomateiros cultivados em solo esterilizado (TS1) e solo não esterilizado (TS2) atingiu valores estatisticamente diferentes entre os tratamentos estudados, controle, indutor de resistência ASM, indutor de resistência + resíduo orgânico assim como somente o tratamento com resíduo orgânico no solo.

Para os tratamentos controle e orgânico (ORG) foi possível constatar que não houve significância em relação aos preparos do solo, porém, o tratamento indutor (IND) e indutor + orgânico (IND+ORG) apresentaram os maiores resultados para a taxa de atividade enzimática no solo esterilizado. Provavelmente esse comportamento no vegetal está relacionado ao estresse hídrico acarretado as plantas durante a condução do experimento. Com base nos resultados obtidos para a peroxidase, há um aumento significativo, em maior ou menor intensidade dependendo do tratamento, em relação a atividade desta enzima no decorrer do tempo. Desse modo, a atividade da peroxidase pode estar relacionada ao estresse hídrico, porém, quando as plantas são submetidas a estresses hídrico ou ambientais, correspondem por diferentes comportamentos fisiológicos e bioquímicos. De acordo com estudos realizados por Ali et al. (2005) as

atividades das enzimas antioxidantes são aumentadas em função dos níveis de diferentes estresses abióticos como a seca, salinidade, ozônio e temperatura. As plantas privadas de água apresentam alterações metabólicas e de crescimento em diferentes níveis de acordo com a capacidade de tolerância e da intensidade e duração do estresse (PATANÈ et al., 2016).

A atividade enzimática pode ser reduzida ou estimulada com a influência dos estresses ambientais, o sistema enzimático da peroxidase aciona os mecanismos de defesa contra patógenos (ROSSITER et al., 2008). Desta forma as espécies reativas de oxigênio (EROs) auxiliam nos mecanismos que atribuem aclimação e tolerância às plantas aos estresse diferentes estresses abióticos (GILL, 2010).

O ASM é um indutor que interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (DEBONA et al., 2009; FURTADO et al., 2010). No entanto, a ativação dos mecanismos de defesa promovidas pelo ASM envolve o aumento na atividade de determinadas proteínas, como peroxidase e polifenoloxidase, podem variar de acordo com a planta utilizada (RESENDE et al., 2002). Em pesquisas conduzidas por Silva et al. (2007), a atividade da peroxidase aumentou significativamente nas plantas de tomate não inoculadas com bactéria e tratadas com ASM no 3º, 7º e 12º dias após aplicação, comparando com o tratamento controle (água), observaram que a aplicação de 0,05 g/L de indutor reduziu a incidência de murcha, causado por *Ralstonia solanacearum*, devido a maior atividade da enzima peroxidase. O ASM pulverizado sobre tomateiros inoculados com *Xanthomonas vesicatoria*, resultou em aumento das enzimas (peroxidase e polifenol oxidase) ligadas à resistência induzida, relacionadas à lignificação como estratégia de defesa da planta (CAVALCANTI et al., 2006).

De acordo com os resultados apresentados no estudo com a utilização do indutor de resistência ASM, foi possível constatar que houve aumento significativo da peroxidase, que provavelmente se justifica pela sua ação de defesa para o vegetal. Bertoncetti et al. (2015) estudaram sobre o uso do indutor de resistência e constaram que este indutor ativa o complexo de defesa vegetal, porém, não foi observado alteração significativa na incidência de tombamento de plântulas de tomateiro, causado por *R. solani*. Enquanto Pérez-Martínez et al. (2016) ressaltaram que o ASM induziu os maiores níveis de atividade enzimática foliar após a inoculação de *A. solani* em plantas de tomate.

Outro fator relevante para o aumento significativo da peroxidase em tomateiros cultivados no solo esterilizado pode ser justificado pela associação do indutor de resistência com o adubo orgânico que podem contribuir na melhoria da qualidade do solo, na retenção de água para a planta e o fornecimento de nutrientes. Após estudos realizados por Baysal et al. (2003), ressaltaram proteção em tomate contra a bactéria *Clavibacter michiganensis* sbsp. após aplicação do indutor de resistência ASM. Resultados semelhantes também foram encontrados por Barrette et al. (2010), destacando que os tomateiros submetidos a tratamento com indutor aplicado no solo e pulverizado nas folhas, apresentam crescimento vegetativo superior a tratamento testemunha sem aplicação de indutor.

Para a atividade polifenoloxidase (Figura 2 B) observa-se que os tratamentos INDORG=indutor + adubo orgânico assim como para o tratamento ORG=adubo orgânico não apresentaram diferenças dentro entre os dois tipos de solo utilizados, contudo o tratamento IND=indutor de resistência ASM proporcionou aumento significativo da atividade enzimática, cerca de 15 mmol mg (proteína/minuto) superior no solo não esterilizado em relação ao solo esterilizado.

A utilização de indutor favorece o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das culturas agrícolas, pois este é rapidamente absorvido pelos tecidos foliares e, este é transloucado sistemicamente, tanto para as folhas quanto para as raízes, ativando assim a planta de forma generalizada. O indutor é utilizado como controle de doenças e pragas (fungos, bactérias e nematoides), pois já existem diversos estudos comprovando sua eficiência na indução de resistência contra patógenos em várias culturas agrícolas (NASCIMENTO et al., 2008). A indução de resistência pode ser a causa dos efeitos encontrados nos solos não esterilizados, pois o indutor pode ter causado a resistência contra patógenos do tomate, como por exemplo, a antracnose. O solo não esterilizado, por apresentar uma grande atividade microbiológica, como bactérias e fungos benéficos em associação com o indutor fizeram com que a planta apresentasse bom desempenho, pois além dos benefícios do indutor, os micro-organismos também podem ter atuado como fornecedores de nutrientes para o tomateiro.

A atividade enzimática depende diretamente da qualidade biológica e dois atributos químicos e físicos do solo que influenciam, na qualidade do vegetal, pois depende do estado ou condições do vegetal sob estresse nutricional, salino e hídrico, a

atividade de enzimas antioxidantes pode ser alterada. De acordo com Jaleel et al. (2007) a limitação de água provoca estresse oxidativo em algumas espécies vegetais e suas atividades enzimáticas antioxidantes podem aumentar ou reduzir. Entretanto as plantas apresentam sistemas enzimáticos antioxidantes que constituem uma importante defesa primária contra os radicais livres gerados sob condições de estresse, ou seja, as enzimas tendem a aumentar sua atividade (CARNEIRO et al., 2011). Por tanto, esse aumento no tratamento com indutor (IND) pode estar relacionado ao déficit nutricional quando as plantas foram cultivadas em solos esterilizados, ou seja, sem presença de biomassa microbiana. De acordo com Silva (2007), ao estudar a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase na cultura de tomate observou que em suas avaliações iniciais os valores médios foram de 5 mmol mg (proteína/minuto), valor semelhantes as médias dos tratamentos controle (CONT), no entanto para os demais tratamentos que receberam a aplicação de indutor (IND), a atividade enzimática foi elevada como resposta ao estresse.

A atividade da enzima fenilalanina amônialiase, avaliada nos tomateiros cultivadas em solo esterilizado (TS1), apresentou aumento nos tratamentos sob a influência do indutor de resistência ASM Bion e indutor de resistência + resíduo orgânico (INDORG). Porém, no tratamento orgânico (ORG) constatou uma redução nessa atividade enzimática, todavia não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (Figura 2 C). Verificou-se também um decréscimo na atividade da enzima fenilalanina amônialiase nos tratamentos sob a influência do indutor de resistência e indutor de resistência + resíduo orgânico (INDORG) quando os solos não foram esterilizados (TS2) (Figura 2 C).

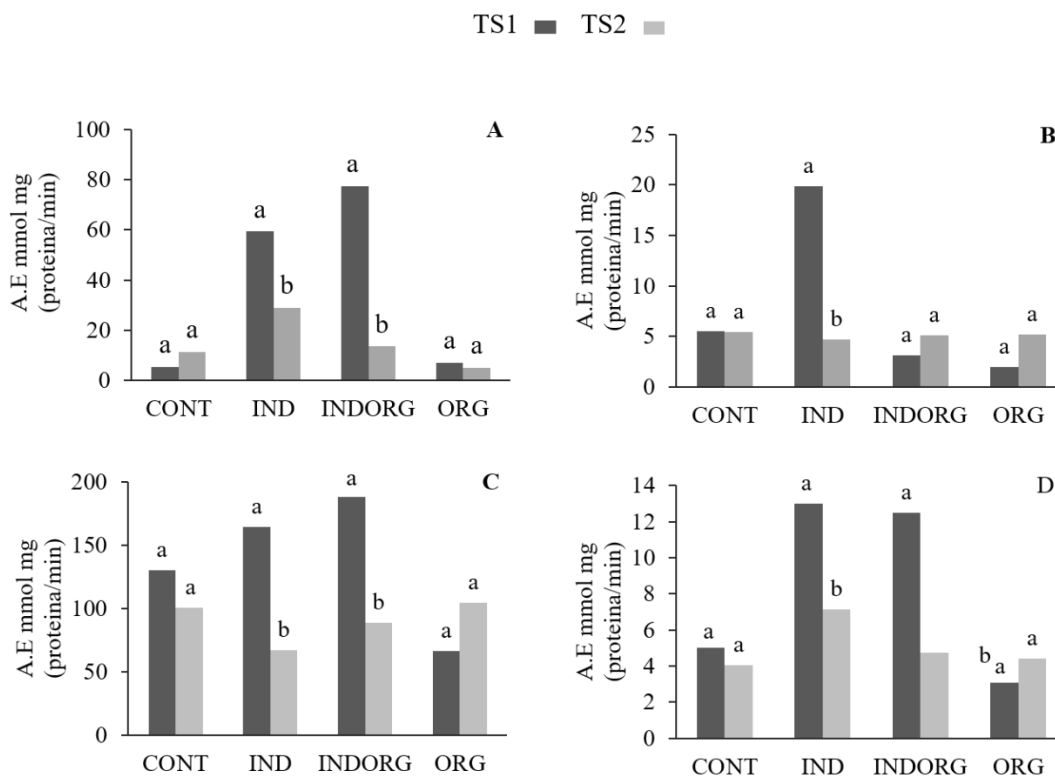


Figura 2. (A) Atividade enzimática de peroxidase, (B) polifenoloxidase, (C) fenilalanina amonialiase e (D) β -1-3-glucanase em tomateiros cultivados em solo esterilizado (TS1) e não esterilizado (TS2) sob influência do indutor de resistência Acibenzolar-S-metil (Bion) e resíduo orgânico (vinhaça). CONT= controle, IND=indutor, INDORG=indutor + orgânico, ORG= orgânico.

A alta atividade da enzima fenilalanina amônialiase, está associado a biossíntese de metabólitos ativos como fitoalexinas, fenóis, ligninas e ácidos salicílicos nas vias de defesa da planta, contra estresse abiótico ou biótico (GUIMARÃES et al., 2015; XANG, 2015), quando esta enzima associada ao indutor ASM desempenham uma maior atividade. Resultados corroboram aos apresentados por Zhang et al. (2011) que estudaram fungos fitopatogênicos na pós-colheita do fruto de melão e observaram aumento na enzima fenilalanina amônialiase, e justificaram que os resultados encontrados demonstram que a via fenilpropanóide foi ativada pelo tratamento com o indutor de resistência, provavelmente causando acúmulo de metabólitos suficientes na fruta do melão para se formar barreiras para reprimir a infecção por patógenos.

Além disso, as atividades das enzimas são extremamente sensíveis à quantidade de matéria orgânica e micro-organismos (GASCÓ et al., 2016). Quando há uma grande quantidade de matéria orgânica no solo os micro-organismos não conseguem sintetizar enzimas, diminuindo a atividade, o que deve ter incidido com a enzima fenilalanina amônia liase quando os tomates foram tratados com o indutor (IND), e indutor + adubo orgânico (INDORG) cultivada em solo não esterilizado (TS2). De acordo com a figura 2D, houve significância na atividade da enzima β -1,3-glucanase avaliado nas folhas do tomateiro, e mostrou que o tratamento com adubo orgânico (ORG) não apresentou diferença na atividade enzimática entre o solo esterilizado e não esterilizado. Porém, ocorreu diferença estatística nos tratamentos com indutor de resistência + adubo orgânico (INDORG) e indutor (IND) que proporcionou aumento significativo na atividade enzimática, cerca de 15 mmol mg (proteína/minuto) maior no solo esterilizado (TS1) em relação ao solo não esterilizado (TS2).

As β -1,3-glucanases estão inseridas nas classes de proteínas relacionadas a patogênese que englobam famílias de proteínas com características diversas, mas com o fato em comum de estarem todas relacionadas aos processos de defesa durante a patogênese, apresentando potencial para serem exploradas nos programas de indução de proteção em plantas. Sendo que nesta indução, o aumento na atividade da β -1,3-glucanase está relacionado com a defesa da planta. O teor de proteínas no tecido vegetal desafiado com um patógeno pode indicar ativação dos mecanismos de defesa (SANTOS, 2013).

CONCLUSÃO

O acibenzolar-S-metil interfere nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos do tomate. A combinação entre indutor de resistência e adubo orgânico afeta os componentes de produção do tomateiro. O efeito do indutor de resistência, incrementa a produção de massa fresca, seca, índices de clorofila e condutância estomática por planta de tomate. De acordo com os resultados obtidos, é possível observar que o indutor acibenzolar-S-metil foi capaz de atuar na resistência sistêmica ao estresse hídrico,

ativando a atividade enzimática da peroxidase, polifenoloxidase, fenilalanina amônia-liase e β -1-3-glucanase em tomates.

REFERÊNCIAS

1. ABCSEM, Tomate lidera crescimento e lucratividade no setor de hortaliças. 2018. Disponível em:<<http://www.abcsem.com.br/noticia.php?cod=284>> Acesso em 05 jun. 2019.
2. ALI, M. B.; HAHN, E. J.; PAEK, K. Effects of temperature on oxidative stress defense systems, lipid peroxidation and lipoxygenase activity in Phalaenopsis. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 43, n. 3, p. 213–223, fev, 2005.
3. ANDRADE, T.; VON PINHO, E. V.; VON PINHO, R. G.; OLIVEIRA, G. E.; ANDRADE, V.; FERNANDES, J. S. Physiological quality and gene expression related to heat-resistant proteins at different stages of development of maize seeds. *Genetics and Molecular Research*, v. 12, n. 3, p. 3630-3642, set, 2013.
4. BARRETTE, P. B.; SOUZA, R. M.; POZZA, E. A.; RESENDE, M. L. V. Aplicação e doses de acibenzolar-S-metil na proteção contra a murcha bacteriana, população do patógeno e crescimento do tomateiro. *Tropical Plant Pathology*, v. 35, n.4, p. 229-235, maio, 2010.
5. BAYSAL, O.; SOYLU, E. M.; SOYLU, S. Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterialcanker caused by *Clavibacter michiganensis* spp. *michiganensis*. *Plant Pathology*, v. 52, n. 6, p. 747-753, dez, 2003.
6. BERTONCELLI, D. J.; MAZARO, S. M.; ROCHA, R. C. D. S.; POSSENTI, J. P.; WAGNER JÚNIOR, A. Acibenzolar-S-metilo en la inducción de resistencia en tomates y control de *Rhizoctonia solani* kuhn in vitro. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v. 8, n. 2, p. 43-50, maio/ago, 2015.
7. BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 7, n. 72, p. 248-254, mai, 1976.

8. CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. de L.; SANTOS, D. M. M. Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 2, p. 553-564, abr, 2012.
9. CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S; OLIVEIRA, P. V; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 4, p. 752 - 761, ago, 2011.
10. CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; ZACARONI A. B.; RIBEIRO JUNIOR P. M.; COSTA, J. C. B.; SOUZA, R. M. Acibenzolar-S-metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, n. 4, p. 372-380, jul/ago, 2006.
11. CHEN, C. H.; NUTI, R. C.; ROWLAND, D. L.; FAIRCLOTH, W. H.; MARSHALL, C. L.; HARVEY, E. Heritability and genetic relationships for drought-related traits in peanut. *Crop Science*, v. 53, n. 4, p. 1392-1402, mai, 2013.
12. DEBONA, D.; FIGUEIROÓ, G. G.; CORTE, G. D.; NAVARINI, L.; DOMINGUES, L. D. S.; BALARDIN, R. S. Efeito do tratamento de sementes com fungicidas e acibenzolar-S-methyl no controle da ferrugem asiática e crescimento de plântulas em cultivares de soja. *Summa Phytopathologica*, v. 35, n. 1, p. 187-193, fev, 2009.
13. DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132). . Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf Acesso em 17 nov. 2019.
14. FARIDUDDIN, Q.; HAYAT, S.; AHMAD, A. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, v. 41, n. 2, p. 281-284, jun, 2003.
15. FERREIRA DF SISVAR Versão 5.3 Lavras: UFLA, 2010.

16. FLORIDO, M.; BAO, L. Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cultivos Tropicales. *La Habana*, v. 35, n. 3, p. 70-88, set, 2014.
17. FURTADO, L. M.; RODRIGUES, A. A. C.; ARAÚJO, V. S.; SILVA, L. L. S.; CATARINO, A. M. Utilização de Ecolife® e Acibenzolar-S-metil (ASM) no controle da antracnose da banana em pós-colheita. *Summa Phytopathologica*, v. 36, n. 3, p. 237-239, set, 2010.
18. GASCÓ, G.; MENDEZ, A.; PLAZA, C.; PAZ-FERREIRO, J. Influence of pig manure and its biochar on soil CO² emissions and soil enzymes. *Ecological Engineering*, v. 95, p.19-24, out, 2016.
19. GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 48, n. 12, p. 909–930, dez, 2010.
20. GUIMARÃES, S.; MAZARO, S.; FREDDO, Á.; WAGNER JÚNIOR, A. Potential of horsetail (*Equisetum* sp.) derivatives on the synthesis of defense metabolites using soybean (*Glycine max* L.) cotyledons and their effect on the in vitro growth of *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v.17, n. 1, p. 143-149, mar, 2015.
21. HAIAT, S.; FARIDUDDIN, Q.; ALI, B.; AHMAD, A. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of whet seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, v. 53, n. 4, p. 433-437, dez, 2005.
22. HUSSEIN, M. M.; BALBAA, L. K.; GABALLAH, M. S. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, v. 3, n. 4, p. 321-328, jun, 2007.
23. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Tomate - Setembro 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#/> Acesso em 12 mai. 2019.
24. IBGE/SIDRA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Tomate - Agosto 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil> Acesso em 22 ago. 2019.
25. JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit

- stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, praline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 60, p.110-116, mai, 2007.
26. JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; UESUGI, C. H.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; SANTOS, E. C. D.; RAMOS, L. N. Desempenho agrônômico de maracujazeiros tratados com produtos alternativos e fertilizantes foliares. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 1, p. 040-047, mar, 2011.
27. KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, v. 57, p. 315-319, fev, 1976.
28. KHAN, W.; PRITHVIRAJ, B.; SMITH, D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, v. 160, n. 5, p. 485-492, mai, 2003.
29. KESSMANN, H.; RYALS, J.; STAUSB, T.; OOSTENDORP, M.; AHA GOY. P.; HOFFMANN, C. J.; FRIEDRICH, L.; DELANEY, T.; LAWTON, K.; RYALS, L.; WEYMANN, K.; LIGON, H.; VERNOLJ, B.; UKNES, S. CGA245704: Mode of action of new plant activator. In: *International Plant Protection Congress*, Proceedings. The Hague The Netherlands. ISPP. fev, 1995.
30. KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Ago, 1928.
31. LEVER, M. A. New reaction for colorimetric determination of carbohydrates. *Analytical Biochemistry*, v. 47, p. 273-279, mai, 1972.
32. MAHMOOD, T.; MEHNAZ, S.; FLEISCHMANN, F.; ALI, R.; HASHMI, Z. H.; IQBAL, Z. Soil sterilization effects on root growth and formation of rhizosheaths in wheat seedlings. *Pedobiologia*, v. 57, n. 3, p. 123-130, mai, 2014.
33. MAZARO, S. M.; CITADIN, I.; GOUVÊA, A.; LUCKMANN, D.; GUIMARÃES, S. S. Indução de fitoalexinas em cotilédones de soja em resposta a derivados de folhas de pitangueira. *Ciência Rural*, v. 38, n. 7, p. 1824-1829, abr, 2008.
34. MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; MALUF, W. R.; PERES, L. E. P.; BORDINI, I. C. Selection of tomato plant families using characters related to water deficit resistance. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 1, p. 27-33, jan/mar, 2015.

35. NASCIMENTO, L. C.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando em mamoeiro, utilizando extratos vegetais, indutores de resistência e fungicida. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 30, n. 3, p. 313-319, maio, 2008.
36. NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. D. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, v. 28, n. 3, p. 343-349, jun, 2004.
37. PATANÈ, D. C.; SCORDIA, G.; TESTA, S. L. Cosentino, Physiological screening for drought tolerance in Mediterranean long-storage tomato. *Plant Science*. v. 249, p. 25-34, mai, 2016.
38. PÉREZ-MARTÍNEZ, S.; SOLÓRZANO, E.; CASTILLOI, D. S.; COCA, B. M. Induction of tomato resistance to *Alternaria solani* Sor. by biological and chemical activators in the field. *Revista Protección Vegetal*, v. 31, n. 3, p. 201-212, set/dez 2016.
39. PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: UNESP, 2008.
40. RESENDE, M. L. V.; NOJOSA, G. B. A.; CAVALCANTI, L. S.; AGUILAR, M. A. G.; SILVA, J. O.; PEREZ, L. H. C. P.; ANDRADE, G. C. G.; CARVALHO, G. A.; CASTRO, R. M. Induction of resistance in coco against *Crinipellis pernicioso* and *Verticillium dahliae* by acibenzolar-S-methyl (ASM). *Plant Pathology Bangor*, v. 51, p. 621-628, out, 2002.
41. ROSSITER, J. G. A.; MUSSER, R. S.; MARTINS, L. S. S.; PEDROSA, E. M. R.; MEDEIROS, J. M. Seleção de genótipos de aceloleira assistida por marcadores isoenzimáticos visando à resistência a *Meloidogyne incognita* raça 2. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n. 4, p. 1057-1064, dez, 2008.
42. SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 36, n. 3, p. 683-96, jun, 2012.
43. SANTOS, P. H. D. Produtos alternativos no controle de doenças fúngicas em folha e fruto de mamoeiro. 2013, Dissertação (Centro de Ciências e Tecnologias

- Agropecuárias). Universidade Estadual Norte do Fluminense, Campos dos Goytacases-RJ, 2013.
44. SILVA, M. S.; SILVA, R. P.; SOUZA, A. V. L.; XAVIER, Y. P. M.; OLIVEIRA, A. C.; COQUEIRO, D. S. O. Aplicação exógena do ácido salicílico em maracujazeiro amarelo para o controle do vírus do endurecimento dos frutos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 83, p. 01-07, jun, 2016.
45. SILVA, R. F.; PASCHOLATI, S. F.; BEDENDO, I. P. Indução de resistência em tomateiro por extratos aquosos de *Lentinula edodes* e *Agaricus blazei* contra *Ralstonia solanacearum*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, n. 3, p. 189-196, maio/jun, 2007.
46. TAKESHITA, M.; OKUDA, M.; OKUDA, S.; HYODO, A.; HAMANO, K.; FURUYA, N.; TSUCHIYA, K. Induction of antiviral responses by acibenzolar-s-methyl against cucurbit chlorotic yellows virus in Melon. *Phytopathology*, v. 103, n. 9, p. 960-965, set, 2013.
47. URBANEK, H.; KUZNIAK-GEBAROWSKA, E.; HERKA, K. Elicitation of defense responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase. *Acta Physiologia e Plantarum*, v. 13, p. 43-50, fev, 1991.
48. VALLAD, G. E.; Goodman, R. M. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science*, v. 44, p. 1920-1934, jun, 2004.
49. XANG, X.; LIU, C. J. Multifaceted regulations of gateway enzyme phenylalanine ammonia-lyase in the biosynthesis of phenylpropanoids. *Molecular plant*, v. 8, n. 1, p. 17-27, nov, 2015.
50. WALTERS, D.; WALSH, D.; NEWTON, A.; LYON, G. Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology*, v. 95, n. 12, p. 1368-1373, dez, 2005.
51. ZHANG, Z.; BI, Y.; GE, Y.; WANG, J.; DENG, J.; XIE, D.; WANG, Y. Multiple pre-harvest treatments with acibenzolar-S-methyl reduce latent infection and induce resistance in muskmelon fruit. *Scientia Horticulturae*, v. 130, n. 1, p. 126-132, ago, 2011.
52. ZUCKER, M. Induction of phenylalaninadeaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. *Plant Physiology*, v. 40, n. 5, p. 779-784, set, 1968.