



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicum* L. SOB DENSIDADES
CRESCENTES DE NEMATOIDES E ÁCIDO SALICÍLICO**

FRANCISCO ROMÁRIO ANDRADE FIGUEIREDO

AREIA-PB
Fevereiro de 2019



**UNIVERSIDADE FERDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicum* L. SOB DENSIDADES
CRESCENTES DE NEMATOIDES E ÁCIDO SALICÍLICO**

FRANCISCO ROMÁRIO ANDRADE FIGUEIREDO

Sob a orientação do Professor

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

Dissertação submetida como
requisito para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia, no
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia.

Areia-PB
Fevereiro de 2019

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

F457r Figueiredo, Francisco Romario Andrade.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicum*
L. SOB DENSIDADES CRESCENTES DE NEMATOIDES E ÁCIDO
SALICÍLICO / Francisco Romario Andrade Figueiredo. -
Areia PB, 2019.
55 f.

Orientação: Manoel Bandeira de Albuquerque.
Coorientação: Guilherme Silva de Podestá.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Tomateiro, *Meloidogyne javanica*, Fitormônio, Fisio.
I. Albuquerque, Manoel Bandeira de. II. Podestá,
Guilherme Silva de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicum* L. SOB DENSIDADES
CRESCENTES DE NEMATOIDES E ÁCIDO SALICÍLICO

AUTOR: FRANCISCO ROMÁRIO ANDRADE FIGUEIREDO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:

Manoel B. de Albuquerque
Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque – CCA/UFPB

Orientador

Guilherme Silva de Podestá
Prof. Dr. Guilherme Silva de Podestá – CCA/UFPB

Coorientador

Luciana Cordeiro do Nascimento
Profa. Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento – CCA/UFPB

Examinador

Élida B. Corrêa
Profa. Dra. Élida Barbosa Corrêa – CCAA/UEPB

Examinador

Data da realização: 21/02/2019

Presidente da Comissão Examinadora

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

Orientador

OFEREÇO

Aos meus pais,

Vilaci Andrade e Francisco Pereira Figueiredo

*À minha família, que sempre me
apoiou em todos os momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador de todo o Universo, pelo dom da vida, dando-me proteção em todos os momentos.

Aos meus pais Francisco Pereira Figueiredo e Vilaci Andrade, ao meu irmão Aurílio Andrade Figueiredo, a minha irmã Vitória Andrade Figueiredo e a todos os familiares por estarem a todo tempo ao meu lado e sempre me incentivando nessa difícil jornada.

Ao Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque, pela orientação, confiança, disponibilidade, ensinamentos, amizade e pelo exemplo transmitido, e também pela oportunidade de poder trabalhar na pesquisa pelo Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) nesses dois anos de trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), pelo apoio institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e consequentemente para minha formação profissional.

Aos membros da banca Profa. Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento e a Profa. Dra. Élida Barbosa Corrêa, pessoas que jamais esquecerei, por se disporem a colaborarem de forma grandiosa com essa pesquisa.

A todos integrantes, ex-integrantes, agregados, anexos e demais denominações do LEV.

Ao professor Dr. Walter Esfrain por ter me concedido o aparelho Fluorômetro para realizações das análises.

Ao professor Dr. Thiago Jardelino Dias por ter me concedido o aparelho Clorofilômetro para realizações das análises.

À professora Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno por ter me concedido o espaço na casa de vegetação para realização do experimento.

Aos amigos e amigas que sempre me apoiaram em todos os momentos: Bruno Filgueira, Francisco Kléberson, Francisco Luís, Daciano Miguel, Alisson Miguel, Hidelbrando, Cássio, Damião, Daniela Melo, D'angela Sousa e Damara Bezerra.

Aos amigos que a Agroecologia me proporcionou: Jóice, Jany, Wanderson, Joabson, Edna, Katiana, Berlinda e Edvaldo.

Aos amigos que adquiri na Pós-graduação: Rodrigo Garcia, Fernando José, Jackson Nóbrega, João Everthon, Toshik Iarley, Leonardo Vieira, Reynaldo Teodoro, Jean Télvio, Fátima Queiroz, Ronimeire Torres, Joana Gomes, Wilma Celedônio e Leonora Santiago.

Ao meu amor, Cyntia Dantas, pelo companheirismo, carinho e paciência durante todo esse tempo, te agradeço de coração! A toda a sua família por todo apoio e incentivo.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização do trabalho.

Muito obrigado!

FIGUEIREDO, F. R. A. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicum* L. SOB DENSIDADES CRESCENTES DE NEMATOIDES E ÁCIDO SALICÍLICO.

Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Fev. 2019, 55. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque. Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Silva de Podestá.

RESUMO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das mais importantes olerícolas do mundo e está sujeita ao ataque de vários patógenos, em especial aos nematoides das galhas, que podem promover desordens fisiológicas que chegam a inviabilizar a cultura. Diante dessa problemática, torna-se necessário a busca por estratégias que minimizem tais efeitos, assim, a aplicação do ácido salicílico pode ser uma estratégia promissora. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas do tomateiro sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e aplicação do ácido salicílico. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, utilizando a matriz Composto Central de Box (CCB) com cinco densidades populacionais de nematoides (0; 5815; 20000; 34184 e 40000 ovos por planta) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM por planta), com quatro repetições e duas plantas por parcela experimental. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, área foliar específica, peso específico de folha, taxa de crescimento absoluto e relativo para altura, volume de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total, índice de qualidade de Dickson, número de ovos, número de galhas e fator de reprodução aos 50 dias após o transplantio e infestação do solo. As trocas gasosas, fluorescências e índices de clorofilas foram avaliadas aos 45 dias após o transplantio e infestação do solo. A densidade populacional (DP) de 23903 ovos foi a que proporcionou o maior fator de reprodução, porém, as DPs não influenciaram nas características de crescimento do tomateiro. O AS influenciou na taxa de crescimento absoluto para altura, área foliar específica e peso específico de folha. O ácido salicílico (AS) influenciou na assimilação líquida de CO₂ e eficiência de carboxilação. A infestação por *M. javanica* em plantas de tomateiro influenciou negativamente nas trocas gasosas e nos teores de clorofila.

PALAVRAS-CHAVE: Tomateiro, *Meloidogyne javanica*, Fitormônio, Fisiologia.

FIGUEIREDO, F. R. A. **RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicum* L. SOB DENSIDADES CRESCENTES DE NEMATOIDES E ÁCIDO SALICÍLICO.**

Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Fev. 2019, 55p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important oleraceous in the world, and it is subject to the attack of several pathogens, especially to the nematodes of the galls, that can promote physiological disorders that make the crop unviable. In view of this problem, it is necessary to search for strategies that minimize these effects, so the application of salicylic acid may be a promising strategy. In this context, the objective of this work was to evaluate the physiological responses of tomato plants under the population densities of *Meloidogyne javanica* and salicylic acid application. The design was the one of randomized blocks, using the Central Composite Box (CCB) with five nematode population densities (0, 5815, 20000, 34184 and 40000 eggs per pot) and five doses of salicylic acid (0.0, 0.29, 1.0, 1.71 and 2.0 mM), with four replicates and two plants per experimental plot. The following variables were evaluated: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, specific leaf area, leaf specific weight, absolute and relative growth rate for height, root volume, aerial shoot mass, mass root dry matter, total dry mass, Dickson quality index, number of eggs, number of galls and reproduction factor at 50 days after transplanting and soil infestation. Gas exchanges, fluorescence and chlorophyll index were evaluated at 45 days after transplanting and soil infestation. The population density (PD) of 23903 eggs provided the largest reproduction factor, however, the PDs did not influence the growth characteristics of the tomato. Salicylic acid (SA) influenced the absolute growth rate for height, specific leaf area and leaf specific weight. SA influenced the net CO₂ assimilation and carboxylation efficiency. The infestation by *M. javanica* in tomato plants had a negative influence on gas exchange and chlorophyll content.

KEY WORDS: Tomato, *Meloidogyne javanica*, Phytohormone, Physiology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DO ÁCIDO SALICÍLICO E *Meloidogyne javanica* NO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO

Figura 1. Taxa de crescimento relativo para altura (A), área foliar específica (B) e peso específico de folha (C) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob aplicação de ácido salicílico.

Figura 2. Número de galhas e ovos por grama de raiz (A e B) e o fator de reprodução (C) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

Figura 3: Número de ovos por grama de raiz (A) e o fator de reprodução (B) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob aplicação de ácido salicílico.

CAPÍTULO II – ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM *Solanum lycopersicum* L. NA PRESENÇA DE NEMATOIDES DAS GALHAS E ÁCIDO SALICÍLICO

Figura 1: Condutância estomática (A), assimilação líquida do CO₂ (B), eficiência de carboxilação (C) e a temperatura foliar (D) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

Figura 2: Assimilação líquida de CO₂ (A) e eficiência instantânea de carboxilação (B) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob aplicação de ácido salicílico.

Figura 3: Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DO ÁCIDO SALICÍLICO E *Meloidogyne javanica* NO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO

Tabela 1: Características químicas dos componentes do substrato usado no experimento.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para, altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), peso específico de folhas (PEF), taxa de crescimento absoluto para altura (TCAap), taxa de crescimento relativo para altura (TCRap), índice de qualidade de Dickson (IQD) e volume de raiz (VR) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), número de ovos (NO), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

CAPÍTULO II – ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM *Solanum lycopersicum* L. NA PRESENÇA DE NEMATOIDES DAS GALHAS E ÁCIDO SALICÍLICO

Tabela 1: Características químicas dos componentes do substrato usado no experimento.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para condutância estomática (gs), assimilação líquida de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), temperatura foliar (TF), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), eficiência instantânea do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilção (EiC)

em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para clorofila *a* (Cla), *b* (Clb), total (Clt), relação clorofila *a/b* (Cla/b), fluorescência inicial (F_0), variável (F_v), máxima (F_m), eficiência quântica do PSII (F_v/F_m) e a relação F_v/F_0 em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
Cultura do Tomateiro.....	2
Nematoides na Cultura do Tomateiro	3
<i>Meloidogyne javanica</i>	3
Ácido Salicílico.....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO I - INFLUÊNCIA DO ÁCIDO SALICÍLICO E <i>Meloidogyne javanica</i> NO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO II - ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM <i>Solanum lycopersicum</i> L. NA PRESENÇA DE NEMATOIDES DAS GALHAS E ÁCIDO SALICÍLICO	25
RESUMO.....	26
ABSTRACT	27
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no Brasil e no mundo (FILGUEIRA, 2012). Ao longo do ciclo cultural as plantas podem estar sujeitas a estresses bióticos e abióticos, os quais limitam seu crescimento e desenvolvimento. Dentre esses, destaca-se a ocorrência de nematoides em nível de dano, fato preocupante para os produtores dessa hortaliça (OLIVEIRA, 2015). Diversas espécies de nematoides podem causar danos ao tomateiro, porém, as pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp., conhecidas por formarem galhas no sistema radicular da planta parasitada são consideradas as principais no Brasil, especialmente, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* (PINHEIRO et al., 2014).

Plantas de tomateiro infectadas por *M. javanica* além da formação de galhas no sistema radicular, o que dificulta a absorção de água e nutrientes, apresentam porte reduzido, folhas reduzidas e amareladas, e intensa murcha nas horas mais quentes do dia (CHARCHAR; LOPES, 2005). De acordo com Resende e Costa (2000), a formação de galhas nas raízes do tomateiro provoca deficiência nutricional e perdas na produtividade na ordem de 25 a 85%.

Diversas práticas podem ser utilizadas para o controle desses patógenos, como por exemplo, o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas por meio da utilização de plantas antagônicas, controle biológico, o uso de extratos vegetais e a aplicação de produtos químicos, sendo essa a prática mais difundida. Porém, o uso de nematicidas é considerado um método antieconômico e antiecológico, tanto por ser tóxico para os animais e ao homem, como por ser danoso ao meio ambiente (DIAS et al., 2010).

Nesse sentido, surge a necessidade de se buscar produtos que possam minimizar os efeitos deletérios causados por esses fitonematoídes. Diante dessa problemática, a aplicação exógena do ácido salicílico (AS) pode ser uma alternativa viável, visto que esse hormônio pode agir como molécula sinalizadora (TAIZ et al., 2017).

Em plantas atacadas por agentes patogênicos, por exemplo, um dos mecanismos de defesa é o acúmulo de AS (HAYAT et al., 2010). O AS é essencial para o estabelecimento de uma resistência sistêmica adquirida (SAR) e ativação de genes relacionados com a patogênese (LOAKE; GRANT 2007; VAN LOON; VAN STRIEN, 1999).

Na literatura, alguns autores relatam os efeitos positivos do AS em plantas sob estresses, tais como, Angooti e Nourafcan (2015) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) sob estresse salino; Sillero et al. (2012) em plantas de feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.), aumentando a SAR contra ferrugem; já no tomateiro, Mandal et al. (2009) relataram que a aplicação exógena de 200 μ mol de ácido salicílico pode induzir a resistência contra fusariose. Esses mesmos autores afirmam que esses resultados indicaram que a resistência induzida observada em tomateiro contra fusariose pode ser um caso de resistência sistêmica adquirida dependente de ácido salicílico.

Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas do tomateiro sob diferentes densidades populacionais de nematoides e aplicação do ácido salicílico.

REFERENCIAL TEÓRICO

Cultura do Tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma solanácea herbácea, com caule flexível, que tem como centro primário de origem um estreito território, limitado ao norte pelo Equador, ao sul pelo norte do Chile, a oeste pelo oceano Pacífico e a leste pela Cordilheira dos Andes (FILGUEIRA, 2012). O clima fresco e seco e a alta luminosidade favorecem a cultura, a faixa de temperatura ideal para o cultivo é de 20°C a 25°C durante o dia, e 11°C a 18°C, à noite (SOUZA; RESENDE, 2011).

Essa hortaliça possui alto valor comercial e grande importância mundial. No Brasil é uma das mais consumidas, sendo uma importante fonte de vitamina e sais minerais (ARAH et al., 2015; DEMONTIÉZO et al., 2016). A necessidade de um preparo mais rápido dos alimentos e as cadeias de *fast food* vem cada vez mais impulsionando a produção desta olerícola (SILVA JÚNIOR et al., 2014).

Os maiores produtores mundiais de tomates são China, Índia e Estados Unidos, a produção brasileira de tomates corresponde a aproximadamente 3% da produção mundial, sendo destinada principalmente ao mercado interno (FAOSTAT, 2016). No ano de 2017, houve um aumento de 15,7% na produtividade dessa hortaliça, com redução de 12,9% na área de produção, além de um acréscimo de 66,7% das importações de polpa (ANUÁRIO HORTIFRUTI BRASIL, 2017).

No Brasil, os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais são destaque na produção de tomates (IBGE, 2016). Para que essa atividade seja algo rentável, torna-se necessário a utilização de produtos e métodos que visem maximizar a produção dessa cultura, permitindo o melhor desenvolvimento da planta, com menos ataques de pragas e doenças e consequentemente maiores rendimentos econômicos.

Nematoides na Cultura do Tomateiro

Nematoides pertencentes a diversos gêneros podem causar danos à cultura do tomateiro, entre esses, o *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus* (PINHEIRO et al., 2014). Para essa cultura, estima-se perdas de até 30% na produção decorrentes do parasitismo por nematoides (NAIKA et al., 2006).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., conhecidos por formarem galhas no sistema radicular da planta parasitada são considerados os mais importantes fitonematoídes, com ampla distribuição e uma gama de hospedeiros (ALMEIDA et al., 2012). De acordo com Carvalho (2017), a infecção se inicia com juvenis de segundo estádio, os quais eclodem e migram via solo para o sistema radicular e penetram através da região meristemática.

Dentre as espécies que parasitam o tomateiro, destaca-se o *Meloidogyne javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria* (CARVALHO, 2017). Em pesquisas recentes, foi detectado também susceptibilidade a *M. enterolobii* em genótipos e híbridos de tomateiro em testes sob condições controladas (ROSA et al., 2014).

Plantas sob ataque desses fitonematoídes além de apresentarem sintomas como nanismo, clorose, redução na absorção de água e nutrientes devido à formação das galhas, redução na produção, também se tornam vulneráveis a outros patógenos, especialmente, fungos e bactérias, o que pode ocasionar até a morta da planta (ASMUS, 2001).

Meloidogyne javanica

O *M. javanica* é uma espécie polífaga, podendo causar danos a plantas pertencentes a diversas famílias, sendo predominante em regiões com estações secas bem definidas (EISENBACK; TRIANTAPHYLLOU, 1991). Esses patógenos são capazes de se reproduzir tanto em mono quanto em dicotiledônicas, apresentando quatro raças fisiológicas (r1, r2, r3 e r4), classificadas de acordo com as culturas sujeitáveis (PERRY;

MOENS, 2013). Essa espécie é considerada a de maior importância econômica para a cultura do tomateiro, devido sua ampla disseminação nas áreas de produção, estando presente em 50% das amostras coletadas, seguido do *M. incognita* (28,5% das amostras) (PINHEIRO et al., 2014).

A fêmea dessa espécie apresenta forma globosa, periforme ou em forma de saco, alimentando-se em locais fixos nas raízes, tornando-se imóveis, já o macho tem corpo vermiforme, não se alimenta e abandona a raiz quando atinge o estádio adulto (MARTINS, 2015). Segundo esse mesmo autor, o ciclo de vida do *M. javanica* dura aproximadamente quatro semanas a uma temperatura média de 25°C, podendo prolongar-se sob condições desfavoráveis.

As plantas atacadas por *M. javanica* apresentam sintomas variados, tais como: zonas sem plantas ou com plantas pouco desenvolvidas, murcha nas horas mais quentes do dia, clorose nas folhas, além da formação de galhas no sistema radicular (EMBRAPA, 2010). Corroborando com essa afirmação, Charchar e Lopes (2005) afirmam que em ambiente protegido, tomateiros sob ataque de *Meloidogyne javanica* tem seu porte reduzido, folhas menores e amareladas, e murcha intensa nas horas mais quentes do dia.

Para se evitar perdas por esses fitonematoídes, o controle preventivo é a melhor forma, além dessa, existem outras, tais como: utilização de variedades resistentes, controle biológico com a utilização de fungos e bactérias, e também a rotação com culturas antagônicas (CAMPOS et al., 2012). Outra técnica muito utilizada para reduzir a densidade populacional desses patógenos é a aplicação de produtos químicos, os quais correspondem ao emprego de substâncias nematicidas de origem sintéticas, que podem atuar de forma sistêmica ou por contato (DIAS et al., 2010).

Ácido Salicílico

O ácido salicílico (AS) é um fitormônio de origem fenólica, o qual está relacionado com o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, podendo induzir as plantas a respostas quando submetidas a estresses bióticos e abióticos, atuando como molécula sinalizadora (TAIZ et al., 2017). A produção de AS é uma reação das plantas quando submetidas a estresses, ou seja, é um indutor na expressão de genes envolvidos na resistência que codifica proteínas relacionadas ao estresse (MORADI E REZVANI, 2012).

O AS medeia respostas de defesa dos vegetais contra organismos patogênicos. Sua capacidade de defesa contra patógenos, por meio de diversas reações bioquímicas e fisiológicas, desencadeia a produção de vários metabólitos secundários (HALL et al., 2011). Além de ser um sinalizador (na sua forma metilada - metilsalicilato), atua como um mecanismo de comunicação de ataque na planta acometida ou para plantas vizinhas.

A resistência contra organismos patogênicos leva à produção de algumas proteínas de patogenicidade relativa em plantas, podendo ser induzida por AS (VIEIRA et al., 2010). Efeitos positivos do AS são relatados por Sillero et al. (2012) em plantas de feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.), aumentando a SAR contra ferrugem; já em plantas de tomate, Mandal et al. (2009) relataram que a aplicação exógena de ácido salicílico pode induzir a resistência contra fusariose. No entanto, além da dose e a maneira que esse fitohormônio é aplicado, fatores genéticos e ambientais podem influenciar nos efeitos do mesmo (EL-ESAWI et al., 2017).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. A.; PETTER, F. A.; SIQUEIRA, V. C.; ALCÂNTARA NETO, F.; ALVES, A. U.; LEITE, M. L. T. Modos de preparo de extratos vegetais sobre *Meloidogyne javanica* no tomateiro. **Nematópica**, v. 42, n. 1, p. 9-15, 2012.
- ANGOOTI, F.; H. NOURAFCAN. Effects of application method and level of salicylic acid on some morphological characteristics of *Ocimum basilicum* L. leaves under sodium chloride salinity stress. **Biological Forum**, v. 7, n.1, p. 346-351, 2015.
- ANUÁRIO HORTIFRUTI BRASIL 2017. Piracicaba: CEPEA ESALQ/USP, 2017. 54P.
- ARAH, I. K.; KUMAH, E. K.; ANKU, E. K.; AMAGLO, H. An overview of post-harvest losses in tomato production in Africa: causes and possible prevention strategies. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v.5, n. 16, p. 78-88, 2015.
- ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: FERRAZ, L. C. C. B.; ASMUS, G. L.; CARNEIRO, R. G.; MAZAFERRA, P.; SILVA, J. F. V. **Relações parasito-hopedeiro nas meloidoginoses da soja**. Embrapa Soja, Londrina, PR, p. 39-56, 2001.
- CAMPOS, V. A. C.; MACHADO, A. R. T.; OLIVEIRA, D. F.; CAMPOS, V. P.; CHAGAS, R. C. R.; NUNES, A. S. Changes in metabolites in plant roots after inoculation with *Meloidogyne incognita*. **Nematology**, v. 14, n. 5, p. 579-588, 2012.

- CARVALHO, P. H. **Controle biológico e alternativo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em tomateiro.** 98f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- CHARCHAR, J. M.; LOPES, C. A. Nematoides. In: LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. **Doenças do tomateiro.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Hortaliças, Brasília, DF, p. 97-100, 2005.
- DEMONTIÉZO, F. L. L.; ARAGÃO, M. F.; VALNIR JÚNIOR, M.; MOREIRA, F. J. C.; PAIVA, P. V. V.; LIMA, S. C. R. V. Emergência e crescimento inicial de tomate 'Santa Clara' em função da salinidade e condições de preparo das sementes. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 81-92, 2016.
- DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides em soja: Identificação e Controle. Londrina: Embrapa Soja, **Circular Técnica**, v.76, 8p., 2010.
- EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp. and races. In: NICKLE, W. R (ed.). **Manual of agricultural nematology**. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, p. 191-274, 1991.
- EL-ESAWI, M. A.; ELANSARY, H. O.; EL-SANHOREY, N. A.; ABDEL-HAMID, A. M. E.; ALI, H. M.; ELSHIKH, M. S. Salicylic acid-regulated antioxidante mechanisms and gene expression enhance rosemary performance under saline conditions. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n.716, p. 1-14, 2017.
- EMBRAPA, 2010. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011.** Londrina: Embrapa soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 255pp.
- FAOSTAT. **Database Results.** 2016. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 26 fev. 2019.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura:** Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 421p.
- HALL, D.; K.; K.; H.; LUCA, V. Molecular cloning and biochemical characterization of three Concord grape (*Vitis labrusca*) flavonol 7-O-glucosyltransferases. **Planta**, v. 234, n. 1, p. 1201-1214, 2011.
- HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 68, p. 14-25, 2010.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário.** Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

MANDAL, S.; MALLICK, N.; MITRA, A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 642-649, 2009.

MARTINS, M. F. **Avaliação da resistência de linhagens de Feijoeiro ao Nemátode *Meloidogyne javanica* e ao Fungo *Fusarium oxysporum* f.sp.*phaseoli***. 69f. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Agricultura Biológica. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2015.

MORADI, H., REZVANI, P. Effect of seed priming by salicylic acid on salt stress on germination and growth characteristics fennel seedling. **Agricultural Research in Iran**, v. 8, n. 3, p. 483-489, 2012.

NAIKA, S; JEUDE, J. V. L.; GOFFAU, M.; HILMI, M; DAM, B. V. **A cultura do tomate: Produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA. Agrodok, v.17, 104p., 2006.

OLIVEIRA, E. T. **Influência de fungos micorrizos arbusculares sob o desenvolvimento de berinjela infestada com *Meloidogyne incognita*, cultivada em substrato com pó de casca de coco**. 68f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PERRY, R. N.; MOENS, M. **Plant nematology**. 2. ed. CABI International, Cambridge, MA, USA, p. 1-17, 2013.

PINHEIRO, J. B.; BOITEUX, L. S.; PEREIRA, R. B.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. **Identificação de espécies de *Meloidogyne* em tomateiro no Brasil**. Embrapa, Brasília, 16p., 2014. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade de cultivares de tomate industrial do Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 126-129, 2000.

ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Reação de genótipos e híbridos de tomateiro à *Meloidogyne enterolobii*. **Ciência Rural**, v.44, n.7, p.1166-1171, 2014.

SILLERO, J. C.; MOLINA, R. M. M.; ÁVILA, C. M.; RUBIALES, D. Induction of systemic acquired resistance against rust, ascochyta blight and broomrape in faba bean by exogenous application of salicylic acid and benzothiadiazole. **Crop Protection**, v. 34, p. 65-69, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. F.; KLAR, A. E.; TANAKA, A. A.; SILVA, I. P. F. E.; CARDOSO, A. E. I.; PUTTI, F. F. Tomato seeds vigor under water or salt stress. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8, n. 1, p. 65-72, 2014.

- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2. ed. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2011. 843p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- VAN LOON, L. C.; VAN STRIEN, E. A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 55, p. 85–97, 1999.
- VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luís: EDUFMA, 2010. 230 p.

CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DO ÁCIDO SALICÍLICO E *Meloidogyne javanica* NO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO

Será submetido ao periódico: *Journal of Agricultural Science*.

RESUMO

Os nematoides das galhas são uns dos principais patógenos de solo, causando grandes perdas, especialmente na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Com isso, é de fundamental importância à adoção de práticas que minimizem tais efeitos, entre essas, a aplicação do ácido salicílico, fitohormônio de origem fenólica, atuando muitas vezes como molécula sinalizadora. Nesse trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do ácido salicílico nas características de crescimento do tomateiro em solo infestado com *M. javanica* em diferentes densidades. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, utilizando a matriz Composto Central de Box (CCB) com cinco densidades populacionais de nematoides (0; 5815; 20000; 34184 e 40000 ovos por planta) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM por planta), com quatro repetições e duas plantas por parcela experimental. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), peso específico de folha (PEF), taxa de crescimento absoluto e relativo para altura (TCAap e TCRap), volume de raiz (VR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), número de ovos (NO), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR) aos 50 dias após o transplantio e infestação do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial. Não houve interação significativa entre os fatores estudados. A densidade populacional (DP) de 23903 ovos foi a que proporcionou o maior FR, porém, as DPs não influenciaram nas características de crescimento do tomateiro. O AS nas doses de 0,97; 2,0 e 0,88 mM influenciaram positivamente na TCRap, AFE e PEF, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Tomateiro, *Meloidogyne javanica*, crescimento vegetativo.

ABSTRACT

The root-knot nematodes are one of the main soil pathogens, causing great losses, especially in the tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.). With this, it is of fundamental importance to adopt practices that minimize such effects, among them, the application of salicylic acid, phytohormone of phenolic origin, often acting as a signaling molecule. The objective of this work was to evaluate the effect of salicylic acid on tomato growth characteristics in soil infested with *M. javanica* at different densities. The design was the one of randomized blocks, using the Central Composite Box (CCB) with five nematode population densities (0, 5815, 20000, 34184 and 40000 eggs per pot) and five doses of salicylic acid (0.0, 0.29, 1.0, 1.71 and 2.0 mM), with four replicates and two plants per experimental plot. The following variables were evaluated: plant height (PH), stem diameter (CD), number of leaves (NF), leaf area (LA), specific leaf area (SLA), leaf specific weight (LSW), absolute and relative growth rate for height (AGRph and RGRph), root volume (RV), shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), Dickson quality index (DQI), number of eggs (NE), number of galls (NG) and reproduction factor (RF) at 50 days after transplanting and soil infestation. Data were submitted to analysis of variance by the F test, and in the cases of significance, polynomial regression analysis was performed. There was no significant interaction between the factors studied. The population density (PD) of 23903 eggs provided the highest RF, however, the PDs did not influence the growth characteristics of the tomato. The SA at doses of 0.97; 2.0 and 0.88 mM positively influences RGRph, SLA and LSW, respectively.

KEY WORDS: Tomato, *Meloidogyne javanica*, vegetative growth.

INTRODUÇÃO

Os nematoides, em especial os do gênero *Meloidogyne* spp., conhecidos por formar galhas no sistema radicular, estão entre os principais patógenos habitantes do solo, (CARVALHO FILHO et al., 2011). No Brasil, entre as espécies que proporcionam danos significativos, destacam-se o *Meloidogyne incognita* e o *Meloidogyne javanica*, dependendo de fatores como a densidade populacional, suscetibilidade da cultura, tipo de solo e condições ambientais (SILVA et al., 2011).

Na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), uma das hortaliças mais importantes e consumidas no Brasil, fonte de vitaminas e sais minerais, esses fitonematoídes constituem um dos principais problemas (DEMONTIÊZO et al., 2016). De acordo com Oliveira e Rosa (2014), altas infestações no ínicio do plantio podem ocasionar perdas de até 100% na produção, além da redução da qualidade dos frutos.

Atualmente, as formas de controle desses patógenos, tais como o uso de produtos químicos, uso de variedades resistentes e a solarização, além de serem consideradas parcialmente eficazes, são caras e, muitas vezes se tornam inviáveis, principalmente para os pequenos produtores (COLLANGE et al., 2011; VAZ et al., 2011). Com isso, surge a necessidade de se buscar produtos e ou técnicas viáveis e eficazes que minimizem tais efeitos.

Diante disso, o ácido salicílico (AS), surge como uma alternativa, visto que plantas ao serem atacadas por agentes patogênicos um dos mecanismos de defesa é o acúmulo de grandes quantidades deste ácido (HAYAT et al., 2010). O AS é um fitormônio fenólico que está ligado a várias respostas a estresses bióticos e abióticos, como por exemplo, a indução de uma resistência sistêmica adquirida (SAR) em plantas atacadas por patógenos, agindo principalmente como molécula sinalizadora (TAIZ et al., 2017).

Efeitos positivos do AS são relatados por Sillero et al. (2012) em plantas de feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.), aumentando a SAR contra ferrugem; já em plantas de tomateiro, Mandal et al. (2009) relataram que a aplicação exógena de ácido salicílico pode induzir a resistência contra fusariose. Nesse sentido, estudos sobre o efeito do AS sob o crescimento do tomateiro ainda são escassos, principalmente em solo infestado por nematoides.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do ácido salicílico nas características de crescimento do tomateiro em solo infestado com *M. javanica* em diferentes densidades.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias (Campus II), situada no município de Areia, Paraíba.

Para obtenção do inóculo uma população de *Meloidogyne javanica* foi mantida e multiplicada em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. cv. Santa Clara), que foram cultivadas em vasos com capacidade de 2 dm³ de solo de barranco e areia (2:1) e mantidas em casa de vegetação durante o período de 70 dias.

A extração dos nematoides foi realizada de acordo com metodologia sugerida por Hussey e Barker (1973) e adaptada por Boneti e Ferraz (1981). A parte aérea dos tomateiros foi separada do sistema radicular e as raízes lavadas, seccionadas em partes e trituradas em liquidificador em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 0,5%, sob baixa rotação por 20 segundos. A solução foi passada em peneiras de 200 e 500 mesh (aberturas de 74 e 26 mm, respectivamente). O conteúdo da peneira de 500 mesh foi lavado com água para eliminar todo o hipoclorito de sódio e logo em seguida, recolhido em bêquer e quantificado a quantidade de ovos em microscópio óptico. Em seguida, foi realizada a infestação do solo de acordo com os tratamentos.

A cultivar de tomate utilizada foi a Santa Cruz Kada (Paulista) (Isla®). As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno, utilizando substrato comercial (Basaplant®). Foram semeadas três sementes por célula, retirando-se o excesso de plântulas após a emergência das mesmas. Vinte e cinco dias após o plantio (DAP) as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 5 dm³, preenchidos com substrato formulado pela mistura de solo, areia e esterco bovino na proporção de 3:1:1, previamente esterilizados em autoclave à temperatura de 120 °C, 1 atm de pressão de vapor durante 2 horas. As irrigações foram realizadas sempre que houve necessidade mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Foi coletada uma amostra do substrato para a análise de fertilidade, a qual foi realizada no Laboratório Análises de Solos da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas dos componentes do substrato usado no experimento.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O.
				--- mg kg ⁻³ ---		cmol _c dm ⁻³				g kg ⁻¹
7,8	85,55	693,60	0,23	0,00	0,00	2,91	1,59	6,50	6,50	22,21

SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; M.O.: Matéria orgânica.

Para a preparação das doses de ácido salicílico (SA) utilizou-se água destilada. Após o transplantio foram realizadas três aplicações em intervalos de quinze dias onde as folhas de tomateiro eram pulverizadas em ambas as faces até ficarem completamente molhadas, sendo realizada a partir das 16:00 horas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto, com cinco densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* (0; 5815; 20000; 34184 e 40000 ovos por planta) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela experimental, perfazendo nove combinações (tratamentos), gerados através da matriz Composto Central de Box.

As avaliações foram realizadas aos 50 dias após o transplantio e infestação do solo, sendo mensuradas as seguintes variáveis:

- Número de folhas: obtido a partir da contagem do número de folhas completamente formadas;
- Altura de plantas: estabelecido por da medição com régua graduada da parte aérea da planta, considerando-se a parte acima do colo até o ápice caulinar, com os resultados expressos em cm;
- Diâmetro do caule: determinado com auxílio de paquímetro digital, sendo os resultados expressos em mm;
- Massa seca da raiz e parte aérea: após a separação das partes as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft e postas para secar em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem peso constante. Posteriormente, realizou-se a pesagem do material em balança analítica de precisão, sendo os resultados expressos em g.planta⁻¹;
- Massa seca total: obtido a partir do somatório dos valores da massa seca da raiz e da parte aérea. Os resultados foram expressos em g.planta⁻¹;

- Índice da qualidade de Dickson: determinado em função da altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, conforme a equação 1 (DICKSON et al., 1960);

$$IQD = MST / (AP/DC) / (MSPA/MSR) \quad \text{Eq. (1)}$$

- Área foliar: determinada a partir da equação 2 (BLANCO; FOLEGATTI, 2003). Os resultados foram expressos em cm^2 ;

$$LA = 0.347(L \times W) - 10.7 \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que: LA = área foliar (cm^2), L = comprimento (cm) e W = largura (cm);

- Área foliar específica: obtida pela a razão entre área foliar (AF) e massa seca de folhas (MSF). Os resultados foram expressos em cm^2 ;

- Peso específico de folha: determinado pela a razão entre a massa seca de folhas (MSF) e a área foliar (AF). Os resultados foram expressos em g/cm^2 ;

- Volume de raiz (VR): determinado com o auxílio de uma proveta, com os resultados expressos em ml;

- As Taxas de crescimento relativo e absoluto para altura foram estabelecidas seguindo a metodologia descrita por Benincasa (2003), conforme as equações 3 e 4:

$$TCAap = \frac{(Ap2 - Ap1)}{(t2 - t1)} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$TCRap = \frac{(\ln Ap2 - \ln Ap1)}{(t2 - t1)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que: TCAap = taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia^{-1}), AP1 = altura de planta (cm) no tempo t1, AP2 = altura de planta (cm) no tempo t2, TCRap = Taxa de crescimento relativo em altura de planta ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), ln = logaritmo natural;

- Número de ovos por grama de raiz (NO/g): mensurado a partir da contagem em microscópio óptico;

- Número de galhas por grama de raiz (NG/g): determinado a partir da contagem das galhas presente no sistema radicular;

- Fator de reprodução (FR): obtido a partir da razão entre a população final e a inicial.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade, nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico SAS® (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores avaliados, densidades populacionais e ácido salicílico. De acordo com a análise de variância, não verificou-se diferença significativa no fator densidade populacional (DP) de *Meloidogyne javanica* sobre as seguintes variáveis: altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, área foliar específica, peso específico de folhas, taxa de crescimento absoluto e relativo para altura, índice de qualidade de Dickson e volume de raiz. Já para o fator ácido salicílico (AS), foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos apenas para a área foliar específica, peso específico de folha e taxa de crescimento relativo para altura (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para, altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), peso específico de folhas (PEF), taxa de crescimento absoluto para altura (TCAap), taxa de crescimento relativo para altura (TCRap), índice de qualidade de Dickson (IQD) e volume de raiz (VR) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

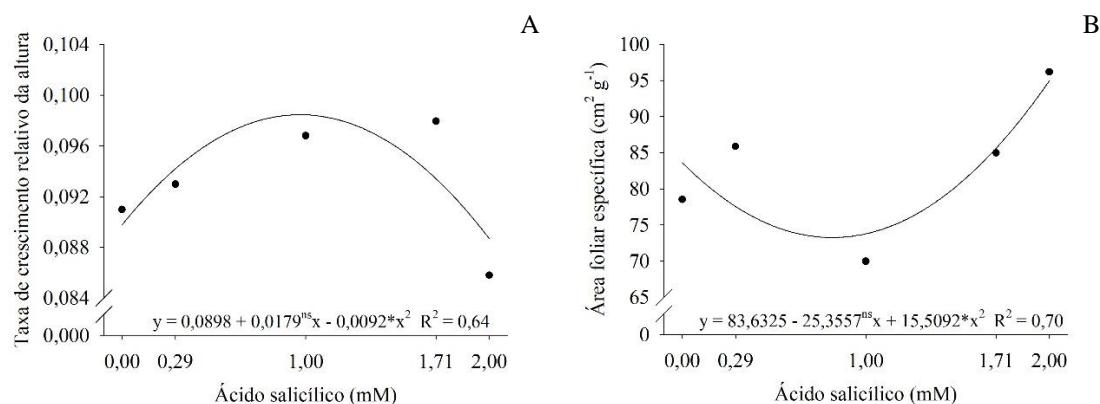
FV	GL	QM				
		AP	NF	DC	AF	AFE
Bloco	3	40,7003 ^{ns}	1,7500 ^{ns}	0,6062 ^{ns}	1.422,926,0360 ^{**}	5.052,4165 [*]
AS	1	85,4090 ^{ns}	7,0998 ^{ns}	0,0181 ^{ns}	17.486,6540 ^{ns}	268,4761 ^{ns}
DP	1	72,5372 ^{ns}	0,0086 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	651,6940 ^{ns}	229,0059 ^{ns}
AS*AS	1	132,5259 ^{ns}	2,5195 ^{ns}	0,2275 ^{ns}	117.088,7770 ^{ns}	1.700,9591 [*]
DP*DP	1	38,4312 ^{ns}	11,3557 ^{ns}	0,0044 ^{ns}	9.581,5350 ^{ns}	184,5571 ^{ns}
AS*DP	1	0,1702 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,1122 ^{ns}	12.782,2650 ^{ns}	24,2117 ^{ns}
Resíduo	24	64,2010	4,5469	0,3769	39.464,6950	293,3560
CV (%)		12,01	14,46	7,93	25,75	21,22
		PEF	TCAap	TCRap	IQD	VR
Bloco	3	1,6318E-04 ^{**}	0,0542 ^{ns}	6,0515E-04 ^{**}	1,6468 ^{ns}	48,6852 ^{ns}
AS	1	1,0220E-05 ^{ns}	0,2917 ^{ns}	1,974E-05 ^{ns}	1,4505 ^{ns}	35,4805 ^{ns}
DP	1	2,2900E-06 ^{ns}	0,3904 ^{ns}	1,4737E-04 ^{ns}	0,3424 ^{ns}	34,8293 ^{ns}
AS*AS	1	1,3420E-04 ^{**}	0,6459 ^{ns}	2,1238E-04 [*]	0,7063 ^{ns}	2,5418 ^{ns}
DP*DP	1	2,2800E-05 ^{ns}	0,0318 ^{ns}	7,2820E-05 ^{ns}	7,0679 ^{ns}	175,0472 ^{ns}
AS*DP	1	1,8500E-06 ^{ns}	0,0146 ^{ns}	5,0470E-05 ^{ns}	57,8312 ^{ns}	206,6406 ^{ns}
Resíduo	24	1,6230E-05	0,1967	4,3830E-05	20,4981	74,7008
CV (%)		28,57	13,22	7,04	30,50	34,34

O fato das DPs não terem influenciado nessas variáveis pode ser explicado em função do tempo decorrido entre a infestação do solo e a avaliação dos danos provocados pelos nematoides (50 dias), sendo esse, um fator importante e que deve ser levado em consideração (ABRÃO; MAZZAFERA, 2001). Resultados semelhantes foram relatados por Figueiredo et al. (2018) em plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.) e Belan et al. (2011) em tomateiro inoculadas com *M. javanica*.

Resultados divergentes são relatados por Belan et al. (2011) em tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), afirmando que o parasitismo de nematoides, independentemente do nível populacional, funciona como fonte dreno de fotoassimilados, provocando reduções na expansão foliar. Em alface (*Lactuca sativa* L.), plantas de ciclo mais curto, foi registrado reduções na área foliar e razão de área foliar à medida que aumentou o nível de inóculo (PEIXOTO et al., 2011).

Com relação ao AS, sua eficiência no crescimento vegetal é dependente de alguns fatores, tais como a forma de aplicação e a espécie estudada (EL-ESAWI et al., 2017). Resultados divergentes ao presente trabalho foram relatados por Noreen e Ashraf (2008), onde a aplicação exógena do AS promoveu incrementos significativos no crescimento de girassol (*Helianthus annuus* L.), mesmo sob condições de estresse salino, fato também constatado por Saavedra et al. (2010) em mudas de tomateiro.

Para as variáveis de TCRap, AFE e PEF, nota-se que as doses de AS aplicadas influenciaram de forma significativa, ajustando-se a um efeito quadrático (Figura 1).



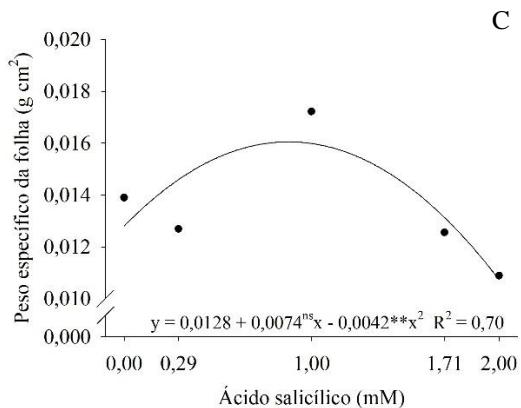


Figura 1. Taxa de crescimento relativo para altura (A), área foliar específica (B) e peso específico de folha (C) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob aplicação de ácido salicílico.

Para a TCRap, observa-se que a dose de 0,97 mM foi a que proporcionou um maior crescimento ($0,100 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), com incremento de 5,4% em relação ao tratamento controle (Figura 1A). Já para a AFE, a dose de 2,0 mM apresentou o melhor desempenho, com um acréscimo de 13,5% (Figura 1B). Nota-se que o PEF mostrou resultados semelhantes ao da TCRap, com o máximo incremento registrado na dose de 0,88 mM ($0,02 \text{ g cm}^2$) (Figura 1C).

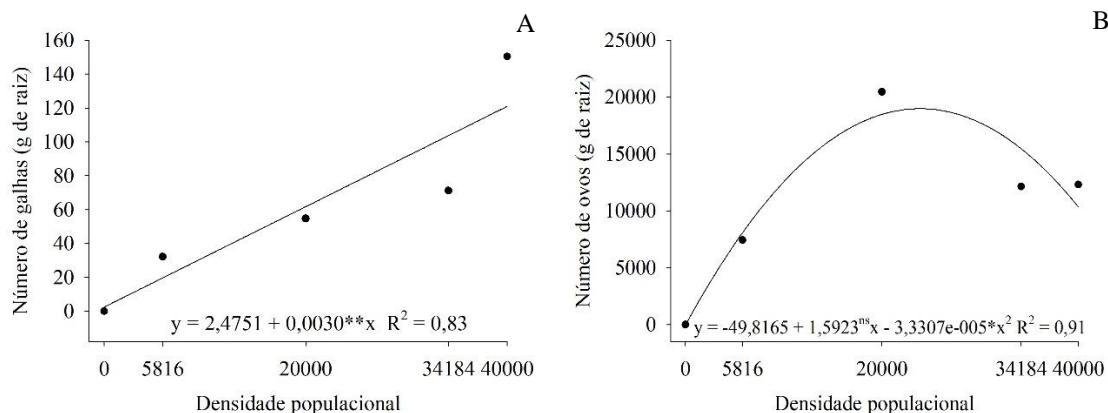
O fato do AS ser considerado um regulador do crescimento vegetal, justifica os incrementos observados nas variáveis acima citadas (BERTONCELLI et al., 2015). Resultados semelhantes foram observados por Hussein et al. (2007) em plantas de milho (*Zea mays* L.), os quais relataram que a aplicação de aproximadamente 1,5 mM proporcionou aumento em todas as características de crescimento, tais como: número de folhas, área foliar e massa seca de folhas.

De acordo com o resultado da análise de variância, ao observar o efeito isolado dos fatores, nota-se, que as DPs influenciaram de forma significativa apenas as variáveis de número de ovos, número de galhas e fator de reprodução, já o AS, influenciou no número de ovos e fator de reprodução (Tabela 3). No entanto, Cofcewicz et al. (2001) em plantas de tomateiro, relataram em seu trabalho que o parasitismo com *M. javanica* reduziu a massa seca da parte aérea. Em plantas de manjericão (*Ocimum basilicum* L.), Angooti e Nourafcan (2015) observaram efeito simples da concentração de AS na massa fresca e seca de folhas, fato não constatado no presente estudo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), número de ovos (NO), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

FV	GL	QM		
		MSPA	MSR	MST
Bloco	3	31,6660*	0,8085 ^{ns}	42,4351*
AS	1	6,6120 ^{ns}	0,1565 ^{ns}	8,8028 ^{ns}
DP	1	12,8463 ^{ns}	0,8459 ^{ns}	20,2853 ^{ns}
AS*AS	1	0,0967 ^{ns}	0,2246 ^{ns}	0,6160 ^{ns}
DP*DP	1	19,5640 ^{ns}	0,2994 ^{ns}	24,7034 ^{ns}
AS*DP	1	13,8012 ^{ns}	0,1106 ^{ns}	11,4413 ^{ns}
Resíduo	24	9,0122	0,2705	9,0057
CV (%)		19,51	33,45	17,71
		NO	NG	FR
Bloco	3	311899800,7000*	74,1857 ^{ns}	165,7679 ^{ns}
AS	1	27804267,8000 ^{ns}	553,6479 ^{ns}	0,4552 ^{ns}
DP	1	358457011,2000 ^{ns}	42172,8415**	419,5066*
AS*AS	1	678264398,4000*	430,1290 ^{ns}	604,3065*
DP*DP	1	458564132,3000*	1177,3189 ^{ns}	123,8324 ^{ns}
AS*DP	1	29301496,7000 ^{ns}	433,7260 ^{ns}	1,4187 ^{ns}
Resíduo	24	93669570,0000	542,4580	94,5376
CV (%)		77,23	40,21	76,55

As densidades populacionais (DPs) de *M. javanica* influenciaram tanto no número de galhas por grama de raiz (NG), quanto no número de ovos por grama de raiz (NO) e no fator de reprodução (FR) (Figura 1).



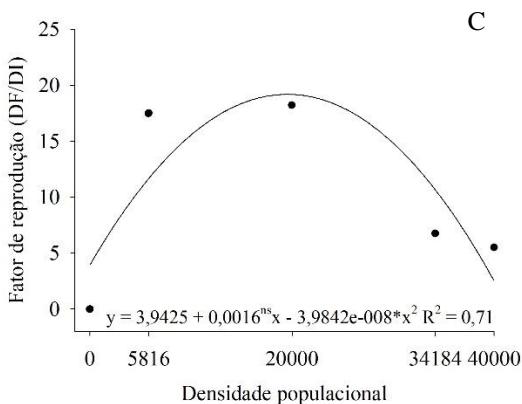


Figura 2. Número de galhas e ovos por grama de raiz (A e B) e o fator de reprodução (C) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

Nota-se que o NG apresentou comportamento linear crescente à medida que se aumentou o nível do inóculo (Figura 2A), já o NO ajustou-se a um efeito quadrático, sendo registrado o maior incremento na DP de 23903 ovos por planta (Figura 2B). O aumento da reprodução até certa densidade populacional pode estar relacionado a uma menor disponibilidade de raízes para alimentação dos nematoides, em virtude de uma maior competição (GONÇALVES et al., 1996).

Durante um curto período de tempo, em plantas sob baixos níveis de infecção, o crescimento populacional dos nematoides é exponencial, onde com o aumento da competição, as taxas de crescimento ficam cada vez menores (CARNEIRO et al., 1999). Para o FR, observa-se comportamento semelhante ao NO, sendo observado o maior fator de reprodução (20,01) na DP de 20079 ovos por planta, mostrando que a cultura em estudo é bastante suscetível (Figura 2C). Resultados semelhantes foram encontrados por Bitencourt e Silva (2010) em plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), melão (*Cucumis melo* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.) sob infestação de *Meloidogyne enterolobii*.

Já para o número de ovos por grama de raiz (NO) e o fator de reprodução (FR), as concentrações de AS proporcionaram diferenças significativas (Figura 3). Ambos, melhor se ajustaram a um efeito quadrático, sendo a dose de 2,0 mM a que apresentou os maiores acréscimos, 29,1 e 14,9%, respectivamente (Figura 3A e 3B). Pode-se também observar que o NO foi reduzido até a concentração de 0,91 mM proporcionando, assim, reduções na reprodução.

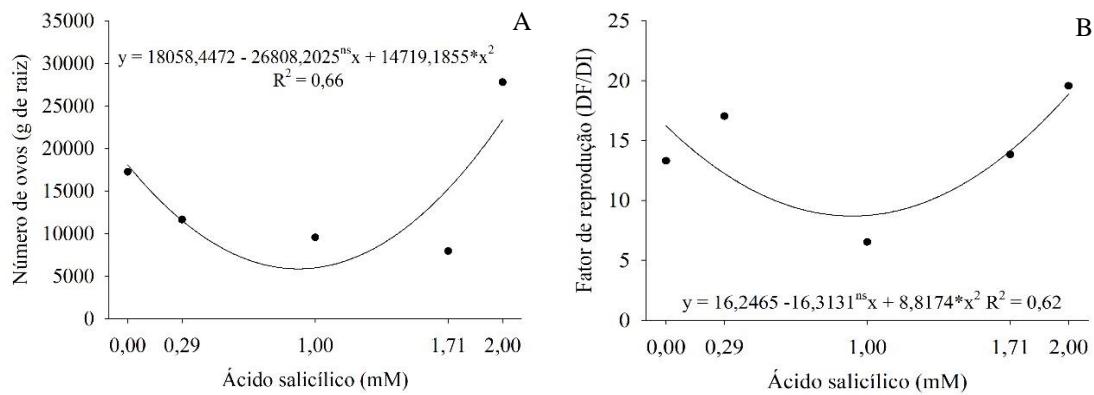


Figura 3. Número de ovos por grama de raiz (A) e o fator de reprodução (B) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob aplicação de ácido salicílico.

O AS quando aplicado de forma exógena pode induzir vários processos fisiológicos, dentre eles a taxa fotossintética (AGOSTINI et al., 2013). Portanto, esse incremento na fotossíntese teria como consequência um aumento na quantidade de fotossintatos enviados ao sistema radicular para alimentação dos nematoides, proporcionando, assim, uma maior taxa de reprodução (STRAJNAR et al., 2012).

CONCLUSÕES

1. Nas densidades testadas, *M. javanica* não influencia no crescimento do tomateiro até os 50 DAP nas condições em que o experimento foi realizado;
2. O ácido salicílico nas doses de 0,97; 2,0 e 0,88 mM influencia positivamente na TCRap, AFE e PEF, respectivamente.
3. As doses de 0,91 e 0,93 mM de ácido salicílico proporciona um menor número de ovos por grama de raiz e menor fator de reprodução nas condições em que o trabalho foi desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, M. M.; MAZZAFERA, P. Efeitos do nível de inóculo de *Meloidogyne incognita* em algodoeiro. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 19-26, 2001.
- AGOSTINI, E. A. T.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 2, p. 209-219, 2013.

ANGOOTI, F.; NOURAFCAN, H. Effects of application method and level of salicylic acid on some morphological characteristics of *Ocimum basilicum* L. leaves under sodium chloride salinity stress. **Biological Forum-An International Journal**, v. 7, n. 1, p. 346-351, 2015.

BELAN, L. L.; ALVES, F. R.; COSTA, D. C.; FONSECA, S. O.; MORAES, W. B.; SOUZA, A. F.; JESUS JUNIOR, W. C. Efeitos de densidades crescentes de inóculo de *Meloidogyne javanica* no desenvolvimento de vegetativo de genótipos de tomateiro cereja. **Revista Trópica**, v. 5, n. 1, p. 22-30, 2011.

BELAN, L. L.; ALVES, F. R.; JESUS JUNIOR, W. C. Redução da taxa de expansão foliar de tomateiros parasitados por *Meloidogyne javanica*. **Nucleus**, v. 8, n. 2, p. 105-114, 2011.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BERTONCELLI, D. J.; MAZARO, S. M.; ROCHA, R. C. D. S.; POSSENTI, J. C.; REY, M. S.; ZORZZI, I. C. Ácido salicílico na indução de resistência a doença em pepino e controle de *Pythium* sp. *in vitro*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p. 124-131, 2015.

BITENCOURT, N. V.; SILVA, G. S. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em olerícolas. **Nematologia Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 181-183, 2010.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf área index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 666-669, 2003.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 553, 1981.

CARNEIRO, R. G.; MAZZAFERA, P.; FERRAZ, L. C. C. B.; Carbon partitioning in soybean infected with *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. **Journal of Nematology**, v. 31, n. 3, p. 348-355, 1999.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; GOMES, L. A. A.; SILVA, R. R.; FERREIRA, S.; CARVALHO, R. R. C.; MALUF, W. R. Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematoides de galhas em alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 46-51, 2011.

CODY, R. **An Introduction to SAS University Edition**. SAS Institute, 2015.

COFCEWICZ, E. T.; MEDEIROS, C. A. B.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PIEROBOM, C. R. Interação de fungos micorrizos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora*

margarita e o nematoide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 65-70, 2001.

COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, v. 30, n. 10, p. 1251-1262, 2011.

DEMONTIÉZO, F. L. L.; ARAGÃO, M. C.; VALMIR JUNIOR, M.; MOREIRA, F. J. C.; PAIVA, P. V. V.; LIMA, S. C. R. V. Emergência e crescimento inicial de tomate 'Santa Clara' em função da salinidade e condições de preparo das sementes. **Irriga**, edição especial, p. 81-92, 2016.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

EL-ESAWI, M. A.; ELANSARY, H. O.; EL-SANHOREY, N. A.; ABDEL-HAMID, A. M. E.; ALI, H. M.; ELSHIKH, M. S. Salicylic acid-regulated antioxidant mechanisms and gene expression enhance rosemary performance under saline conditions. **Frontiers in Physiology**, v. 8 n.716, p.1-14, 2017.

FIGUEIREDO, F. R. A.; NÓBREGA, J. S.; RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, T. I.; SILVA, F. J.; NASCIMENTO, R. G. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; PODESTÁ, G. S.; BRUNO, R. L. A. *Solanum melongena* L. ecophysiology under the influence of *Meloidogyne javanica*. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 4, p. 1-9, 2018.

GONÇALVES, W.; FERRAZ, L. C. C. B.; LIMA, M. M. A.; SILVAROLLA, M. B. Patogenicidade de *M. exigua* e *M. incognita* raça 1 a mudas de cafeiro. **Bragantia**, v. 55, n. 1, p. 89-93, 1996.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 68, p. 14-25, 2010.

HUSSEIN, M. M.; BALBAA, L. K.; GABALLAH, M. S. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. **Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 3, n. 4, p. 321-328, 2007.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

- MANDAL, S.; MALLICK, N.; MITRA, A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 642-649, 2009.
- NOREEN, S.; ASHRAF, M. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 4, p. 1657-1663, 2008.
- OLIVEIRA, C. M. G.; ROSA, J. M. O. Nematoides que atacam a cultura do tomate no Brasil. In: PAPA, G.; FURIATTI, R. S.; SPADER, V. **Tomate: Desafios fitossanitários e manejo sustentável**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2014, 261 p. (Boletim Técnico, 3).
- PEIXOTO, L. A.; ALVES, F. R.; MORAES, W. B.; BELAN, L. L. Quantificação de danos em alface causados por diferentes níveis de *Meloidogyne incognita* em diferentes tipos de solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.
- SAAVEDRA, A. L.; MEX, R. M.; GARCÉZ, A. N.; YOISURA, S. V.; RENDÓN, M. G. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 16, n. 3, p. 183-187, 2010.
- SILLERO, J. C.; MOLINA, R. M. M.; ÁVILA, C. M.; RUBIALES, D. Induction of systemic acquired resistance against rust, ascochyta blight and broomrape in faba bean by exogenous application of salicylic acid and benzothiadiazole. **Crop Protection**, v. 34, p. 65-69, 2012.
- SILVA, G. O.; PINHEIRO, J. B.; VIEIRA, J. V.; CARVALHO, A. D. F. Seleção para resistência de genótipos de cenoura aos nematoides das galhas. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 335-341, 2011.
- STRAJNAR, P.; SIRCA, S.; UREK, G.; SIRCELJ, H.; ZELEZNIK, P.; VODNIK, D. Effect os *Meloidogyne ethiopica* parasitismo on water management and physiological stress in tomato. **European Journal of Plant Pathology**, v. 132, p. 49-57, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- VAZ, M. V.; CANEDO, E. J.; MACHADO, J. C.; VIEIRA, B. S.; LOPES, E. A. Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. **Revista Perquirere**, v. 1, n. 8, p. 203-212, 2011.

CAPÍTULO II

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM *Solanum lycopersicum* L. NA PRESENÇA DE NEMATOIDES DAS GALHAS E ÁCIDO SALICÍLICO

Submetido ao periódico: *Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT)*.

RESUMO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. são um dos principais patógenos na cultura do tomate, podendo causar alterações fisiológicas em função do nível de infestação do solo. O uso de produtos que minimize seus efeitos é de suma importância, nesse sentido, o ácido salicílico pode ser uma alternativa viável, visto que, esse fitormônio pode induzir a resistência devido à capacidade de proporcionar um aumento na produção de algumas proteínas de patogenicidade. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito do ácido salicílico na fisiologia do tomateiro submetido a diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto, utilizando-se a matriz Composto Central de Box (CCB) com cinco densidades populacionais (DP) de nematoides (0; 5815; 20000; 34184 e 40000 ovos por planta) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela experimental. Foram avaliadas as trocas gasosas, fluorescências e índices de clorofilas aos 45 dias após o transplante e infestação do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial. Para a condutância estomática, observou-se uma maior redução na DP de 21755 ovos por planta, fato que pode ter ocasionado reduções na assimilação líquida de CO₂ e na eficiência de carboxilação. O ácido salicílico (AS) influenciou na assimilação líquida de CO₂ e eficiência de carboxilação. A infestação por *M. javanica* em plantas de tomateiro influenciou negativamente nas trocas gasosas e nos teores de clorofila, sendo que a aplicação do AS não atenuou os efeitos negativos desses patógenos.

PALAVRAS-CHAVE: *Meloidogyne javanica*; tomateiro; trocas gasosas; clorofila.

ABSTRACT

Nematodes of *Meloidogyne* spp. genus are one of the main pathogens in the tomato crop, being able to cause physiological alteration due to the soil infestation level. The use of products that minimize their effects is of paramount importance, in that sense, salicylic acid may be a viable alternative, since this phytohormone can induce the resistance due to provide an increase in the production of some pathogenicity proteins. The aim of this study was to evaluate the effect of salicylic acid on physiology of tomato submitted to the population densities of *Meloidogyne javanica*. The design was a randomized complete block, in a incomplete factorial scheme, using the Box Central Composite (CCB) matrix with five population densities (DP) of nematodes (0, 5815, 20000, 34184 and 40000 eggs per plant), and five salicylic acid doses (0.0, 0.29, 1.0, 1.71 and 2.0 mM), with four replicates and two plants per experimental plot. Gas exchanges, fluorescence and chlorophyll index were evaluated at 45 days after transplanting and soil infestation. Data were submitted to analysis of variance by the F test and in cases of significance was performed polynomial regression analysis. For the stomatal conductance, a greater reduction in the DP of 21755 eggs per plant was observed, a fact that may have caused reductions in CO₂ net assimilation and in the carboxylation efficiency. Salicylic acid (SA) influenced the net CO₂ assimilation and carboxylation efficiency. The infestation by *M. javanica* in tomato plants influenced negatively the gas exchange and chlorophyll content, and the application of SA did not attenuate the negative effects of these pathogens.

KEY WORDS: *Meloidogyne javanica*; tomato plant; gas exchange; chlorophyll.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma hortaliça de grande importância socioeconômica, estando presente na alimentação de grande parte dos brasileiros (Schwarz et al. 2013). No Brasil, a cultura foi introduzida por imigrantes europeus no final do século XIX, onde posteriormente tornou-se a segunda hortaliça em importância econômica (Filgueira 2012).

Entre os problemas fitossanitários prejudiciais a essa cultura, destaca-se a meloidoginose, doença causada por nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. (Sousa et al. 2010). Os nematoides fitoparasitas causam perdas tanto na produção quanto na qualidade dos frutos, podendo atingir perdas de até 100% em função das altas infestações no início do plantio (Oliveira & Rosa 2014).

Além de difíceis, as formas de controle desses patógenos são caras, principalmente empregando nematicidas à medida que a melhor forma de controle é evitar o estabelecimento do nematoide na área (Vaz et al. 2011). Nesse sentido, a busca por produtos que amenize tais efeitos é de suma importância. Diante dessa necessidade, o ácido salicílico (AS), hormônio responsável por regular diversos aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais, podendo induzir as plantas a respostas a estresses bióticos e abióticos (Taiz et al. 2017), pode ser uma alternativa viável.

O AS é sintetizado pelas as plantas em resposta ao ataque de uma gama diversificada de fitopatógenos, sendo essencial para o estabelecimento de uma resistência sistêmica adquirida (SAR) (Loake & Grant 2007). Em plantas de tomateiro, Mandal et al. (2009) relataram que a aplicação exógena de 200 µmol de ácido salicílico tanto via radicular como foliar induziu a resistência contra *Fusarium* spp.

Nesse contexto, há poucas informações a respeito dos efeitos do AS no comportamento fisiológico de plantas de tomateiro, principalmente em solo infestado por

nematoides. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do ácido salicílico nas características de trocas gasosas, teores de clorofila e parâmetros de fluorescência de plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) submetidos à densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada no município de Areia, Paraíba.

Para obtenção do inóculo uma população de *M. javanica* foi mantida e multiplicada em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. cv. Santa Clara), que foram cultivadas em vasos com capacidade de 2 dm³ de solo de barranco e areia (2:1) e mantidas em casa de vegetação durante o período de 70 dias.

A extração dos nematoides foi realizada de acordo com metodologia sugerida por Hussey & Barker (1973) e adaptada por Boneti & Ferraz (1981). A parte aérea dos tomateiros foi separada do sistema radicular e as raízes lavadas, seccionadas em partes e trituradas em liquidificador em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 0,5%, sob baixa rotação por 20 segundos. A solução foi passada em peneiras de 200 e 500 mesh (aberturas de 74 e 26 mm, respectivamente). O conteúdo da peneira de 500 mesh foi lavado com água para eliminar todo o hipoclorito de sódio e logo em seguida, recolhido em bêquer e quantificado a quantidade de ovos em microscópio óptico. Em seguida, foi realizada a infestação do solo de acordo com os tratamentos.

A cultivar de tomate utilizada foi a Santa Cruz Kada (Paulista) (Isla[®]). As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno, utilizando substrato comercial

(Basaplant®). Foram semeadas três sementes por célula, retirando-se o excesso de plântulas após a emergência das mesmas. Vinte e cinco dias após o plantio (DAP) as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 5 dm³, preenchidos com substrato formulado pela mistura de solo, areia e esterco bovino na proporção de 3:1:1, previamente esterilizados em autoclave à temperatura de 120 °C, 1 atm de pressão de vapor durante 2 horas. As irrigações foram realizadas sempre que houve necessidade mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Foi coletada uma amostra do substrato para a análise de fertilidade, a qual foi realizada no Laboratório Análises de Solos da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas dos componentes do substrato usado no experimento.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O.
--- mg kg ⁻³ ---				----- cmol _c dm ⁻³ -----					g kg ⁻¹	
7,8	85,55	693,60	0,23	0,00	0,00	2,91	1,59	6,50	6,50	22,21

SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; M.O.: Matéria orgânica.

Para a preparação das doses de ácido salicílico (SA) utilizou-se água destilada. Após o transplantio foram realizadas três aplicações em intervalos de quinze dias onde as folhas de tomateiro eram pulverizadas em ambas as faces até ficarem completamente molhadas, sendo realizada a partir das 16:00 horas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto, com cinco densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* (0; 5815; 20000; 34184 e 40000 ovos por planta) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela experimental,

perfazendo nove combinações (tratamentos), gerados através da matriz Composto Central de Box.

As avaliações foram realizadas aos 45 dias após plantio (DAP) e infestação do solo com os nematoides. Para a determinação das trocas gasosas foi utilizado analisador de gás no infravermelho - IRGA (modelo LI-6400XT, LI-COR®, Nebraska, USA) com fluxo de ar de 300 $\mu\text{mol s}^{-1}$ e fonte de luz acoplada de 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo as medições aferidas entre as 9h00 e 10h00. Mediram-se as seguintes variáveis: assimilação líquida de CO₂ (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA=A/E), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA=A/gs) eficiência instantânea de carboxilação (EiC=A/Ci) e a temperatura foliar (TF) (°C).

Para as avaliações das variáveis de fluorescência de clorofila foi utilizado fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA). Foram colocadas pinças foliares por 30 minutos antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro. Foram mensuradas a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v=F_m-F₀), a razão F_v/F₀ e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m). As determinações do índice de clorofila a, b e total foram realizados pelo método não destrutivo, utilizando-se clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS), tendo os valores dimensionados em índice de clorofila Falker (ICF).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade. Nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico SAS® (Cody 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores avaliados, densidades populacionais (DPs) e ácido salicílico (AS). Com base na análise de variância, pode-se afirmar que houve efeito significativo do DP apenas para a condutância estomática, assimilação líquida de CO₂, temperatura foliar e eficiência de carboxilação. Em relação ao AS, apenas a assimilação líquida de CO₂ e a eficiência de carboxilação foram afetadas significativamente (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para condutância estomática (gs), assimilação líquida de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), temperatura foliar (TF), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), eficiência instantânea do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EiC) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

FV	GL	QM			
		gs	A	Ci	E
Bloco	3	0,0050 ^{ns}	1,2934 ^{ns}	1762,6050 ^{**}	0,5097 ^{ns}
AS	1	0,0069 ^{ns}	0,1987 ^{ns}	0,0758 ^{ns}	2,2941 ^{ns}
DP	1	0,0035 ^{ns}	13,0767 ^{**}	6,0836 ^{ns}	0,7448 ^{ns}
AS*AS	1	0,0071 ^{ns}	26,2312 ^{**}	533,6495 ^{ns}	1,4226 ^{ns}
DP*DP	1	0,0088 [*]	14,9390 ^{**}	216,3930 ^{ns}	0,9606 ^{ns}
AS*DP	1	0,0019 ^{ns}	3,3666 ^{ns}	104,9769 ^{ns}	0,7637 ^{ns}
Resíduo	24	0,0019	1,5703	174,1208	0,5512
CV (%)		29,27	15,8	4,59	21,17
		TF	EiUA	EUA	EiC
Bloco	3	25,3674 ^{**}	1.011,7620 ^{ns}	0,2628 ^{ns}	2,0920E-05 ^{ns}
AS	1	0,4867 ^{ns}	2.759,9209 ^{ns}	1,5854 ^{ns}	4,3400E-06 ^{ns}
DP	1	0,3626 ^{ns}	39,3199 ^{ns}	0,2733 ^{ns}	1,8787E-04 [*]
AS*AS	1	0,0379 ^{ns}	288,1679 ^{ns}	0,7121 ^{ns}	4,3991E-04 ^{**}
DP*DP	1	1,7899 ^{**}	134,3402 ^{ns}	0,5513 ^{ns}	1,6101E-04 [*]
AS*DP	1	0,0168 ^{ns}	5,2544 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	7,2090E-05 ^{ns}
Resíduo	24	0,1565	731,5564	0,4867	2,4430E-05
CV (%)		1,33	39,64	28,21	17,45

Para a gs, registrou-se maior redução na DP de 21755 ovos por planta (0,12 mol de H₂O m⁻² s⁻¹), com decréscimo de 36,84%. É importante ressaltar que nas DPs

superiores a supra citada, a gs tendeu a aumentar, sendo observado um decréscimo de apenas 5,26% na DP de 40000 ovos em relação ao tratamento controle (Figura 1A). Essa redução na gs pode ser um mecanismo de resistência da planta ao ser submetida a um leve estresse e assim economizar água, visto que, com o aumento da DP houve uma menor limitação estomática ao se comparar com o tratamento controle (Chaves et al. 2009). Aumentos na gs também foram relatados por Tahery (2012) em algumas cultivares de *Hibiscus cannabinus* infectadas por *M. incognita* aos 60 dias após a inoculação.

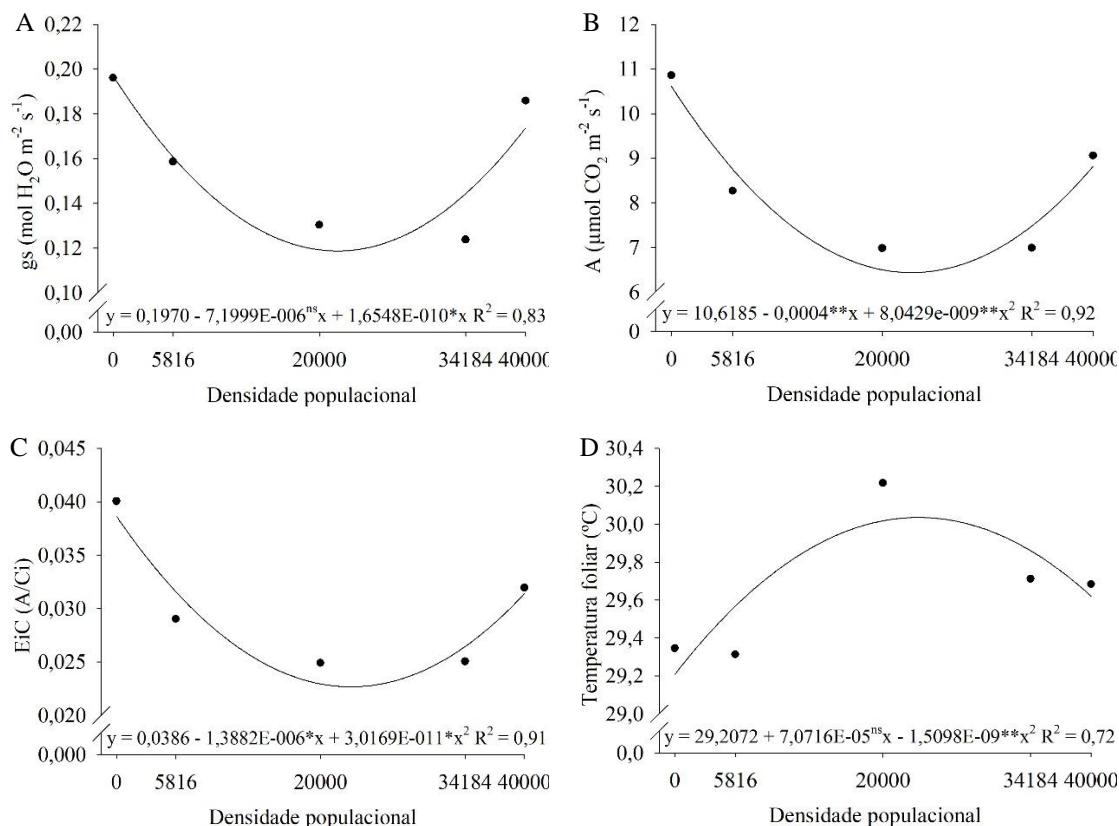


Figura 1. Condutância estomática (A), assimilação líquida do CO_2 (B), eficiência de carboxilação (C) e a temperatura foliar (D) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

Com relação a assimilação líquida de CO_2 (A), registrou-se a menor taxa (5,65 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na DP de 24867 ovos, aumentando à medida que se elevou a

densidade populacional do inóculo (Figura 1B). Essa queda registrada na A pode estar relacionada à limitação estomática, fazendo com que haja uma redução na absorção e a quantidade de CO₂ no sítio ativo da Rubisco (Taiz et al. 2017). Resultados divergentes ao do presente trabalho foram constatados por Tahery (2012) em plantas de *Hibiscus* L.

Já o aumento da A com a elevação da DP pode ser em função de um maior gasto energético no desencadeamento dos mecanismos de resistência. Outra explicação seria que esse incremento na fotossíntese resultaria em uma maior quantidade de fotossintatos enviados ao sistema radicular para alimentação dos nematoides (Strajnar et al. 2012). Resultados divergentes foram contatados por Souza (2008) em plantas de café na presença de nematoides, onde não observaram diferenças significativas para fotossíntese e condutância estomática.

Para EiC, o maior decréscimo foi constatado na DP de 23007 ovos, com redução de 50% em relação ao controle (Figura 1C), evidenciando que houve uma redução na quantidade CO₂ fixado pela Rubisco na DP acima citada. Schock et al. (2014) relaciona esse decréscimo na eficiência de carboxilação à limitação estomática, a qual diminui a entrada do CO₂ nas células.

A densidade populacional de 23419 ovos proporcionou uma maior TF (30,0°C) (Figura 1D). Observa-se que o comportamento da TF é inverso ao verificado para a gs, provavelmente como resposta ao fechamento estomático, o qual reduz a taxa de transpiração e consequentemente o fluxo de água na planta (Elli et al. 2013).

Com relação ao efeito do ácido salicílico (AS), observa-se que as concentrações utilizadas afetaram significativamente apenas a assimilação líquida de CO₂ e a eficiência de carboxilação em plantas de tomateiro (Figura 2). Nota-se que a concentração de 0,96 mM de AS proporcionou maior A (8,90 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), com aumento de 25,17% em relação ao controle (Figura 2A).

Esse acréscimo na A pode estar relacionado ao fato do AS ser um fitormônio, o qual aplicado de forma exógena pode induzir diversos processos fisiológicos e um deles é a taxa fotossintética (Agostini et al. 2013). Incrementos na fotossíntese foram constatados por Ghasemzadeh e Jaafar (2013) em plantas de gengibre (*Zingiber officinale* L.) e milho (*Zea mays* L.) por Hayat et al. (2010) sob aplicação de AS.

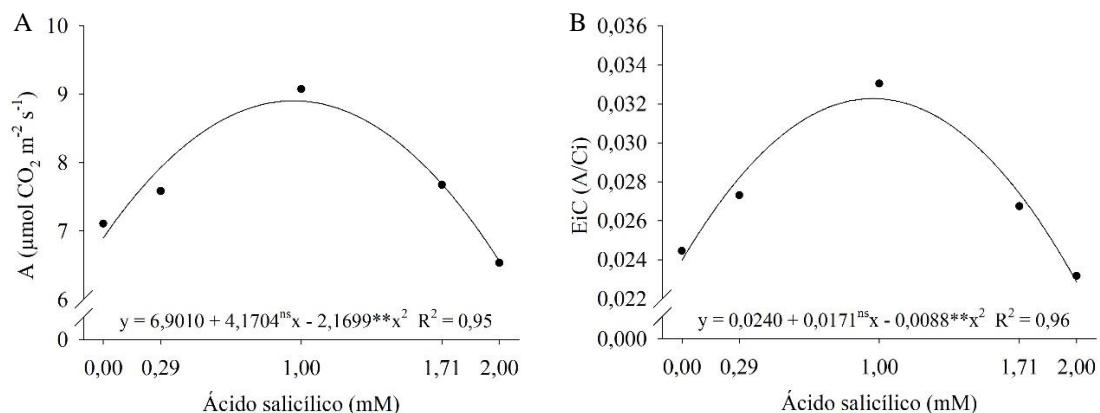


Figura 2. Assimilação líquida de CO_2 (A) e eficiência instantânea de carboxilação (B) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob aplicação de ácido salicílico.

Para a EiC , o melhor desempenho foi registrado na dose de 0,97 mM, com incremento de 50% (Figura 2B). Ferraz et al. (2012) relataram que o aumento na assimilação de CO_2 implica em uma maior eficiência de carboxilação, visto que uma maior quantidade de CO_2 está sendo fixado pela a Rubisco, fato esse que também podemos observar no presente trabalho.

De acordo com o resultado da análise de variância, ao observar o efeito isolado dos fatores, nota-se, que apenas o fator densidade populacional (DP) influenciou de forma significativa nos índices de clorofila, não havendo diferenças para as demais variáveis, assim, como também não se observou efeitos do ácido salicílico (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, para clorofila *a* (Cla), *b* (Clb), total (Clt), relação clorofila *a/b* (Cla/b), fluorescência inicial (F₀), variável (F_v), máxima (F_m), eficiência quântica do PSII (F_v/F_m) e a relação F_v/F₀ em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica* e ácido salicílico.

FV	GL	QM			
		Cla	Clb	Clt	Cla/b
Bloco	3	5,4813 ^{ns}	1,6719 ^{ns}	9,8543 ^{ns}	0,3059 ^{ns}
AS	1	10,0331 ^{ns}	0,7989 ^{ns}	16,4942 ^{ns}	0,0301 ^{ns}
DP	1	27,4654*	5,0502*	56,0702*	0,3682 ^{ns}
AS*AS	1	0,5957 ^{ns}	1,0450 ^{ns}	3,2186 ^{ns}	0,0496 ^{ns}
DP*DP	1	1,3129 ^{ns}	0,0871 ^{ns}	2,0762 ^{ns}	0,0292 ^{ns}
AS*DP	1	2,2500 ^{ns}	0,4727 ^{ns}	4,7852 ^{ns}	0,0429 ^{ns}
Resíduo	24	3,8877	1,0995	8,2703	0,1554
CV (%)		7,28	15,93	8,54	9,23
Bloco	3	285,1481 ^{ns}	645,6111 ^{ns}	1.727,2778 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
AS	1	123,4819 ^{ns}	4,262,7896 ^{ns}	2,935,2339 ^{ns}	2,6900E-06 ^{ns}
DP	1	23,6689 ^{ns}	398,6297 ^{ns}	228,0295 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
AS*AS	1	66,7795 ^{ns}	222,0512 ^{ns}	532,3751 ^{ns}	0,0019 ^{ns}
DP*DP	1	505,5623 ^{ns}	706,2515 ^{ns}	16,7337 ^{ns}	0,0010 ^{ns}
AS*DP	1	50,6250 ^{ns}	9,7656 ^{ns}	28,8906 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Resíduo	24	168,6742	1.297,9184	1.373,3924	0,0006
CV (%)		9,89	7,14	9,93	3,38
					11,65

Os índices de clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb) e clorofila total (Clt) foram afetados pelas as densidades populacionais de *M. javanica*, ajustando-se a um efeito linear decrescente (Figura 3). Para a Cla, nota-se uma redução de 9,66% (Figura 3A), a Clb reduziu 16,55% (Figura 3B) e a Clt apresentou decréscimo de 11,05% (Figura 3C), as reduções foram observadas na DP de 40000 ovos por planta, respectivamente, quando comparadas ao tratamento controle. Isso pode ter ocorrido em razão do aumento da densidade populacional ter proporcionado acréscimos nos teores da enzima clorofilase, a qual tem como função degradar as moléculas desse pigmento fotossintético (FREIRE et al., 2013).

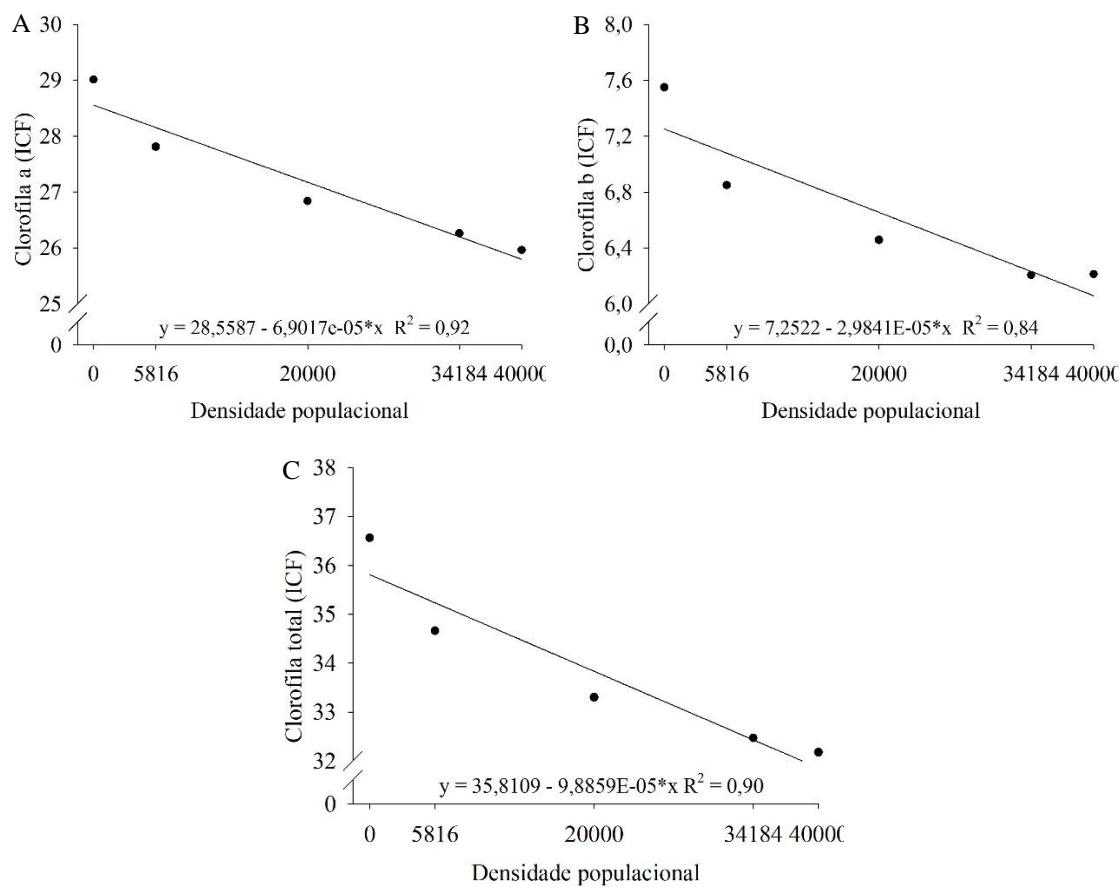


Figura 3. Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila *total* (C) em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*.

A absorção da luz incidente por plantas atacadas por fitopatógenos sofre mudanças no intervalo da região do visível e do infravermelho, fato esse ocasionado pela redução no teor de clorofilas, alterações em outros pigmentos ou na própria estrutura da folha (Naue et al. 2010). Em plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) os teores de clorofila aumentam à medida que se aumenta o nível do inóculo de *M. incognita* (Abrão & Mazzafera 2001), resultados que diferem do presente trabalho. Já Asmus & Ferraz (2001) relatam que o teor de clorofila foi pouco influenciado por *M. javanica* em plantas de soja (*Glycine max* L.). No entanto, Ahmed et al. (2009) observaram que os teores de

clorofila diminuíram em plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) infectadas por *M. javanica*, resultado que corrobora com o presente estudo.

Os valores médios para a F_0 , F_m e F_v indicam que todos os centros de reações estão abertos e atingiram sua capacidade máxima de reações fotoquímicas, pois não havendo alterações na fluorescência, nos leva a constatar que não ocorreu comprometimentos no processo fotossintético. O fato de não haver variação no F_v/F_m entre os períodos avaliados evidencia que o parasitismo por *M. javanica* não interferiu no transporte de elétrons pelo PSII (Asmus & Ferraz, 2001).

Esses resultados corroboram com os encontrados por Figueiredo et al. (2018) em plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.), onde segundo os mesmos autores esse comportamento pode ser um mecanismo de defesa da planta, fazendo com que os nematoides não promovam distúrbios fisiológicos e bioquímicos. Silva et al. (2015) alegam que valores de F_v/F_m entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum⁻¹ as plantas realizam suas atividades fisiológicas de forma adequada. Os valores encontrados no presente trabalho estão bem próximos a esse intervalo, evidenciando que os tratamentos proporcionaram poucas alterações na aparato fisiológico das plantas.

Em relação ao AS, esse fitormônio influencia as funções da planta de uma maneira dependente da dose, onde funções induzidas ou inibidas da planta podem ser possíveis com concentrações baixas e altas de AS, respectivamente, fato que pode ter influenciado nos dados encontrados no presente trabalho (Khan et al. 2015). Esse fitormônio induz a uma ampla gama de respostas metabólicas e fisiológicas nas plantas, como resistência a doenças, biossíntese de etileno e atenuante ao estresse oxidativo (Asghari & Aghdam 2010), algo não constatado nos parâmetros acima citados.

CONCLUSÕES

1. A infestação por *M. javanica* em plantas de tomateiro influencia negativamente nas trocas gasosas e nos teores de clorofila;
2. A dose de 0,96 e 0,97 mM de AS proporciona maior assimilação líquida de CO₂ e eficiência instantânea de carboxilação, respectivamente;
3. A aplicação do ácido salicílico não atenua os efeitos negativos de *M. javanica* em plantas de tomateiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, M. M.; MAZZAFERA, P. Efeitos do nível de inóculo de *Meloidogyne incógnita* em algodoeiro. *Bragantia*, v. 60, n. 1, p. 19-26, 2001.
- AGOSTINI, E. A. T.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Induction of water déficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. *Acta Scientiarum*, v. 35, n. 2, p. 209-219, 2013.
- AHMED, N.; ABBASI, M. W.; SHAUKAT, S. S.; ZAKI, M. J. Physiological changes in leaves of mungbean plants infected with *Meloidogyne javanica*. *Phytopathologia mediterranea*, v. 48, n.2, p. 262-268, 2009.
- ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Foods Sciense & Technology*, v. 21, p. 502-509, 2010.
- ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. Relações entre a densidade populacional de *Meloidogyne javanica* e a área foliar, a fotossíntese e os danos causados a variedades de soja. *Nematologia Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 1-13, 2001.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 6, p. 553, 1981.

CHAVES, M. M. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, v. 103, p. 551-560, 2009.

CODY, R. *An Introduction to SAS University Edition*. SAS Institute, 2015.

ELLI, E. F. CARON, B. O.; MONTEIRO, G. C.; PAVAN, M. A.; PEDRASSANI, M.; CANTARELLI, E. B.; ELOY, E. Osmocote® no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira. *Comunicata Scientiae*, v. 4, n. 4, p. 377-384, 2013.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FIGUEIREDO, F. R. A.; NÓBREGA, J. S.; RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, T. I.; SILVA, F. J.; NASCIMENTO, R. G. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; PODESTÁ, G. S.; BRUNO, R. L. A. *Solanum melongena* L. ecophysiology under the influence of *Meloidogyne javanica*. *Journal of Experimental Agriculture International*, v. 23, n. 4, p. 1-9, 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 421p.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. C.; NASCIMENTO, R.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.

GHASEMZADEH, A.; JAAFAR, H. Z. E. Interactive Effect of Salicylic Acid on Some Physiological Features and Antioxidant Enzymes Activity in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, v. 18, p. 5965-5979, 2013.

HAYAT, Q., HAYAT, S., IRFAN, M. AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, v. 68, p. 14-25, 2010.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Disease Reporter*, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

KHAN, M. I. R.; FATMA, M.; PER, T. S.; ANJUM, N. A.; KHAN, N. A. Salicylic acid induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p. 1-17, 2015.

LOAKE, G.; GRANT, M. Salicylic acid in plant defence the players and protagonists. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 10, n. 5, p. 466-472, 2007.

MANDAL, S.; MALLICK, N.; MITRA, A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 47, n. 7, p. 642-649, 2009.

NAUE, C. R.; MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; GALVÍNCIO, J. D. Sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, p. 190-195, 2010.

OLIVEIRA, C. M. G.; ROSA, J. M. O. Nematoides que atacam a cultura do tomate no Brasil. In: PAPA, G.; FURIATTI, R. S.; SPADER, V. *Tomate: Desafios fitossanitários e manejo sustentável*. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2014, 261 p. (Boletim Técnico, 3).

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014.

- SCHWARZ K; RESENDE JTV; PRECZENHAK AP; PAULA JT; FARIA MV; DIAS DM. Desempenho agronômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. *Horticultura Brasileira*, v. 3, n. 3, p. 1410-418, 2013.
- SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; GARRIDO, M. L. S.; MACHADO, G. S. Fungos micorrizos arbusculares no controle de *Meloidogyne incognita* em mudas de tomateiro. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 1, p. 15-20, 2010.
- SOUZA, R. M. *Plant Parasitic Nematodes of coffee*. UENF. Editora Springer, 2008, 340p.
- STRAJNAR, P.; SIRCA, S.; UREK, G.; SIRCELJ, H.; ZELEZNIK, P.; VODNIK, D. Effect os *Meloidogyne ethiopica* parasitismo on water management and physiological stress in tomato. *European Journal of Plant Pathology*, v. 132, p. 49-57, 2012.
- TAHERY, Y. Effect of root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on water responses of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) *Scholars Research Library*, n. 3, v. 1, p. 291-299, 2012.
- TAHERY, Y. Measurement of gas exchange characteristics and stomatal conductance of *Hibiscus cannabinus* infected with *Meloidogyne incognita*. *Annals of Biological Research*, v. 3, p. 280-290, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- VAZ, M. V.; CANEDO, E. J.; MACHADO, J. C.; VIEIRA, B. S.; LOPES, E. A. Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. *Revista Perquirere*, v. 1, n. 8, p. 203-212, 2011.