

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

REAÇÕES DE GENÓTIPOS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL
A Meloidogyne incognita E EFICIÊNCIA DE MÉTODOS DE
CONTROLE

Autor: José Humberto de Ávila Júnior
Orientador: D.Sc. Rodrigo Vieira da Silva

MORRINHOS – GO
2017

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

REAÇÕES DE GENÓTIPOS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL
A Meloidogyne incognita E EFICIÊNCIA DE MÉTODOS DE
CONTROLE

Autor: José Humberto de Ávila Júnior
Orientador: D.Sc. Rodrigo Vieira da Silva

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

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

A958c Ávila Júnior, José Humberto de.

Reações de genótipos de tomateiro industrial a *Meloidogyne incognita* e eficiência de métodos de controle. / José Humberto de Ávila Júnior. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2017.

62 f. : il.

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2017.

1. *Meloidogyne incognita*. 2. Nematoides das galhas. 3. *Solanum lycopersicum*. I. Silva, Rodrigo Vieira da. II. Instituto Federal Goiano. Mestrado Profissional em Olericultura. III. Título

CDU 635.64(043)

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

REAÇÕES DE GENÓTIPOS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL
A *MELOIDOGYNE INCOGNITA* E EFICIÊNCIA DE
MÉTODOS DE CONTROLE.

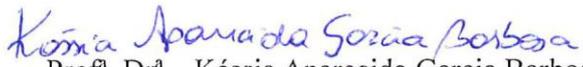
Autor: José Humberto de Ávila Júnior
Orientador: Rodrigo Vieira da Silva

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

APROVADO em 21 de julho de 2017.


Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva
Presidente da Banca
IF Goiano – Campus Morrinhos


Dr. Bruno Eduardo Cardoso de Miranda
Avaliador Externo
Universidade Federal de Lavras


Profª. Drª. Kássia Aparecida Garcia Barbosa
Avaliadora Externa
Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas de Goiatuba

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força e saúde para chegar até aqui e por continuar iluminando meu caminho.

Aos meus pais, José Humberto de Ávila e Aparecida de Fátima Lima Ávila, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, e por terem investido seus esforços na minha formação profissional. Se não fosse por eles, nada disso seria realidade. Obrigado pelo amor, carinho e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus irmão, Eveline Suell de Lima Ávila e Carlos Eduardo de Ávila, pela paciência, amor, carinho e prontidão em sempre me ajudar.

À minha namorada e companheira de todas as horas, Munyse Barros Barbosa, pela paciência, prontidão em ajudar, por sempre me apoiar e me “empurrar” nas horas certas, dando todo o apoio possível.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, professores, funcionários e colegas, por proporcionar a realização deste sonho.

Ao meu orientador, Professor D.Sc. Rodrigo Vieira da Silva, pela paciência e prontidão em me orientar durante o mestrado, repassando valiosos conhecimentos e me orientando nas melhores horas possíveis. Obrigado pelos puxões de orelhas e pelas cobranças! Graças a elas, mais um sonho se materializou.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de mestrado, que foi de grande valia para realização deste trabalho.

Aos amigos Jair Ricardo, João Pedro, Edcarlos Alves e Caio Felipe, que sempre estiveram dispostos a me ajudar durante o desenvolvimento dos experimentos.

Às empresas de semente Eagle, Blues Seeds e Mudas Brambilla, por me fornecerem as sementes para a realização da primeira etapa do projeto. Novamente a empresa Mudas Brambilla, pela prontidão em fazer as mudas utilizadas na pesquisa.

À equipe do Grupo de Estudo em Nematologia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, pela disposição, suporte e cooperação nas atividades em equipe.

À empresa Dez Alimentos Ltda pela prontidão em me liberar, sempre que solicitado, das minhas atividades laborais, para que eu pudesse realizar as atividades do mestrado.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

José Humberto de Ávila Júnior, filho de José Humberto de Ávila e Aparecida de Fátima Lima Ávila, nascido em 24 de abril de 1989, no município de Morrinhos – Goiás. Em 2014, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia. Em março de 2015 ingressou-se no curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, realizando pesquisas sobre o controle de nematoides fitopatogênicos, sob a orientação do professor D.Sc. Rodrigo Vieira da Silva, que resultou em uma dissertação, defendida em 21 de julho de 2017.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro industrial	3
2.2 Os fitonematoides.....	5
2.3 Métodos de controle.....	8
2.5 Referências Bibliográficas	13
3. CAPÍTULO I.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS	20
Produção de mudas	21
Obtenção do inóculo	21
Inoculação do fitonematoide	22
Condução do ensaio	22
Processamento e análise das amostras	22
Análise estatística.....	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
Conclusões.....	27
Literatura Citada	27
4. CAPÍTULO II.....	29

RESUMO.....	29
ABSTRACT.....	30
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
Produção de mudas.....	33
Obtenção do inóculo.....	33
Inoculação do fitonematoide.....	34
Aplicação de produtos.....	34
Condução do ensaio.....	34
Processamento e análise das amostras.....	35
Análise estatística.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
Conclusões.....	41
Literatura Citada.....	41
5. CONCLUSÃO GERAL.....	45

RESUMO

ÁVILA JÚNIOR, JOSÉ HUMBERTO DE. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, julho 2017. **Reações de genótipos de tomateiro industrial a *Meloidogyne incognita* e eficiência de métodos de controle.** Orientador: D.Sc. Rodrigo Vieira da Silva.

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais cultivadas e conhecidas em todo mundo, seja sua utilização na forma *in natura* ou industrializada. No cenário nacional da tomaticultura industrial, o estado de Goiás se destaca por ser o maior produtor dessa cultura. Em função de ser uma espécie tenra e rica em nutrientes, é bastante atacada por diversos patógenos, sendo os nematoides um dos sérios problemas, devido aos grandes prejuízos que provocam. Merece destaque e atenção os nematoide-das-galhas radiculares do gênero *Meloidogyne*, sendo o *Meloidogyne incognita* (*M. Incognita*) o principal responsável pelas perdas no tomateiro. A melhor forma de controle indicada pelos especialistas é a utilização de genótipos resistentes, juntamente com métodos alternativos de controle. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo verificar a reação de genótipos de tomateiro industrial a *M. incognita* e a eficiência de alguns métodos de controle. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. No capítulo 1, o experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado, com 15 tratamentos e 6 repetições, avaliando-se 14 genótipos de tomateiro industrial (N 901; UG 8169; H 1301; H 9553; H 9992; H 5108; BRS Sena; BS P0032; BA 5630; HM 7889; BS P0031; F 0574; BS P0034 e BS P0033) e 1 controle (Cultivar (cv.) Santa Cruz Kada). Foram inoculados 4.000 ovos.vaso⁻¹ de *M. incognita*. Os genótipos foram avaliados aos 60 dias após a inoculação, e verificou-se que os genótipos comerciais BS P0033 e H9992 foram considerados resistentes, apresentando o fator reprodução (FR) < 1. No capítulo 2, utilizou-se o mesmo delineamento do primeiro capítulo, com 9

tratamentos e 6 repetições, onde avaliou-se 8 métodos de controle (Bion[®], Vertimec[®], torta de mamona, torta de nim, repolho, Nem Out[™], Lilacel[®] e H9553) e a testemunha suscetível cv. Santa Cruz Kada. Também foram inoculados 4.000 ovos.vaso⁻¹ de *M. incognita* e realizada a avaliação 60 dias após a inoculação. Os melhores métodos de controle para *M. incognita* foram: a resistência genética (H9553), o controle químico (Vertimec[®]), o indutor de resistência (Bion[®]) e o controle biológico (Nem Out[™]), que apresentaram os menores Fatores Reprodutivos (FR).

PALAVRAS-CHAVE: Nematoides das galhas; *Solanum lycopersicum*; resistência genética; controle alternativo.

ABSTRACT

ÁVILA JÚNIOR, JOSÉ HUMBERTO DE. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, July 2017. **Reactions of industrial tomato genotypes to *Meloidogyne incognita* and efficiency of control methods.** Advisor: D.Sc. Rodrigo Vieira da Silva.

The tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most cultivated and known vegetables worldwide, whether it is used in the *in natura* or industrialized form. In the national scenario of industrial tomato production, the state of Goiás stands out as being the largest producer. Due to it being a tender and nutrient rich species, it is strongly attacked by several pathogens, and nematodes are one of the serious problems due to the great damage they cause. The root-knot nematode of the genus *Meloidogyne* deserves attention, as the *Meloidogyne incognita* (*M. incognita*) is the main nematode responsible for the losses in tomatoes. The best form of control indicated by specialists is the use of resistant genotypes, along with alternative methods of control. In view of the above, the objective of the present study was aimed to verify the reaction of industrial tomato genotypes to *M. incognita* and the efficiency of some control methods. The experiments were conducted in a greenhouse at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. In Chapter 1, the experiment followed a completely randomized design, with 15 treatments and 6 repetitions, evaluating 14 industrial tomato genotypes (N 901; UG 8169; H 1301; H 9553; H 9992; H 5108; BRS Sena; BS P0032; BA 5630; HM 7889; BS P0031; F 0574; BS P0034 e BS P0033) and 1 control (Cultivar (cv.) Santa Cruz Kada). 4,000 *M. incognita* eggs.vase⁻¹ were inoculated. The genotypes were evaluated at 60 days after inoculation, and the commercial genotypes BS P0033 and H9992 were found to be resistant, presenting the reproduction factor (RF) < 1. In Chapter 2, the same design of the first chapter was used, with 9 treatments and 6 repetitions, where 8 control methods were evaluated (Bion®, Vertimec®, castor bean pie, neem pie, cabbage, Nem Out™, Lilacel® and

H9553) and the susceptible cv. Santa Cruz Kada. 4,000 *M. incognita* eggs.vase⁻¹ were also inoculated and had the evaluation carried out 60 days after inoculation. The best control methods for *M. incognita* were: genetic resistance (H9553), chemical control (Vertimec®), resistance inducer (Bion®) and biological control (Nem Out™), which had the lowest reproductive factors (RF).

KEYWORDS: Root-knot nematodes; *Solanum lycopersicum*; genetic resistance; alternative control.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Provavelmente não se encontra uma hortaliça mais cosmopolita e disseminada do que a cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicon* L. sinonímia *Lycopersicon esculentum* Mill.). Por outro lado, não há outra cultura cultivada no Brasil com tamanha complexidade agrônômica, e com tão alto risco econômico (FILGUEIRA, 2005). Essa é uma espécie cultivada comercialmente em todos os cantos do planeta terra (CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

O ataque de fitonematoides à cultura do tomateiro gera grandes prejuízos em diversos países. Segundo Charchar e Lopes (2005), os nematoides que provocam as maiores perdas à tomaticultura brasileira são os causadores de galhas radiculares, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*. De acordo com Silva e Giordano (2000), as espécies ocorrentes no Brasil são *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. hapla* Chitwood, sendo *M. incognita* e *M. Javanica* as mais encontradas. Recentemente, apareceram na literatura alguns relatos de *M. enterolobii* (PINHEIRO, 2017). Os principais sintomas causados na planta são: galhas, rachaduras e diminuição do sistema radicular, redução do vigor, crescimento retardado, amarelecimento foliar, deficiências nutricionais, murchamento das plantas, principalmente nas horas quentes do dia, e em caso de ataques severos, a morte prematura da planta. Todos os sintomas supracitados podem aparecer na forma de reboleiras de formato irregular (PINHEIRO, 2017; PINHEIRO; PEREIRA, 2012).

Os nematoides são partes integrantes do complexo de problemas que afetam o tomateiro, juntamente com doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. Diante dessa problemática, e considerando a grande importância da cultura para o Brasil, e para o estado de Goiás, que se encontra na primeira colocação de produção e produtividade do tomate do tipo industrial, estudos sobre o comportamento dos materiais cultivados e o melhor manejo deste patógeno são de extrema importância para cadeia produtiva,

auxiliando no entendimento deste patossistema e na elaboração de medidas de controle mais eficientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro industrial

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie de planta da classe dicotiledônea, sendo da ordem Tubiflorae, pertencente à família Solanaceae e gênero *Solanum* (CLEMENTE; BOITEUX, 2012). Tem como provável centro de origem das espécies silvestres a América do Sul, centralizado na região andina, se estendendo desde o norte do Chile até o Equador (ALVARENGA, 2013).

Sua domesticação foi realizada por tribos indígenas do México, sendo introduzido na Europa, no século XVI, pelos espanhóis. Foi considerada por muito tempo uma planta venenosa, e utilizada como planta ornamental. No Brasil, foi introduzida no final do século XIX por imigrantes europeus, no estado de São Paulo (ALVARENGA, 2013).

A planta do tomateiro industrial se caracteriza basicamente por apresentar o hábito de crescimento determinado, devido à sua ausência de dominância apical, sendo o fator que limita seu crescimento é que a cada ramificação, apresenta uma haste floral, ao contrário do hábito de crescimento indeterminado, que apresenta dominância apical (ALVARENGA, 2013), ou seja, rasteiro.

Essa cultura tem uma grande representatividade para o Brasil. Atualmente, o Brasil está entre os sete maiores produtores de tomate industrial do mundo, ocupando a 7ª º posição, com uma produção de 1,45 milhão de toneladas, em uma área cultivada de 18 mil hectares, o que corresponde a uma produtividade média de 80,5 ton.ha⁻¹, ficando atrás dos Estados Unidos, Itália, China, Espanha, Turquia e Portugal, respectivamente (Tabela 1) (COLVINE, 2017).

Tabela 1: Principais países produtores de tomate e sua respectiva produção no ano de 2016

País	Produção (toneladas)
EUA	11.470.000
Itália	5.180.000
China	5.150.000
Espanha	2.950.000
Turquia	2.100.000
Portugal	1.507.000
Brasil	1.450.000
Total	30.957.000

Fonte: COLVINE (2017)

O Estado de Goiás é o principal produtor dessa olerícola no Brasil (Tabela 2), com uma produção de 1,080 milhão de toneladas (em 2016), e uma área plantada de 13 mil hectares, obtendo uma produtividade média de 83 t.ha⁻¹. Assim, Goiás lidera o ranking nacional como maior produtor dessa olerícola no país (HEINZ SEEDS, 2017). O cultivo do tomateiro industrial concentra-se numa espécie de “cinturão”, onde estão localizadas 12 indústrias processadoras, sendo os principais municípios produtores, Cristalina, Itaberaí e Morrinhos (RIBEIRO, 2015).

Tabela 2: Principais Estados produtores de tomate, suas respectivas produções e áreas cultivadas no ano de 2016.

Estado	Produção (toneladas)	Área (ha)
Goiás	1.080.062	13847,7
São Paulo	289.950	3101,5
Minas Gerais	215.034	1969,0
Pernambuco	7.120	107,0
Total	1.592.166	19025,2

Fonte: Heinz Seeds (2017)

A cadeia do tomate no Brasil possui uma importância muito grande para a economia do país, movimentando no mercado cerca de R\$ 3 bilhões (FOCO RURAL AGRONEGÓCIO, 2015), além de gerar milhares de empregos de forma direta e indireta em todas as etapas do processo, desde o plantio até a fase final, na indústria. Segundo estimativas, são empregadas de 4 a 5 pessoas por hectare, desde o preparo do solo até a colheita (CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

Apesar de ser uma cultura que emprega uma grande quantidade de mão de obra, o cultivo do tomateiro industrial é muito tecnificado e exige um bom conhecimento de seus profissionais, devido a inúmeros problemas ocorrentes durante

seu processo produtivo, como excesso de chuvas, grande incidência de pragas e doenças, dentre elas, destaque para os fitonematoides, que dependendo do alto nível de infestação da propriedade, podem impedir a condução do tomateiro na área cultivada, gerando sérios prejuízos.

2.2 Os fitonematoides

Os nematoides estão amplamente distribuídos na superfície do planeta, sendo esses vermes encontrados em todos os locais do mundo onde existe vida, e em diferentes habitats. Eles estão entre os organismos multicelulares mais numerosos do mundo, representando 80 % de todos os animais. A maioria dos nematoides parasitas de plantas não é visível a olho nú, de modo que se faz necessário a utilização de microscópios para sua visualização, porém nem todos são tão pequenos e alguns parasitas de animais podem chegar a 30 centímetros ou ainda a 17 metros de comprimento (TIHOHOD, 2000).

Os fitonematoides responsáveis por parasitar as plantas alimentam-se de suas células vivas, principalmente dos órgãos subterrâneos, mas não ficam restritos somente a esses, podendo danificar folhas, flores, frutos, caules, bulbos, rizomas e tubérculos (TIHOHOD, 2000). Possuem um tamanho que varia de 0,3 a 3 mm de comprimento e um diâmetro de 15 a 50 µm, de extremidades finas, possuem um estilete, na parte anterior do corpo, que é utilizado para penetrar totalmente ou parcialmente na raiz da planta, sugando o conteúdo celular e injetando toxinas produzidas pelas glândulas exofageanas. Além de provocar doenças, sua ação pode representar a porta de entrada para outros patógenos do solo (CHARCHAR; LOPES, 2005; FILGUEIRA, 2005).

Entre os principais gêneros de nematoides que causam danos expressivos na cultura do tomateiro pelo mundo estão os *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus* (PINHEIRO; PEREIRA, 2012). O gênero *Meloidogyne* foi constatado pela primeira vez no Brasil em 1878 no Rio de Janeiro por Jobert, observando uma moléstia na raiz do cafeeiro “galhas nas raízes” que estava provocando o declínio dessa cultura na região (MOURA, 1996). Porém, somente em 1887 que Goeldi estudando essa doença nomeou-a como *Meloidogyne* (do grego *melon*, que significa cabaça), sufixo *oid* (semelhante) e *gyne* (fêmea), resultando em “fêmea semelhante a uma cabaça”. Esse gênero pertence à Classe Secernenea, Ordem Tylenchida, Superfamília Tylenchoidea e Família Meloidogynidae (TIHOHOD, 2000).

O ataque de nematoides à cultura do tomate gera grandes prejuízos. Segundo Charchar e Lopes (2005), os nematoides que provocam as maiores perdas à tomaticultura brasileira são os causadores de galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*. De acordo com Silva e Giordano (2000), as espécies ocorrentes no Brasil são *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. hapla* Chitwood, sendo *M. incognita* e *M. javanica* as mais encontradas, e recentemente relatos de *M. enterolobii* (PINHEIRO, 2017). Charchar et al. (1998) salientaram que o tomate é a hortalíça que mais sofre danos causados por associação de *M. incognita* raça 1 e *M. javanica*.

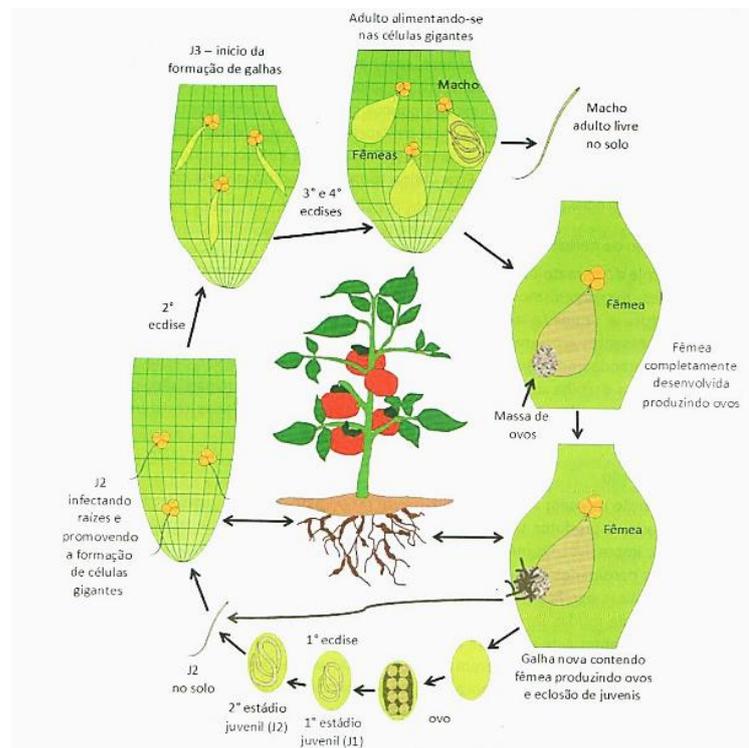
Os fitonematoides são classificados em dois grupos, compreendendo os ectoparasitos e os endoparasitos. Os ectoparasitos passam toda sua vida no solo e somente o estilete é introduzido na planta; já os endoparasitas, grupo ao qual pertence o gênero *Meloidogyne*, são capazes de introduzir todo o corpo nos órgãos das plantas, ficando restrita a migração, sendo o seu modo de parasitismo o sedentário, no qual eles perdem sua mobilidade dentro da planta (TIHOHOD, 2000).

As perdas de produção provocadas pelos nematoides das galhas podem ser da ordem de 25 a 85,0%. Em solos infestados de *M. incognita* e *M. javanica* podem ocorrer uma redução de 66,5% no crescimento vegetativo, e uma redução na produtividade de 70%, quando comparado com solo esterilizado (CHARCHAR et al. 1998). Todavia, essas perdas não são muito precisas devido a fatores adversos como a interação com outros patógenos e variações climáticas. O *Meloidogyne* só assume a identidade de “problema” quando a sua população já esta muito elevada e fora do nível de controle, com prejuízos significativos (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

As perdas supramencionadas são recorrentes da penetração das raízes pelos juvenis de segundo estágio (J2) (Figura 1), pois eles estimulam uma resposta da planta a sua penetração, com a hipertrofia e hiperplasia das células nas raízes invadidas, formando as galhas (PINHEIRO; PEREIRA, 2012). Retirando-se as raízes do solo nota-se a presença de galhas ou engrossamentos de vários tamanhos, que dificultam a absorção e circulação de água e de nutrientes pela planta (MINAMI; HAAG, 1989; PADOVANI 1989), levando ao aparecimento de sintomas na parte aérea das plantas, como amarelecimento, murchamento, principalmente nas horas quentes do dia e porte reduzido. Esses danos podem ser quantitativos quando reduzem apenas a produtividade e/ou qualitativos prejudicando o produto final, se manifestando nos tubérculos de beterraba, raízes de cenoura e frutos do tomateiro. Além dos danos diretos, vale

salientar que os danos indiretos podem favorecer a entrada de outros organismos fitopatogênicos através dos ferimentos, provocados pelos fitonematoides (LORDELLO, 1992).

Figura 1 - Ciclo de vida do nematoide-das-galhas em raízes de tomateiro



Fonte: Clemente e Boiteux (2012).

Devido à invasão de patógenos secundários, como *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp., *Verticillium* spp., e *Ralstonia* spp., as raízes podem apodrecer rapidamente (PINHEIRO; PEREIRA, 2012). A absorção e o transporte de água e nutrientes das raízes para a parte aérea são afetados, resultando em redução do vigor, crescimento retardado, amarelecimento foliar, deficiências nutricionais, murchamento das plantas nas horas quentes do dia, e, em caso de ataques severos, a morte prematura da planta (PINHEIRO; PEREIRA, 2012; CHARCHAR; LOPES, 2005; FILGUEIRA, 2005; SILVA; GIORDANO, 2000). Todos os sintomas supracitados podem aparecer distribuídos em forma de reboleiras, com formato irregular (PINHEIRO; PEREIRA, 2012), uma vez que, patógenos do solo, como os nematoides, apresentam pequena movimentação no solo de modo autônomo.

2.3 Métodos de controle

Os fitonematoides causam sérios prejuízos para a agricultura, gerando grandes perdas, principalmente em lugares onde a agricultura ainda não é muito desenvolvida e tecnificada. Atualmente, o controle dos fitonematoides somente com uso de nematicida está em desuso, devido aos sérios problemas ambientais provocados por tais produtos, que são muito tóxicos (SILVA, 2011).

A agricultura do terceiro milênio, devido a pressão da sociedade, está procurando por métodos mais sustentáveis, que causam menos riscos à saúde humana e a natureza. Portanto, para substituir os nematicidas, quando possível, têm-se adotado métodos alternativos de controle, que são menos agressivos ao meio ambiente e à saúde humana e animal. Dentre os métodos, destacam-se a rotação de culturas, a adubação orgânica, a utilização de plantas antagonistas e armadilhas, as cultivares resistentes, o controle biológico e os indutores de resistência (SILVA, 2011).

Na maioria das áreas de pivô central onde se planta o tomateiro industrial é muito comum a presença de *M. incognita*, pois são áreas cultivadas intensamente, podendo chegar a três ciclos culturais no decorrer de um ano, fator que favorece a multiplicação dos nematoides, sendo que eles possuem hábitos polípagos, alimentando-se de uma grande gama de hospedeiros (FREITAS et al., 2000). Geralmente, as culturas utilizadas nas sucessões são hospedeiras de *M. incognita*, o que dificulta muito o manejo desse fitonematoide nas áreas de produção (INAMOTO et al., 2011).

Atualmente, a alternativa mais utilizada na cultura do tomateiro é, sem dúvida, a resistência e/ou tolerância genética, em que a planta apresenta uma resistência ou tolerância à presença do fitonematoide. Quase 100% dos materiais plantados comercialmente possuem algum tipo de resistência ao gênero *Meloidogyne*, em especial, a *M. incognita* (LUZ et al., 2016).

O melhoramento genético visando a resistência aos nematoides já vem sendo pesquisado há mais de 60 anos, tendo como fonte o tomateiro selvagem *Solanum peruvianum* (acesso PI 125687), e, a partir desse, mais nove genes de resistência foram caracterizados no tomateiro e em espécies selvagens (*Mi-1* a *Mi-9*) (CLEMENTE; BOITEUX, 2012; ALVES; CAMPOS, 2001).

Para a cultura do tomateiro, a resistência é fundamental na escolha do genótipo a ser plantado, sendo que na sua ausência, rapidamente esse cultivar, em sua maioria híbrido, é retirado do mercado comercial (LUZ et al., 2016).

As plantas que possuem o gene *Mi* tem um mecanismo de resistência chamado de reação de hipersensibilidade (HR), responsável pelas mudanças histológicas nas plantas. Essa HR resulta na morte de células do hospedeiro circundadas ao sítio de infecção do juvenil de segundo estágio de *Meloidogyne* spp, inibindo a formação do sítio de alimentação do fitonematoide ou degenerando precocemente as células desse local, resultando na parada do desenvolvimento do nematoide nas raízes das plantas (CLEMENTE; BOITEUX, 2012; ASSUNÇÃO et al., 2010). A reação de HR pode ser interpretada como um suicídio de algumas células para salvar as demais. Esse fenômeno inicia sua ocorrência cerca de 12 horas após a tentativa de estabelecimento do nematoide no interior da raiz (CLEMENTE; BOITEUX, 2012). Porém, essa resistência pode ser ineficaz em solo com temperaturas acima de 30 °C, onde ocorre a desativação do gene *Mi* que confere a resistência ao gênero *Meloidogyne* (AMMATI et al., 1986; ARAUJO et al., 1982).

Os métodos alternativos estão se tornando cada vez mais comuns no controle de fitonematoides em diversas culturas, devido ao baixo custo e a menor contaminação do meio ambiente, por parte dos nematicidas (SANTOS et al., 2013). Dentre esses métodos alternativos, encontra-se o uso de matéria orgânica ou organominerais derivado de diversas fontes, sendo uma delas a torta de mamona.

O efeito da torta de mamona sobre as populações de nematoides já é conhecido há vários anos, desde a década de 1970, onde trabalhos foram desenvolvidos na cultura do café, mostrando seus efeitos significativos. O principal componente para este controle é a substância proteica ricina, componente altamente tóxico presente nas sementes da mamona, que é liberado na decomposição do material orgânico (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010).

No trabalho de Dinardo-Miranda e Fracasso (2010), os autores estudaram o efeito da torta de mamona na cultura da cana-de-açúcar e obtiveram resultados significativos, mostrando incrementos na produtividade, não somente por consequência da redução da população de nematoides, mas devido a seus efeitos nutricionais.

Moraes e Lordello (1977) também demonstraram esse efeito positivo há quarenta anos, com a cultura do café, onde eles usaram a torta de mamona para o controle de *M. exigua* em solo para produção de mudas de café.

Outro método alternativo que vem sendo pesquisado há vários anos são os subprodutos derivados do nim (*Azadirachta indica* Juss), como folhas, óleo e a torta, pois eles reduzem as populações de fitonematoides e alguns fungos fitopatogênicos

(SILVA; PEREIRA, 2008). A “árvore do nim indiano” é nativa do Sul da Ásia, sendo suas principais áreas de origem o Sul da Índia e Miamar (BRITO, 2013).

A torta de nim é um subproduto da extração do óleo, e apresenta alguns tripenóides ou limonóides, como a azadiractina A, azadiractina B, salanin (BRITO, 2013), sendo a azadiractina o mais estudado e o mais potente entre os limonóides (MOSSINI; KEMMELMEIER, 2005). Por meio da decomposição da torta, ocorre a liberação gradativa dos compostos que são tóxicos aos nematoides, além da liberação de amônia no solo, que atua diretamente nos fitonematoides (LOPES et al., 2008).

Vários autores relatam a eficiência de produtos oriundos do nim no controle de fitonematoides, mas somente os derivados de suas sementes, como a torta e o pó, apresentam uma maior eficiência, mantendo a população de patógenos abaixo do nível de dano econômico (OLIVEIRA et al., 2005). Lopes et al. (2008) confirmaram a eficiência da torta de nim no controle de populações de *M. javanica* na cultura do tomateiro.

Outras plantas, como as da família brassicae, tem se mostrado muito importantes como fonte de matéria orgânica e também no controle de fitonematoides. Durante o processo de decomposição das brássicas ocorre a liberação de compostos tóxicos aos fitonematoides, como os sulfurosos e os glicosinatos (nitrilas, tiocinatos e epinitrilas) (MAYTON et al., 1996). O composto metil isotiocinato, liberado pelas brássicas, é um ingrediente comercial de defensivos fumigantes de solo (NEVES et al., 2007).

Em um trabalho realizado por Neves et al. (2007), os autores notaram um nível favorável de controle na população de *M. javanica*, visto que todas as brássicas utilizadas se diferiram da testemunha em relação ao número de ovos de *M. javanica* por sistema radicular.

Em se tratando de controle químico, a abamectina, princípio ativo do Vertimec[®] 18 EC, se tornou um produto muito utilizado para o controle de fitonematoides em diversas culturas, por ser um produto com uma toxicidade baixa, pois não apresenta acúmulo no meio ambiente, além de fácil manuseio, sendo utilizado de diversas maneiras, dentre elas, no tratamento de sementes, e nas aplicações no solo e foliar, além de imersão de raízes e bulbos. O principal componente da fermentação da avermectina B1 é a abamectina, possuindo registro em mais de 50 países, como inseticida, acaricida e nematicida (JANSSON; RABATIN, 1998).

As avermectinas pertencem à família das lactonas macrocíclicas, produzidas por meio do processo de fermentação da bactéria do solo, *Streptomyces avermitilis*. Os compostos mencionados são de extrema importância para a saúde humana, animal e proteção de plantas, exibindo propriedades nematicidas (CABRERA ET AL., 2009; JANSSON; RABATIN, 1998; GERENUTTI; SPINOSA, 1997).

Segundo Faske e Starr (2006), em um trabalho observando a sensibilidade de *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis* à abamectina, observou-se que o primeiro é mais sensível à abamectina que o segundo. No mesmo estudo, os autores compararam a abamectina com aldicarb, e notaram que na exposição do fitonematoide à abamectina resulta na paralisia irreversível dos nematoides; já na exposição ao aldicarb, essa paralisia pode ser interrompida na remoção do nematicida, ou no final de seu efeito.

Mesmo as avermectinas não pertencendo a uma classe muito tóxica ao meio ambiente e a saúde humana, novas tecnologias são desenvolvidas para se adaptarem às novas realidades de segurança alimentar e preservação do meio ambiente. Com isso, a resistência induzida vem ganhando um novo espaço entre os métodos de controle, pois as plantas dispõem de mecanismos de defesa contra a invasão de microrganismos, que em alguns casos se encontram ocultos (ASSUNÇÃO et al., 2010).

A resistência induzida, mais especificamente no caso da resistência sistêmica adquirida, também conhecida como (SAR), refere-se à ativação de mecanismos de defesas latentes da própria planta contra patógenos. Como é uma reação inespecífica e de amplo aspecto, ela pode ser efetiva a fitonematoides. Isso ocorre após a formação de uma lesão necrótica, seja como parte da resposta de hipersensibilidade (RH) ou como sintoma de doença. A ativação da SAR resulta no desenvolvimento de uma resistência sistêmica de amplo aspecto (SILVA ET AL., 2004; RYALS ET AL., 1996).

O indutor de resistência mais testado contra fitonematoides é o acibenzolar-S-metil (ASM) (SALGADO et al., 2007), conhecido comercialmente como Bion[®]. Alguns pesquisadores comprovaram o efeito positivo desse composto contra os fitonematoides, dentre eles, Silva et al (2004), que notaram o aumento da resistência de plantas suscetíveis a *Meloidogyne incognita* no estágio juvenil. Carvalho (2006) constatou que aplicando ASM via pulverização foliar, sete dias antes da inoculação promoveu uma redução de 40 a 80% no número de galhas e ovos comparado com a testemunha.

No decorrer das últimas décadas, a cultura do tomateiro vem sofrendo grandes avanços, desde o plantio até os novos métodos de controle de doenças e pragas. E nessa

evolução, o controle biológico vem se destacando cada dia mais no controle de doenças, pragas e fitonematoides. O controle biológico de fitonematoides é, sem dúvida, uma alternativa sustentável e ecologicamente correta, visto que a sociedade faz pressão por alimentos mais saudáveis e com os menores resquícios de contaminação por agrotóxicos (ARAÚJO; MARCHESI, 2009).

No solo existem diversos fungos que parasitam ovos de fitonematoides. O fungo *Paecilomyces lilacinus* é o mais estudado para o controle de nematoides das galhas, apresentando diversos níveis de controle (ATKINS ET AL., 2005; CARNEIRO; GOMES, 1993). O principal mecanismo de ação desse fungo é a infecção direta dos estádios sedentários, em particular a fase de ovo, cuja infecção tem sido associada a produção de leucinotoxinas, quitinases, proteases e ácido acético (KIEWNICK; SIKORA, 2006).

Kiewnick e Sikora (2006) revisaram a eficácia de controle de *P. lilacinus* sobre os nematoides das galhas e *Globodera rostochiensis*, nematoide da batata, sendo que para esses dois fitonematoides, o controle foi um sucesso.

Além dos fungos, as bactérias que habitam a rizosfera das plantas, sendo denominadas de rizobactérias, tem apresentado um eficiente método de controle (FERNANDES et al., 2014). Os principais mecanismos de controle das rizobactérias sobre os fitonematoides são a redução da eclosão de juvenis e a atratividade das raízes, devido a produção de toxinas e exudatos radiculares. Uma característica positiva dos *Bacillus* spp. é a sua facilidade de produção de bionematicidas em grande escala, principalmente na produção de endósporos resistentes ao calor (FERNANDES et al., 2014).

O controle biológico é uma boa opção de controle de fitonematoides, sendo uma alternativa ecologicamente correta e desejável, a qual pode utilizar-se de fungos nematófagos e bactérias (FERNANDES et al., 2014), ou até mesmo a utilização conjunta de vários agentes de controle biológico, visando um controle mais eficaz.

A maioria dos casos de controle de biológico ocorrentes na natureza, em que se observa um grande sucesso, não está relacionado somente a um único antagonista com uma população elevada, mas sim na mistura de vários antagonistas. Verifica-se que, aplicando uma mistura de vários agentes de controle biológico, resultaria na imitação natural, aumentando a atividade de biocontrole, melhorando a eficácia e a confiança no controle (SIDDIQUI; SHAUKAT, 2003).

Em um estudo realizado por Siddiqui e Ehteshamul-Haque (2000) verificou-se que a aplicação de vários agentes de controle em conjunto, ofereceu melhor eficiência no controle biológico, além de promover um melhor crescimento das plantas.

Um produto comercial que apresenta essa característica é o NemOut™, que é composto por duas bactérias, *Bacillus licheniformis*, *B. subtilis*, e um fungo, o *Trichoderma longibrachiatum*.

2.5 Referências Bibliográficas

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2 ed. Editora Universitária de Lavras, 2013. 455 p.

ALVES, F. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do aquecimento global na resistência de plantas a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 143-162, 2001.

AMMATI, M.; THOMASON, I. J.; MCKINNEY, H. E. Retention of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon* genotypes at high soil temperature. **Journal of Nematology**, v. 18, n. 4, p. 491-495, 1986.

ARAÚJO, M. T. et al. Effect of diurnal changes in soil temperatures on resistance to *meloidogyne incognita* in Tomato. **Journal of Nematology**, v. 14, n. 3, p. 414-416, 1982.

ARAÚJO, F. F. de; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do Tomateiro. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1558-1561, 2009.

ASSUNÇÃO, A. et al. Efeito de Indutores de Resistência sobre *Meloidogyne incognita* em Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Nematologia Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 56-62, 2010.

ATKINS, S. D. et al. The use of real-time PCR and species-specific primers for the identification and monitoring of *Paecilomyces lilacinus*. **Microbiology Ecology**, v. 51, p. 257-264, 2005.

BRITO, O. S. de. **Efeitos do óleo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre a reprodução e perfil metabólico de machos ovinos**. Viçosa, 2013. 74 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

CABRERA, J. A. et al. Efficacy of abamectin seed treatment on *Pratylenchus zaeae*, *Meloidogyne incognita* and *Heterodera schachtii*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 116, n. 3, p. 124-128, 2009.

- CARNEIRO, R. M. D. G.; GOMES, C. B. Metodologia e testes de patogenicidade de *Paecilomyces lilacinus* e *P. Fumoso-roseus* em ovos de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 66-75, 1993.
- CARVALHO, P. H. de. **Controle biológico e alternativo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em tomateiro**. Brasília, 2006. 82 f. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Brasília.
- CHARCHAR, J. M.; LOPES C. A. **Nematóides**. In: LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. de. Doenças do tomateiro. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 95-99, 2005.
- CHARCHAR, J. M. **Perda de produtividade de tomateiro por infecção de população mista de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica***. Embrapa Hortaliças, n.12, 1998.
- CLEMENTE, F. M. V.; BOITEUX, L. S. **Produção de Tomate para Processamento Industrial**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 344 p.
- COLVINE, Sophie. Production estimate of tomatoes for processing. **WPTC**, 2017. Disponível em: <<https://www.wptc.to/releases-wptc.php>>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. Efeito da Torta de Mamona sobre Populações de Nematoides Fitoparasitos e a Produtividade da Cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 34, n.1, p. 68-71, 2010.
- FASKE, T. R.; STARR, J. L. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to Abamectin. **Journal of Nematology**, v. 38, n. 2, p. 240-244, 2006.
- FERNANDES, R. H. et al. *Pochonia chlamydosporia* e *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em mudas de tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 194-200, 2014.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005. 412 p.
- FOCO RURAL AGRONEGÓCIOS. **Hortifruti: Os desafios do tomate industrial no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.focorural.com/detalhes/n/n/7102/os-desafios-do-tomate-industrial-no-brasil.html>>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- FREITAS, L. G. et al. **Introdução á nematologia**. Viçosa: UFV, 1999. 84 p.
- FREITAS, J. A. de et al. Efeito do alelo *Mi* na reação de resistência do tomateiro à *Meloidogyne* spp. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 4, p. 907-910, 2000.
- GERENUTTI, M.; SPINOSA, H. S. **Avermectinas: revisão do uso e da ação sobre o SNC**. Departamento de Patologia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ-USP), vol. 10, n. 2, p. 7-27, 1997.
- HEINZ SEEDS. **Levantamento sistemático da produção de tomate industrial no Brasil**. 2017.

INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M. S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**, vol. 36, n. 3, p. 178-185, 2011.

JANSSON, R. K.; RABATIN, S. Potential of foliar, dip, and injection applications of avermectins for control of plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, v. 30, n. 1, p. 65-75, 1998.

KIEWNICK, S.; SIKORA, R. A. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. **Biological Control**, v. 38, p. 179–187, 2006.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides de plantas cultivadas**. 9ª ed. São Paulo: Nobel, 1992. 356 p.

LOPES, E. A. et al. Controle de *Meloidogyne javanica* com diferentes quantidades de torta de nim (*Azadirachta indica*). **Revista Trópica – Ciência Agrárias e Biológicas**, vol. 2, n. 1, p. 17-21, 2008.

LUZ, J. M. Q; BITTAR, C. A; OLIVEIRA, R. C.; NASCIMENTO, A. R. & NOGUEIRA, A. P. O. Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v.34, n. 4, p. 483-490, 2016.

MAYTON, H. S. et al. Correlation of fungicidal activity of Brassica species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. **Phytopathology**, v. 86, n. 3, p. 267-271, 1996.

MINAMI, K.; HAAG H. P. **O tomateiro**. 2ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989, 397 p.

MORAES, M. V. de; LORDELLO, L. G. E. Uso de torta de mamona no controle de nematoides em solo para viveiro de café. **Sociedade Brasileira Nematologia**, n. 2, 1977.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore nim (*azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 24, n. 1, p. 139-148, 2005.

MOURA, R. M. Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte I. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, RAPP, v. 04, 1996.

NEVES, W. S. et al. Biofumigação do solo com espécies de brássicas para o controle de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 195-201, 2007.

OLIVEIRA, F. S. de et al. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematóide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 171-178, 2005.

PADOVANI, M. I. **Tomate**. 2ª ed. São Paulo: Icone, 1989. 156 p.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA R. B. **Nematoides**. 2012. In: CLEMENTE, F. M. V.; BOITEUX L. S. Produção de Tomate para Processamento Industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 243-262, 2012.

PINHEIRO, J. B. **Nematoides em hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2017. 194 p.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p 331-338, 2006.

RIBEIRO, K. In natura ou processado? Líder em tomate industrial e significativo em tomate de mesa, Goiás encara altos custos de produção. **Revista Campo**. Ano XVI, n. 239, maio/2015.

RYALS, J. A. et al. Systemic Acquired Resistance. **The Plant Cell**, v. 8, p. 1809-1819, 1996.

SALGADO, S. M. de L. et al. Efeito de Indutores de Resistência sobre *Meloidogyne exigua* do Cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 3, n. 4, p. 1007-1013, 2007.

SANTOS, B. H. C. dos et al. Controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de bananeiras ‘prata-anã’ por compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 650-656, 2013.

SIDDIQUI, I. A.; EHTESHAMUL-HAQUE, S. Effect of *Verticillium chlamyosporium* and *Pseudomonas aeruginosa* in the control os *Meloidogyne javanica* on tomato. **Nematologia Mediterranea**, v. 28, p. 193-196, 2000.

SIDDIQUI, I. A.; SHAUKAT, S. S. Combination of *Pseudomonas aeruginosa* and *Pochonia chlamyosporia* for Control of Root-Infecting Fungi in Tomato. **Journal Phytopathology**, v. 151, p. 215-222, 2003.

SILVA, J. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 168 p.

SILVA, L. H. C. P. et al. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicações do acibenzolar-s-metil. **Nematologia Brasileira**, vol. 28, n. 2, p. 199-206, 2004.

SILVA, G. S.; PEREIRA, A. L. Efeito da incorporação de folhas de nim ao solo sobre o complexo *Fusarium x Meloidogyne* em quiabeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 4, p. 368-370, 2008.

SILVA, G. S. Métodos alternativos de controle de fitonematoides. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, RAPP, v. 09, 2011.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2^a ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 473 p.

3. CAPÍTULO I

Reações de genótipos de tomateiro industrial a *Meloidogyne incognita*

(Normas de acordo com a Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

RESUMO

As espécies de *Meloidogyne* spp. estão entre os principais patógenos que geram perdas para o tomateiro industrial, sendo que a resistência genética é o seu principal método de controle na atualidade. O objetivo deste trabalho foi verificar a reação de quatorze híbridos de tomate industrial comercializados no Brasil em relação a *Meloidogyne incognita*. Os híbridos analisados foram: N 901, UG 8169, H 1301, H 9553, H 9992, H 5108, BRS Sena, BS P0032, BA 5630, HM 7889, BS P0031, F 0574, BS P0034 e BS P0033. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 15 tratamentos (14 híbridos e o tomateiro Santa Cruz cv. Kada, padrão de suscetibilidade), com 6 repetições, sendo cada parcela constituída por uma 1 planta por vaso plástico, com capacidade de 1 L, contendo solo e areia (2:1 v/v) previamente autoclavado. As mudas de tomateiro no estágio de 3 a 4 pares de folhas foram inoculadas com 4.000 ovos e eventuais juvenis infectantes de *M. incognita*. Aos 60 dias da inoculação, procederam-se às avaliações dos fatores peso do sistema radicular e reprodução. A viabilidade do inóculo foi confirmada pela alta taxa reprodutiva na cultivar Santa Cruz Kada. Em todos os genótipos de tomateiro analisados ocorreu a reprodução do nematoide, de modo que nenhuma delas foi considerada imune a *M. incognita*. Somente dois híbridos foram considerados resistentes, conforme a escala de Oosttembrink (BS P0033 e H9992), que apresentaram fator de reprodução (FR) < 1. Os demais genótipos apresentaram FR > 1, sendo considerados suscetíveis.

Palavras-chave: tomate rasteiro; nematoide das galhas; resistência genética.

Reactions of industrial tomato genotypes to *Meloidogyne incognita*

ABSTRACT

The species of *Meloidogyne* spp. are among the main pathogens that cause losses for the industrial tomato, that being, genetic resistance is the main method of control at the present time. The objective of this work was to verify the reaction of fourteen industrial tomato hybrids commercialized in Brazil in relation to *Meloidogyne incognita*. The analyzed hybrids were: N 901, UG 8169, H 1301, H 9553, H 9992, H 5108, BRS Sena, BS P0032, BA 5630, HM 7889, BS P0031, F 0574, BS P0034 and BS P0033. The experiment was conducted in a greenhouse at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. The experimental design was completely randomized, with 15 treatments (14 hybrids and the Santa Cruz tomato cv. Kada, susceptibility pattern), with 6 repetitions, each plot consisting of 1 plant per plastic vase, with 1 L capacity, containing soil and sand (2:1 v/v) previously autoclaved. The tomato seedlings of 3 to 4 pairs of leaves were inoculated with 4,000 eggs and occasional infective *M. incognita* juveniles. At 60 days of inoculation, factors of root system weight and reproduction were evaluated. The viability of the inoculation was confirmed by the high reproductive rate in the cultivar Santa Cruz Kada. In all the tomato genotypes analyzed, the reproduction of nematodes occurred, therefore, none of them were considered immune to *M. incognita*. Only two hybrids were considered resistant, according to the Oosttembrink scale (BS P0033 and H9992), which presented reproductive factor (RF) < 1. The other genotypes showed RF > 1, being considered susceptible.

Keywords: tomato; root-knot nematode; genetic resistance.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*), é uma das hortaliças mais consumidas no planeta e bastante cultivada no nosso país, seja para consumo *in natura* ou industrializado. No cenário da tomaticultura industrial, o Brasil está entre os sete

maiores produtores mundiais (Melo & Vilela 2005), sendo o maior produtor e o maior mercado consumidor da América do Sul (Colvine, 2017). Os principais fatores que favorecem essa colocação são as condições edafo-climáticas favoráveis para o desenvolvimento da cultura, principalmente as áreas cultivadas no cerrado (GO e MG), e o desenvolvimento de novos híbridos, com alto potencial produtivo e com um elevado grau de resistência a diversos patógenos, dentre eles os fitonematoides (Melo & Vilela, 2005).

Os principais nematoides que causam injúrias ao tomateiro são os causadores das galhas radiculares, do gênero *Meloidogyne* (Charchar & Lopes, 2005), sendo que a associação de *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) e Chitwood e *M. javanica* (Treub) Chitwood causam os maiores danos a tomaticultura mundial e nacional (Charchar, 1998). As perdas pela associação desses dois nematoides podem chegar a 85%, variando de acordo com diversos fatores, como o genótipo cultivado, a época de plantio e com as práticas culturais adotadas pelos produtores (Pinheiro et al., 2009; Charchar, 1998).

Os sintomas provocados pelo gênero *Meloidogyne* no tomateiro são as galhas nas raízes, que são resultado de hipertrofias celulares no cilindro central, após a penetração dos juvenis do segundo estágio. Esses juvenis liberam hormônios reguladores do crescimento, formando as células gigantes, que servem de alimento para os juvenis (Vale et al., 2013). As plantas apresentam inicialmente um crescimento retardado, ocorrendo em reboleiras, podendo ficar raquíticas, amareladas e morrendo prematuramente, devido a pouca absorção de água e nutrientes, em razão do comprometimento do sistema radicular, causado pelas galhas. Em algumas plantas tolerantes, mesmo com a presença de muitas galhas, é comum notar que elas mantêm a parte área normal, com pequenos reflexos na produtividade (Lopes & Ávila, 2005).

O uso de nematicidas para o controle de fitonematoides está caindo em desuso nas últimas décadas, por ser uma alternativa de alto custo, além de um constante risco à saúde humana e ao meio ambiente (Pegard et al., 2005). Assim, a resistência genética tem se mostrado uma alternativa ecológica e economicamente viável, por não causar nenhum risco ao meio ambiente e aos seres humanos. Pinheiro et al. (2009) considera uma das formas mais econômicas, seguras e eficientes, com consideráveis reduções de danos à cultura.

A resistência do tomateiro a *M. incognita* foi encontrada em um acesso (PI 128657) de um tomateiro selvagem (*Solanum peruvianum*) a mais de 60 anos, sendo utilizada até

hoje em novos materiais (Clemente & Boiteux, 2012). O gene dominante *Mi*, encontrado nesse tomateiro, conferiu resistência a três principais espécies de fitonematoides das galhas, que são *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (Jacquet et al., 2005). Após a descoberta do primeiro gene de resistência, mais nove genes de resistência foram caracterizados no tomateiro e em espécies selvagens (*Mi-1* a *Mi-9*) (Clemente & Boiteux, 2012; Alves & Campos, 2001). O gene *Mi-1* tem sido utilizado por diversas empresas de pesquisa, sendo uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento de novos híbridos (Clemente & Boiteux, 2012). Em plantas portadoras do gene *Mi* ocorre a reação de hipersensibilidade (HR), que provoca a morte de células próximas ao sítio de alimentação do juvenil de segundo estágio de *Meloidogyne* spp (Assunção et al., 2010). Todavia, em temperaturas do solo acima de 30 °C, a resistência pode ser ineficaz, devido a desnaturação da proteína (Ammati et al., 1986; Araujo et al., 1982).

Segundo a teoria, mesmo que os materiais a serem plantados sejam resistentes ou não, ainda não se tem informações reais sobre como está o comportamento destes híbridos, quando expostos à presença de determinada população de fitonematoide, em especial o *M. incognita*, em uma região específica, como o cerrado goiano. A informação supracitada é de suma importância na tomada de decisões sobre qual híbrido é mais adequado para ser cultivado em determinada região. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a reação de 14 genótipos de tomateiro industrial, pré-comercial e comercial no Brasil à *Meloidogyne incognita*, para gerar informações importantes quanto a reação frente ao nematoide.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos (IF Goiano), localizado na região Sul do Estado de Goiás, nas coordenadas geográficas: 17°49'29"S, 49°12'6"O, e altitude de 892 m, no período de 17 de dezembro de 2016 a 18 de fevereiro de 2017.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quinze tratamentos e seis repetições, sendo a unidade experimental uma planta por vaso plástico, com capacidade de 1 L de volume, contendo a mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v/v), previamente autoclavado. Os tratamentos foram constituídos por alguns híbridos

comerciais disponíveis no mercado brasileiro, e por alguns híbridos experimentais, sendo o T1 - N 901 (Nunhems - Bayer Vegetable Seeds); T2 – UG 8169 (United Genetics/Agristar do Brasil); T3 - H 1301 (Heinz/Eagle Flores, Frutas & Hortaliças); T4 – H 9553 (Heinz/Eagle Flores, Frutas & Hortaliças); T5 – H 9992 (Heinz/Eagle Flores, Frutas & Hortaliças); T6 – H 5108 (Heinz/Eagle Flores, Frutas & Hortaliças); T7 – BRS Sena (Embrapa/Eagle Flores, Frutas & Hortaliças); T8 – BS P0032 (BHN Seeds/Blue Seeds do Brasil); T9 – BA 5630 (BHN Seeds/Blue Seeds do Brasil); T10 – HM 7889 (Harris Moran/Agristar do Brasil); T11 – BS P0031 (BHN Seeds/Blue Seeds do Brasil); T12 – F 0574 (BHN Seeds/Blue Seeds do Brasil); T13 – BS P0034 (BHN Seeds/Blue Seeds do Brasil); T14 – BS P0033 (BHN Seeds/Blue Seeds do Brasil) e T15 – Santa Cruz cv. Kada (Feltrin Sementes). Foram utilizados onze híbridos (N 901; H 9553; H 9992; BRS Sena; BS P0032; BA 5630; HM 7889; BS P0031; F 0574; BS P0034; BS P0033) com a presença do gene *Mi* que confere a resistência a *Meloidogyne incognita*, e quatro híbridos que não possuem o gene de resistência à *M. incognita* (UG 8169; H 1301; H 5108 e Santa Cruz cv. Kada). A cultivar suscetível Santa Cruz ‘Kada’ foi usada como controle positivo, por ser conhecidamente padrão de suscetibilidade aos nematoides do gênero *Meloidogyne*.

Produção de mudas

As mudas foram produzidas no viveiro comercial ‘Mudas Brambilla’, localizado no município de Morrinhos-GO. A sementeira foi efetuada em bandejas de poliestireno expandido de 450 células, contendo substrato comercial de fibra de coco (Amafibra®). O transplante ocorreu 20 dias após a sementeira, quando as mudas apresentavam de duas a três folhas verdadeiras, para vasos plásticos pretos com capacidade de 1000 mL, contendo a mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v/v) previamente autoclavada.

Obtenção do inóculo

O inóculo foi procedente da Universidade Federal de Goiás a partir de raízes de plantas de berinjela Cv. Nápoli, infectadas com *Meloidogyne incognita* raça 3. O processo de extração dos ovos das raízes ocorreu separadamente, no Laboratório de Nematologia do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), pelo uso da técnica do liquidificador doméstico (Boneti & Ferraz, 1981). A suspensão obtida foi recolhida com

auxílio de uma piseta para um béquer, sendo que a contagem e a calibração do inóculo foi feita com auxílio da câmara de contagem de Peters, ao microscópio fotônico.

Na câmara de contagem foi determinado o número de ovos de *M. incognita* e a suspensão foi calibrada para conter 1000 ovos.mL⁻¹.

Inoculação do fitonematoide

Depois de sete dias de transplantadas, quando apresentavam-se no estágio de 3 a 4 pares de folhas, foi realizada a inoculação, com a aplicação de 4 mL da suspensão, em quatro orifícios feitos no solo, totalizando 4000 ovos.vaso⁻¹.

Condução do ensaio

Durante o período experimental, as mudas de tomateiro foram regadas diariamente. Um termômetro foi instalado a 1,70 m de altura no interior da casa de vegetação, e foram registradas, diariamente, as temperaturas mínimas, máximas e a umidade do ar.

Semanalmente, realizou-se a aplicação de adubação NPK + micronutrientes (Ouro Verde[®] 10g/L, 50 mL/planta) a fim de suprir as necessidades de nutrientes das plantas.

Vinte dias após o transplantio, foi realizada uma aplicação de 1 mL de Engeo Pleno[®], 3 mL de Supera[®] e 3 mL de Amistar Top[®], diluídos em 1 L de água, para controle de insetos sugadores, bactérias e *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici*, respectivamente.

Processamento e análise das amostras

O processamento das raízes ocorreu 60 dias após a inoculação do nematoide. Foram avaliadas as variáveis massa da matéria fresca dos sistemas radiculares, cujas raízes foram lavadas, secadas em papel toalha. Ademais, aferiu-se a massa, antes do processamento, para quantificação do número de ovos por grama de raiz. Os ovos foram extraídos das raízes das mudas de tomateiro de acordo com a técnica do liquidificador doméstico (Boneti & Ferraz, 1981), e a seguir foram contados em câmara de Peters, sob microscópio fotônico, para determinação do número de ovos por grama de raiz. O fator de reprodução (FR), foi obtido pela divisão entre as densidades populacionais final e inicial ($FR = Pf/Pi$) (Oostenbrink, 1966). A população final (Pf) constituiu-se da população das raízes e da população inicial (Pi) do inóculo extraído, quantificado e calibrado, para conter 4000 ovos.vaso⁻¹. Para esta etapa, foram feitas as seguintes considerações: imunes, as cultivares que apresentaram FR igual a zero; resistentes, as

que apresentaram FR menor que 1,0; e suscetíveis, as que apresentaram FR maior ou igual a 1,0 (Oostenbrink, 1966).

Análise estatística

Para a realização das análises estatísticas, os dados foram transformados em $\log_{10}(x + \bar{x})$ e submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Willk. Realizou-se a análise de variância e a comparação de médias, utilizando os procedimentos PROC UNIVARIATE e PROC GLM, do software estatístico SAS[®] v. 9.4 (2013). As médias foram comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do ensaio, verificou-se que dentro da casa de vegetação a umidade média do ar foi de 74%, enquanto as temperaturas médias do ar, mínima e máxima foram respectivamente de 19,6 °C e 29,4 °C. O fator temperatura foi favorável à reprodução de *M. incognita* raça 3. A viabilidade do inóculo foi confirmada pela alta taxa reprodutiva na cultivar Santa Cruz Kada, com número médio de ovos de 169.842,67. A temperatura considerada ótima para a eclosão dos juvenis é de 25 a 30 °C (Tihohod, 2000). Segundo Jaehn (1993), temperaturas de 28 e 32 °C favorecem o desenvolvimento de *M. incognita* raça 2 em raízes de mucuna-preta. Vale ressaltar que temperaturas altas e constantes podem desativar o gene *Mi* que confere a resistência ao gênero *Meloidogyne* (Ammati et al., 1986; Araujo et al., 1982).

Observou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os genótipos somente para a variável fator de reprodução (FR). Quanto ao fator peso de massa fresca de raiz, encontrou-se não significativo ($P > 0,05$), conforme verifica-se na (Tabela 1).

Os híbridos de tomateiro industrial que apresentaram melhor reação em relação à variável FR, para a resistência a *M. incognita*, foram: BS P0033; H 9992; BA 5630; H 9553; BS P0031; HM 7889; F 0574; BRS Sena; N 901 e BS P0034, que apresentaram respectivamente as seguintes médias de ovos, 0,567; 0,726; 1,100; 1,216; 1,341; 1,368; 1,583; 1,626; 1,874 e 5,357, comparado com a testemunha suscetível.

Segundo a classificação de Oostenbrink (1966), as plantas imunes apresentam FR = 0; as resistentes $0 < FR < 1$ e as suscetíveis $FR \geq 1$. Seguindo esse critério, dois genótipos (BS P0033 e H 9992) foram classificados como resistentes, e o restante foi considerado suscetível.

Os genótipos mais suscetíveis a população de *M. incognita* foram: H5108, H1301 e UG 8169, comprovando a especificação técnica do fornecedor, como híbrido suscetível a *M. incognita*. Quando comparados com a testemunha, apresentaram um resultado ainda pior, com o FR próximo a 112,336 para o H 5108, enquanto a testemunha 42,461, um aumento de 164,5 % em relação a testemunha.

Em relação ao peso de massa fresca de raízes, os genótipos testados não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$), quando comparados com o controle positivo a cv. Santa cruz Kada.

Tabela 1 - Reação de genótipos de tomateiro industrial em casa-de-vegetação a *Meloidogyne incognita*, com base no fator de reprodução (FR) e no peso de massa fresca de raízes. IFG, Morrinhos, GO, março a maio de 2017.

Genótipos	FR	Peso das raízes (g)	Reação
BS P0033	0,567* A**	15,529 ^{NS}	R
H 9992	0,726 A	19,701	R
BA 5630	1,100 A	15,105	S
H 9553	1,216 A	18,597	S
BS P0031	1,341 A	21,336	S
HM 7889	1,368 A	21,151	S
F 0574	1,583 A	14,483	S
BRS Sena	1,626 A	13,459	S
N901	1,874 A	11,423	S
BS P0034	5,357 A	15,304	S
BS P0032	30,781 B	28,854	S
Santa Cruz 'Kada'	42,461 B C	18,788	S
UG 8169	95,342 C D	13,649	S
H 1301	98,340 D	17,057	S
H 5108	112,336 D	19,964	S
C.V. (%)	6.622346	7.834824	

* Dados originais. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\log_{10}(x + \bar{x})$

** Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{NS} Não significativo ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

R (resistente $0 < FR < 1$)

S (Suscetível $FR \geq 1$)

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os genótipos que apresentaram melhor reação em relação à variável FR, já são considerados resistentes pelas suas respectivas empresas que os comercializam.

Isso mostra que esses materiais estão se comportando bem na presença de *M. incognita*, inclusive na população coletada no tomateiro, no cerrado Goiano, multiplicada em plantas de berinjela. Vale ressaltar que nenhum deles impediu a reprodução do nematoide em questão, evidenciando que não são imunes a *M. incognita*,

ou seja, a resistência não é completa como preconizada nas reações do tipo HR, demonstrando o quanto o tomateiro pode ser sensível a presença do fitonematoide, e o quanto é importante o uso de híbridos com resistência genética. Os genótipos comerciais que não possuem a resistência genética apresentaram um FR muito alto, quando comparado com os resistentes. Em função desse tipo de resistência não ser completa, aumenta ainda mais a necessidade de utilização de outras estratégias de controle, associada a utilização de cultivares resistentes (Assunção et al., 2010).

Somente BS P0033 e H 9992 foram considerados resistentes, segundo a classificação de Oostenbrink (1966). Entretanto, tomateiros de rico sistema radicular e ciclo rápido favorecem muito a multiplicação do nematoide. Assim, deve-se interpretar com cautela a forma de classificação mencionada pelo autor, visto que alguns materiais que são considerados resistentes pelas empresas apresentaram $FR > 1$, porém, bem abaixo do FR da testemunha suscetível, que foi de 42,461.

Apesar de terem sido considerados resistentes, o BS P0033 e o H 9992 devem ser utilizados com cuidado, visto que eles conseguem multiplicar o fitonematoide, de modo que ao longo do tempo, mesmo populações pequenas, podem se tornar grandes, em curto espaço de tempo, quando se utiliza genótipos com resistência parcial. Devido a rápida multiplicação de *M. incognia*, cada fêmea é capaz de formar uma massa de ovos agregados com 400 a 500 ovos em média, e com um ciclo de ovo a ovo de aproximadamente 30 dias (Tihohod, 2000). Uma pequena população pode se transformar em um grande problema, em apenas um ciclo da cultura do tomateiro, que pode chegar a 120 dias.

A maioria dos trabalhos, visando seleção de genótipos resistentes a nematoides das galhas, utilizam o FR para verificar a reação dos genótipos, mas o tomateiro é muito suscetível. Com isso, ele não é o mais adequado para esse tipo de comparação. Recomenda-se, para futuros trabalhos, desenvolver uma nova escala para mensurar essa reação de suscetibilidade e resistência.

A não diferença significativa para as raízes pode ter ocorrido, provavelmente, devido ao fato de que as plantas foram bem nutridas (Figura 1 e 2) durante o período experimental, com NPK mais micronutrientes, uma vez por semana, apresentando um bom desenvolvimento. Plantas bem nutridas conseguem tolerar mais a ação dos fitonematoides (Silva, 2015). Essa nutrição pode ter ajudado as plantas a suportar as injúrias do fitonematoides, visto que eles prejudicam o desenvolvimento da planta (Vale et al., 2013). Provavelmente, se avaliasse a produção de frutos, poderíamos observar

alguma diferença, mas, no entanto, a avaliação para FR é de 60 dias, e o ponto de colheita começa aos 120 dias, tempo esse em que a planta não resistiria na presença de elevada população de fitonematoides.

Todas as áreas onde se cultiva o tomateiro industrial são áreas extremamente cultivadas com diversas culturas, sendo que a maioria das culturas são hospedeiras para *M. incognita*. Isso dificulta bastante o manejo desse fitonematoide, sendo o ideal, utilizar outros métodos de controle juntamente com a resistência genética, como por exemplo, aliar o controle genético com plantas antagonistas, como as Crotalárias, que tem a capacidade de reduzir a população de fitonematoides (Charchar & Aragão, 2003).

Figura 1 - Aplicação de solução nutritiva NPK + micronutrientes



Fonte: Autor

Figura 2 - Desenvolvimento vegetativo do tomateiro



Fonte: Autor

As informações trazidas por este trabalho permitem que os materiais avaliados como resistentes possam ser utilizados em áreas onde é comprovada a presença desse nematoides, o que impossibilitaria o plantio de outro material que não seja resistente, além de proporcionar um melhor posicionamento técnico desses genótipos.

Mas, além dessa eficiente tecnologia que está nas mãos dos produtores, outros métodos devem ser utilizados para incrementar o controle, uma vez que os relatos de

danos causados por essa espécie vêm intensificando-se nos cultivos de diversas olerícolas no Brasil.

Conclusões

Nenhum dos genótipos foram imunes a *M. incognita*, sendo que apenas os genótipos BS P0033 e H 9992 foram classificados como resistentes. Os demais materiais foram considerados suscetíveis.

Literatura Citada

ALVES, F. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do aquecimento global na resistência de plantas a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. *Nematologia Brasileira*, v. 25, n. 2, p. 143-162, 2001.

AMMATI, M., THOMASON, I. J.; MCKINNEY, H. E. Retention of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon* genotypes at high soil temperature. *Journal of Nematology*, v. 18, n. 4, p. 49-495, 1986.

ARAÚJO, M. T. et al. Effect of diurnal changes in soil temperatures on resistance to *Meloidogyne incognita* in Tomato. *Journal of Nematology*, v. 14, n. 3, p. 414-416, 1982.

ASSUNÇÃO, A. et al. Efeito de Indutores de Resistência sobre *Meloidogyne incognita* em Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). *Nematologia Brasileira*, v. 34, n. 1, p. 56-62, 2010.

BONETI, J. I. S.; S. FERRAZ. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 6, n. 3, 1981.

CHARCHAR, J. M.; LOPES, C. A. Nematóides. In: LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. de. Doenças do tomateiro. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005, p. 95-100.

CHARCHAR, J. M.; ARAGÃO, F. A. S. Sequência de cultivos no controle de *Meloidogyne javanica* em campo. *Nematologia Brasileira*, v. 27, n. 1, p. 81-86, 2003.

CHARCHAR, J. M. Perda de produtividade de tomateiro por infecção de população mista de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica*. Embrapa Hortaliças, n.12, 1998.

CLEMENTE, F. M. V.; BOITEUX, L. S. Produção de Tomate para Processamento Industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 344 p.

COLVINE, Sophie. Production estimate of tomatoes for processing. **WPTC**, 2017. Disponível em: <<https://www.wptc.to/releases-wptc.php>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

- JACQUET, M. et al. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the *Mi* gene. *Plant Pathology*, v. 54, p. 93-99, 2005.
- JAEHN, A. Efeito da temperatura no desenvolvimento de *Meloidogyne incognita* raça 2 em mucuna-preta. *Nematologia Brasileira*, v. 17, n. 1, p. 57-65, 1993.
- LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. de. Doenças do tomateiro. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 151 p.
- MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, p.154-157, 2005
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen Landbouw*, v. 66, n. 4, 1966.
- PEGARD, A. et al. Histological species related to phenolics accumulation in *Capsicum annuum*. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 985, n. 2, p. 158-165, 2005.
- PINHEIRO, J. B. et al. Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne javanica* em linhagens avançadas de tomateiro industrial. Embrapa Hortaliças, Boletim de pesquisa e desenvolvimento 55, 2009, 19 p.
- SAS[®] 9.4 Cary, North Carolina, USA: SAS Institute Inc., 2013.
- SILVA, J. de. O. *Meloidogyne incognita* na cultura do tomate: levantamento e manejo com produtos biológicos. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia. 2015. 76 p. Dissertação de Mestrado.
- TIHOHOD, D. 2000. Nematologia agrícola aplicada. 2a ed. São Paulo: Funep, 473 p.
- VALE, F. X. R. do et al. Doenças fungicas, bacterianas e causadas por nematoides. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2 ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013, p. 275-325.

4. CAPÍTULO II

Eficiência de métodos de controle na cultura do tomateiro na presença de *Meloidogyne incognita*

(Normas de acordo com a Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

RESUMO

O tomateiro industrial é uma cultura extremamente importante para o estado de Goiás, que se destaca como o maior produtor dessa hortaliça no país. Devido a sua importância econômica e social, existe uma grande preocupação com as questões fitossanitárias que acometem a cultura. Dentre os agentes etiológicos que infectam o tomateiro, merece destaque os fitonematoides, em função dos elevados prejuízos que provocam todos os anos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes métodos de controle de *Meloidogyne incognita* na cultura do tomateiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com nove tratamentos e seis repetições. Cada parcela foi constituída de uma 1 planta por vaso plástico com capacidade de 1 L, contendo solo e areia (2:1 v/v) previamente autoclavado. Os tratamentos consistiram em oito métodos de controle: Bion[®] 500 WG (indutor de resistência); Vertimec[®] 18 CE (controle químico); Torta de Mamona (matéria orgânica); Torta de Nim (matéria orgânica); Repolho (matéria orgânica); Nem Out[™] (controle biológico); Lilacel[®] (controle biológico); Heinz 9553 (resistência genética); e um tomateiro suscetível (Santa Cruz cv Kada), que foi utilizado como controle positivo. As mudas de tomateiro no estágio de 3 a 4 pares de folhas foram inoculadas com 4.000 ovos e eventuais juvenis infectantes de *M. incognita*. Após 60 dias da inoculação dos nematoides, procederam as avaliações da massa da matéria

fresca das raízes e do número de ovos de *M. incognita*. Nenhum dos tratamentos influenciaram a alteração na matéria fresca de raízes. Com base nos resultados, conclui-se que a resistência genética (H 9553), seguida pelo controle químico (Vertimec[®]), indutor de resistência (Bion[®]) e controle biológico (Nem Out[™]) foram mais eficazes no controle de *Meloidogyne incognita* nas mudas do tomateiro industrial, reduzindo o número de ovos formados, e dentre eles, a resistência genética foi a que apresentou o melhor método de controle.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; nematoides das galhas; controle alternativo.

Efficiency of control methods in tomatoes in the presence of *Meloidogyne incognita*

ABSTRACT

The industrial tomato is an extremely important crop for the state of Goiás, which stands out as the largest producer of this vegetable in the country. Due to its economic and social importance, there is a great concern with the phytosanitary issues that affect this crop. Among the etiological agents that infect the tomato, the phytonematoids deserve special attention, due to the high losses they cause each year. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of different control methods of *Meloidogyne incognita* in the tomato crop. The experiment was conducted in a greenhouse at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos. The experimental design was completely randomized with nine treatments and six repetitions. Each plot consisted of 1 plant per plastic vase with a capacity of 1 L, containing soil and sand (2:1 v/v) previously autoclaved. The treatments consisted of eight control methods: Bion[®] 500 WG (resistance inducer); Vertimec[®] 18 CE (chemical control); Castor Bean Pie (organic matter); Neem Pie (organic matter); Cabbage (organic matter); Nem Out[™] (biological control); Lilacel[®] (biological control); Heinz 9553 (genetic resistance); and a susceptible tomato (Santa Cruz cv Kada), which was used as a positive control. The tomato seedlings of 3 to 4 pairs of leaves were inoculated with 4,000 eggs and occasional infective *M. incognita* juveniles. After 60 days of inoculation of the nematodes, the fresh root matter mass and the number of eggs of *M. incognita* were evaluated. None of the treatments influenced

the change in fresh root matter. Based on the results, it was concluded that genetic resistance (H 9553), followed by chemical control (Vertimec®), resistance inducer (Bion®) and biological control (Lilacel®) were more effective in the control of *Meloidogyne incognita* in seedlings of the industrial tomato, reducing the number of eggs formed, and among them, genetic resistance was the one that presented the best control method.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; root-knot nematodes; alternative control.

INTRODUÇÃO

O tomateiro industrial (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça que se destaca na região do cerrado de Goiás, com uma área plantada em 2016 de 13 mil hectares, o que corresponde a 69% da área plantada no Brasil (Heinz Seeds, 2017). Outro fator de relevância desta hortaliça, além da econômica, advém da geração de empregos em todos os setores da cadeia produtiva, sendo empregados de 4 a 5 pessoas por hectare, desde o preparo do solo até a colheita (Vilela et al., 2012). Com tamanha importância econômica, para manter altas produtividades faz-se necessário um controle fitossanitário eficiente. Por ser uma espécie tenra e rica em nutrientes, torna-se alvo de diversos agentes bióticos, tais como insetos, fungos, bactérias, vírus, com destaque para os fitonematoides, em função dos grandes prejuízos que causam na cultura em todas as safras.

Os fitonematoides fazem parte de um complexo fitossanitário que são responsáveis por perdas consideráveis nas produtividades da cultura do tomateiro em todo mundo. O gênero *Meloidogyne*, conhecido como nematoide-das-galhas, é o principal gênero responsável por perdas significativas nessa cultura (Pinheiro et al., 2014), mas as espécies que se destacam dentro deste gênero são *Meloidogyne incognita* e *M. Javanica*, em função de possuírem ampla distribuição geográfica, elevada capacidade de reprodução e polifagia. Charchar (1998) relata que os prejuízos de produção provocados pelos nematoides-das-galhas são da ordem de 25 a 85%.

A principal medida de controle preconizada pelos especialistas para evitar esse problema com fitonematoides deve ser o princípio da exclusão, que visa a prevenção da entrada de um patógeno numa área ainda não infestada (Whetzel, 1929; Whetzel et al., 1925). Fazem parte do conjunto de medidas de exclusão: a limpeza de máquinas e

implementos agrícolas que serão utilizados no local, retirando o solo aderido às máquinas com jatos de água; limpeza de reservatórios de águas e canais de irrigação após as chuvas, para evitar a disseminação dos nematoides; além da aquisição de mudas de procedência conhecida e certificada (Charchar & Lopes, 2005).

No entanto, uma vez que o nematoide esteja presente na área de cultivo, deve-se dispor de estratégias de controle para manter sua população abaixo do nível de dano econômico. Atualmente, o uso de nematicidas químicos no tomateiro está cada vez menos frequente, devido ao seu grande poder de contaminação do solo e da água, além dos riscos diretos para animais e seres humanos (Oliveira *et al.*, 2005). Apesar do elevado custo e dos problemas supracitados, o controle é uma alternativa muito eficiente. Entretanto, na atualidade é cada vez maior a procura por ferramentas mais sustentáveis e socialmente corretas, que buscam a preservação do meio ambiente e da saúde humana e animal (Silva, 2011), de modo que minimize os riscos de contaminação.

Portanto, os métodos alternativos de controle de doenças, dentre aqueles causados por nematoides, vêm ganhando um grande espaço. Porém, a busca por essas alternativas não é tarefa fácil, visto que elas devem atender a vários critérios, que vão da eficiência do controle dos fitonematoides, ser economicamente viáveis e ecologicamente corretas (Silva, 2011).

Dentre os diversos métodos de controle de fitonematoides encontram-se para uso a indução de resistência por meio do acibenzolar-S-metil (ASM), conhecido comercialmente como Bion® (Assunção, 2010); resistência genética, conferida principalmente pelo gene *Mi*, obtidos de espécies selvagens de tomateiro (Clemente & Boiteux, 2012); uso da matéria orgânica, como a torta de mamona (*Ricinus communis*) e torta de nim (*Azadirachta indica* Juss) e brassicas incorporadas ao solo (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2010; Silva & Pereira, 2008; Neves *et al.*, 2007); uso das abamectinas que apresentam uma toxicidade baixa (Cabrera *et al.*, 2009); e o controle biológico, utilizando fungos e bactérias (Atkins *et al.*, 2005; Siddiqui & Ehteshamul-Haque, 2000).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de alguns métodos alternativos de controle de *Meloidogyne incognita* em tomateiro, em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos (IF Goiano), localizado na região Sul do Estado de Goiás, nas coordenadas geográficas: 17°49'29"S, 49°12'6"O, e altitude de 892 m, no período de 23 de março a 28 de maio de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos e seis repetições, sendo a unidade experimental uma planta por vaso plástico, com capacidade de 1 L de volume, contendo a mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v/v), previamente autoclavado. Os tratamentos foram constituídos por: (1) Bion® 500 WG (acibenzolar-S-metil); (2) Vertimec® 18 CE (Abamectina); (3) Torta de Mamona (*Ricinus communis*); (4) Torta de Nim (*Azadirachta indica*); (5) Repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*); (6) Nem Out™ (*Bacillus licheniformis*, *B. subtilis* e *Trichoderma longibrachiatum*); (7) Lilacel® (*Paecilomyces lilacinus*); (8) Heinz 9553 (genótipo resistente) e (9) Santa Cruz cv Kada (genótipo suscetível). A cultivar suscetível Santa Cruz 'Kada' foi usada como controle positivo por ser conhecidamente padrão de suscetibilidade aos nematoides do gênero *Meloidogyne*.

Produção de mudas

As mudas foram produzidas no viveiro comercial 'Mudas Brambilla', localizado no município de Morrinhos-GO. A sementeira foi efetuada em bandejas de poliestireno expandido de 450 células, contendo substrato comercial de fibra de coco (Amafibra®). O transplante ocorreu 23 dias após a sementeira, quando as mudas apresentavam de duas a três folhas verdadeiras, para vasos plásticos pretos com capacidade de 1000 mL, contendo a mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v/v) previamente autoclavada.

Obtenção do inóculo

O inóculo foi procedente do IF Goiano – Campus Morrinhos a partir de raízes de plantas de quiabeiro infectadas com *Meloidogyne incognita*. O processo de extração dos ovos das raízes ocorreu separadamente, no Laboratório de Nematologia do IF Goiano – Campus Morrinhos, pelo uso da técnica do liquidificador doméstico (Boneti & Ferraz, 1981). A suspensão obtida foi recolhida com auxílio de uma piseta para um béquer, sendo que a contagem e a calibração do inóculo foi realizada com o auxílio da câmara de contagem de Peters, ao microscópio fotônico, no aumento de 100 X.

Na câmara de contagem foi determinado o número de ovos de *M. incognita* e a suspensão foi calibrada para conter 1000 ovos.mL⁻¹.

Inoculação do fitonematoide

Depois de sete dias de transplantadas, quando apresentavam-se no estádios de 3 a 4 pares de folhas, foi realizada a inoculação, com a aplicação de 4 mL da suspensão, em quatro orifícios de aproximadamente dois centímetros de profundidade, feitos no solo, ao redor da muda, totalizando 4000 ovos.vaso⁻¹.

Aplicação de produtos

A solução de acibenzolar-S-metil (ASM) foi empregada na concentração de 2,5 g i.a..100 L⁻¹ de água, realizando-se duas aplicações em momentos distintos, sendo a primeira em uma na bandeja, no momento do transplantio, e a segunda, sete dias após o transplantio - DAT, na dose de 50 mL da suspensão/planta; a abamectina foi usada na concentração de 1.8 g i.a..100 L⁻¹ de água, realizando-se as aplicações semelhante ao empregado no ASM; foram incorporados 50 g.vaso⁻¹ de *Brassica oleracea* var. *capitata* fresca ao substrato, o que representa em condições de campo, a 500 g por m², à profundidade de 20 cm, 30 dias antes do transplantio, irrigado com frequência para manutenção da umidade; Quanto ao uso da torta de mamona e de nim, elas foram aplicadas nas doses de 30 e 20 g.vaso⁻¹, respectivamente, correspondendo a 900 kg.ha⁻¹ e 600 kg.ha⁻¹, e cada torta foi incorporada ao substrato 30 dias antes do transplante; Já o Nem Out™, foi aplicado na dose de 0,27 g p.c./vaso⁻¹, o que corresponde a 8,0 kg.ha⁻¹ do produto comercial, dividido em duas aplicações, sendo 60% da dose no momento do transplantio e os 40% restantes, 21 DAT; a aplicação do produto Lilacel® ocorreu concomitante ao transplante das mudas, uma única vez, na dose de 1 mL de calda.vaso⁻¹, sendo que a calda preparada foi de 100 mL, proporcionalmente para um volume de 200 L.ha⁻¹; o Heinz 9553 não recebeu nenhuma aplicação, pois já possui o gene *Mi* que confere a resistência ao patógeno; já o tomateiro Santa Cruz 'Kada' foi utilizado para verificar a viabilidade do inóculo, além de utilizado como controle positivo.

Condução do ensaio

Durante o período experimental, as mudas de tomateiro foram regadas diariamente. Um termômetro foi instalado a 1,70 m de altura no interior da casa de vegetação, e

foram registradas, diariamente, as temperaturas mínimas, máximas e a umidade do ar. Semanalmente, realizou-se a aplicação de adubação NPK + micronutrientes (Ouro Verde® 10g.L⁻¹, 50 mL.planta⁻¹) a fim de suprir as necessidades de nutrientes das plantas. Vinte dias após o transplante, foi realizada uma aplicação de 1 mL de Engeo Pleno, 3 mL de Supera e 3 mL de Amistar Top, ambos diluídos em 1 L de água, para controle de insetos sugadores, bactérias e *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici*, respectivamente.

Processamento e análise das amostras

O processamento das raízes ocorreu 63 dias após a inoculação do nematoide. Foram avaliadas as variáveis massa da matéria fresca dos sistemas radiculares, cujas raízes foram lavadas, secadas em papel toalha. Ademais, aferiu-se a massa, antes do processamento, para quantificação do número de ovos por grama de raiz. Os ovos foram extraídos das raízes das mudas de tomateiro de acordo com a técnica do liquidificador doméstico (Boneti & Ferraz, 1981), e a seguir foram contados em câmara de Peters, sob microscópio fotônico, para a determinação do número de ovos por grama de raiz. O fator de reprodução (FR) foi obtido pela divisão entre as densidades populacionais final e inicial ($FR = Pf/Pi$) (Oostenbrink 1966). A população final (Pf) constituiu-se da população das raízes e da população inicial (Pi) do inóculo extraído, quantificado e calibrado para conter 4000 ovos.vaso⁻¹.

Análise estatística

Para a realização das análises estatísticas, os dados foram transformados em $\log_{10}(x + \bar{x})$ e submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Realizou-se a análise de variância e a comparação de médias, utilizando os procedimentos PROC UNIVARIATE e PROC GLM do software estatístico SAS® v. 9.4 (2013). As médias foram comparadas entre si pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do ensaio, a umidade média do ar dentro da casa de vegetação foi de 80 %, enquanto as temperaturas médias do ar, mínima e máxima, foram de 18,3 °C e 28,7 °C, respectivamente. O fator temperatura foi favorável à reprodução de *Meloidogyne incognita*, conforme observado no controle positivo a cv. Santa Cruz

Kada, que apresentou o número de ovos por sistema radicular de 169.842,67. As condições ambientais foram favoráveis para o desenvolvimento do fitonematoide, com diferenças significativas observadas entre os métodos de controle.

A temperatura considerada ótima para a eclosão dos juvenis é de 25 a 30 °C (Tihohod, 2000). Segundo Jaehn (1993), temperaturas de 28 e 32 °C favorecem o desenvolvimento de *M. Incognita* raça 2 em raízes de mucuna-preta.

60 dias após a inoculação, observou-se que o tratamento H9553, Vertimec®, Bion® e Nem Out™ apresentaram os menores valores ($P \leq 0,05$) de fator de reprodução (FR): 3,788; 7,241; 11,752 e 28,884, respectivamente, sendo significativamente ($P \leq 0,05$) menores que a testemunha, evidenciando os melhores métodos de controle para essa situação (Tabela 1).

Freitas et al. (2000), comprovaram o bom resultado da resistência genética na cultura do tomateiro, mostrando a eficiência no controle de populações de *Meloidogyne* spp. Segundo Kamunya et al. (2008), o uso de genótipos resistentes é, sem dúvida, a melhor opção, por ser de baixo custo e ambientalmente correto.

O produto Nem Out™, a base de rizobactérias (*Bacillus licheniformis*, *B. subtilis*) e fungo (*Trichoderma longibrachiatum*), não diferiu de H 9553, mas sim do tratamento menos efetivo utilizado, evidenciando um bom nível de controle.

O produto Lilacel® (*Paecilomyces lilacinus*) foi considerado o segundo tratamento menos efetivo, onde seu FR = 60,259. Entretanto, ficou entre os melhores resultados para o peso de massa fresca de raiz, ou seja, promoveu o crescimento. Esse resultado ocorreu em função dos agentes biológicos, que promoveram um melhor ambiente para o desenvolvimento das raízes (Corrêa et al., 2010).

Os tratamentos com torta de mamona, torta de nim e com o repolho, incorporados nos solos dos vasos com os tomateiros, apresentaram elevados FR, 91,818; 59,425 e 48,982, respectivamente, além de elevados valores de massa fresca de raízes, 50,321; 39,095 e 34,918 g.

O tratamento menos efetivo e com o maior FR foi a torta de mamona, que apresentou um aumento de 116,2% em relação a testemunha, seguido do Lilacel® e da torta de nim, que apresentaram respectivamente um aumento de 41,9% e 39,9%.

Tabela 1 - Valores médios dos fatores de reprodução (FR) e massa da matéria fresca das raízes de tomateiro industrial inoculadas com *Meloidogyne incognita* em função dos métodos de controle. IF Goiano - Campus Morrinhos, Goiás, dezembro de 2016 a fevereiro de 2017.

Métodos Controle	FR	Peso das raízes
H 9553	3,788* A**	26,153* BCD**
Vertimec® 18 CE	7,241 A	14,935 DE
Bion® 500 WG	11,752 AB	11,75 E
Nem Out™	28,884 ABC	20,156 CDE
Santa cruz 'kada'	42,461 BCD	18,788 DE
Brassicas	48,982 BCD	34,918 ABC
Torta de nim	59,425 CD	39,095 AB
Lilacel®	60,259 CD	34,731 ABC
Torta de mamona	91,818 D	50,321 A
C.V. (%)	6.609378	3.912601

* Dados originais. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\log_{10}(x + \bar{x})$

** Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Dados da pesquisa.

O bom resultado da abamectina foi comprovado por Silva et al. (2004), quando compararam o efeito da abamectina e do acibenzolar-S-metil (ASM) sobre *M. Incognita*, perceberam que a abamectina teve um melhor controle sobre *M. incognita* no tomateiro, em condições controladas. Faske & Starr (2007) também constataram sua eficiência no controle de *M. incognita* em algodoeiro. Korayem et al. (2008) ao avaliarem o uso da abamectina em colza, constataram sua eficiência sobre *M. incognita*.

O resultado positivo do Bion® em plantas suscetíveis a *M. incognita* é comprovado pelo trabalho de Silva et al. (2004), em que os autores observaram que o uso de ASM pode favorecer o aumento da resistência em plântulas de tomate suscetíveis a nematoides no estágio juvenil, durante o seu desenvolvimento vegetativo, período considerado crítico, com maiores reflexos negativos, quando comparado com outros estádios vegetativos e da reprodução. Chinnasri et al. (2003), ao estudarem o efeito de ASM sobre *M. javanica* e *Rotylenchulus reniformis* em mudas de soja, notaram que o indutor de resistência pode ser o responsável por estimular as plantas a apresentarem alguma resistência aos nematoides. Segundo Silva et al. (2004), o efeito significativo de ASM na interação nematoide/planta envolveu o aumento da resistência de plantas suscetíveis a nematoides no estágio bem inicial do seu desenvolvimento vegetativo, período em que sofrem grandes danos, com reflexos negativos nos outros estádio vegetativos e na reprodução.

Apesar de terem reduzido a reprodução do nematoide, os tratamentos constituídos pelo híbrido de tomateiro resistente H 9553, pelo nematicida Vertimec[®], e pelo indutor de resistência Bion[®], Nem Out[™] e cv. Santa cruz 'kada' apresentaram os menores valores para o peso fresco de raízes (Tabela 1). Para a testemunha (cv. Santa cruz 'kada'), esse baixo valor para a massa fresca de raiz e o elevado FR, deve-se, provavelmente, pelo fato de que as plantas severamente atacadas por *M. incognita* apresentam uma redução e desorganização do sistema radicular (Vale et al., 2013; Ferraz & Monteiro, 2011).

Segundo Assunção et al. (2010), em plantas resistentes, portadoras do gene *Mi*, ocorre a reação de hipersensibilidade (HR), o que provoca a morte de células próximas ao sítio de alimentação do juvenil de segundo estágio de *Meloidogyne* spp. Com a morte dessas células, conseqüentemente ocorre a perda de peso de massa de raiz, o que deve ter ocorrido no tratamento com o material resistente H 9553. Essa situação também pode ter ocorrido com a resistência induzida (Bion[®]), na qual refere-se a ativação de mecanismos de defesas latentes da própria planta contra patógenos, além de também ocorrer a HR, com a morte de células situadas em locais por onde o agressor entra no vegetal (Barros, 2010).

Segundo Schippers et al. (1987), apesar de benéficas às plantas, as rizobactérias que estão presentes no produto Nem Out[™] podem também ser prejudiciais. Isso confirma o resultado negativo no peso de massa fresca das raízes, o qual pode ter ocorrido em função da dose aplicada, 0,270 g p.c./vaso, o que corresponde a 8,0 kg.ha⁻¹, que pode ser uma dose elevada, de modo a prejudicar o desenvolvimento da planta, situação que pode ter ocorrido no presente estudo, visto que as repetições com esse tratamento apresentaram um menor tamanho de planta, fato também observado visualmente, no desenvolvimento das plantas (Figura 1). Esse resultado é corroborado pelos dados obtidos por Vaz et al. (2011), que ao estudar o controle de *M. incognita* e *M. javanica* em tomateiro com *Bacillus subtilis*, não encontraram nenhuma diferença estatística significativa com a testemunha (água) em relação a massa de raiz, galhas e ovos. Outro ponto de discussão é a época de aplicação. O Nem Out[™] foi aplicado em dois momentos: uma parte no momento do transplante e a outra 21 dias após o transplante. Sikora & Hoffmann-hergarten (1992) salientaram que a rizobactéria produz toxinas que atuam na redução da eclosão de J2 de *Meloidogyne* spp., e na alteração dos exsudados radiculares da planta, dificultando a localização das raízes por parte dos nematoides. Como a inoculação foi realizada apenas há 7 dias após o transplantio, pode não ter

havido tempo suficiente para que a rizobactéria exercesse um controle satisfatório sobre os nematoides.

Figura 1. Tratamento com Nem Out™ a esquerda, e tratamento com torta de mamona a direita da imagem.



Fonte: Autor

O produto Lilacel® (*Paecilomyces lilacinus*) não apresentou resultados satisfatórios, como mencionado anteriormente. Segundo Kerry (1990), o uso desse fungo para o controle de nematoides do gênero *Meloidogyne*, tem apresentado níveis de controle bastante variáveis. De acordo com Carneiro & Gomes (1993), esses resultados contraditórios podem ser explicados por inadequação de métodos de planejamento e avaliação dos ensaios com controle biológico; pela falta de avaliação da sobrevivência ou proliferação do fungo no solo; e ainda pela falta de referência quanto a concentração e viabilidade do fungo utilizado. Esse último resultado foi inferior ao encontrado com a testemunha e, pode ser explicado, pelo fato do fungo ter sido aplicado na forma de suspensão de esporos, na concentração de cem milhões (1×10^8) de células viáveis por ml, ao invés de ter sido aplicado juntamente com farelo de arroz, como realizado por Freitas (1999), que utilizou o arroz em tratamento com o fungo, reduzindo o número de galhas, em relação ao tratamento na forma de suspensão de esporos, visto que o arroz serviu como fonte de energia para que o fungo crescesse e se distribuísse pelo solo, antes de parasitar o nematoide.

Contudo, para a massa fresca de raízes, o tratamento Lilacel® foi positivo, com resultado estatisticamente semelhante à torta de mamona, que teve o maior valor para a massa fresca de raiz. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Cadioli et al. (2009), que ao estudarem a eficiência de 10 isolados de *Paecilomyces lilacinus* no

controle de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro, verificaram que 40% dos isolados favoreceram o crescimento da parte aérea e do sistema radicular.

O efeito negativo dos produtos orgânicos pode ter ocorrido pelo fato desses tratamentos terem se comportado como adubos orgânicos, o que pode ter ocasionado o favorecimento do enraizamento e do desenvolvimento das plantas. Esse aumento no número da massa fresca de raízes resultou em maior área disponível para os juvenis infectarem, o que pode ter resultado em um maior FR (Freitas et al., 1999).

Segundo Lima et al. (2008), a torta de mamona apresenta boas características para uso como adubo orgânico, principalmente devido ao alto teor de nitrogênio. Esse fato também é relatado para a torta de nim (Neves & Carpanezzi, 2008). Além desses produtos serem considerados como adubos orgânicos, a nutrição feita durante a condução deste ensaio favoreceu o bom desenvolvimento das plantas em todos os tratamentos, fato que pode ter favorecido para um melhor resultado e para uma maior quantidade de massa fresca de raiz, neste presente trabalho.

Neves et al. (2007) encontraram resultado diferente com o uso de resíduos de Brássicas, pois eles utilizaram várias espécies de Brassicas frescas e picadas, incluindo *Brassica oleracea* var. *capitataa* (repolho), e obtiveram resultados satisfatórios para o número de galhas e para o número de ovos por sistema radicular, visto que todos os tratamentos apresentaram número de ovos inferiores a testemunha. Neves et al. (2007) observaram um melhor controle quando realizaram a solarização do solo juntamente com as Brássicas, pois o aquecimento do solo mata diretamente os nematóides em camadas mais superficiais e induz processos microbianos que promovem o controle de fitopatógenos, além da decomposição de materiais orgânicos, como espécies de brássicas, que produzem gases tóxicos com grande efeito no controle de patógenos do solo. Isso mostra que a solarização do solo é uma ferramenta que deve ser associada juntamente com o uso das Brássicas, para que se possa ter um efeito positivo sobre os fitonematoides.

Dinardo-Miranda & Fracasso (2010), em um trabalho no qual avaliaram o efeito da torta de mamona sobre *M. javanica*, *Pratylenchus zae* e *P. brachyurus*, constataram uma diminuição somente da população de *Pratylenchus* na utilização de maior dose, 1.800 kg.ha⁻¹. Isso provavelmente pode explicar o efeito negativo da torta de mamona sobre a população de *M. incognita* em tomateiro, na dose de 30 g.vaso⁻¹ (900 kg.ha⁻¹) utilizado no presente trabalho. Essa dose está bem abaixo daquela utilizada por Dutra et al. (2006) para o controle de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro. Na ocasião, Dutra et al.

(2006) utilizaram a dose de 1000 kg.ha⁻¹ e conseguiram reduzir significativamente a população do fitonematoide. A ação nematicida da torta de mamona foi comprovada pela redução da população de *M. exigua* à medida que se aumentou a concentração dela no substrato (Lisboa et al., 2005). Tal situação pode servir de referência para se utilizar doses maiores em outros estudos que venham utilizar a torta de mamona, no controle de *M. incognita*, na cultura do tomateiro. Portanto, o efeito positivo da torta de mamona é, em longo prazo, devido à ricina, componente altamente tóxico presente nas sementes da mamona, e liberada durante a decomposição do material orgânico, conforme mostrado por Dinardo-Miranda & Fracasso (2010), na cultura da cana-de-açúcar.

Conclusões

O uso da resistência genética (H 9553) foi o mais eficiente no controle de *Meloidogyne incognita* na cultura do tomateiro, seguidos pelo controle químico (Vertimec® 18 CE), pelo indutor de resistência (Bion® 500 WG) e pelo produto biológico Nem Out™. Este trabalho abre uma nova linha de pesquisa, sugerindo serem realizados novos experimentos, usando diferentes doses de torta de mamona e de nim, além da biofumigação do solo.

Literatura Citada

- ASSUNÇÃO, A. et al. Efeito de Indutores de Resistência sobre *Meloidogyne incognita* em Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Nematologia Brasileira, v. 34, n. 1, p. 56-62, 2010.
- ATKINS, S. D. et al. The use of real-time PCR and species-specific primers for the identification and monitoring of *Paecilomyces lilacinus*. Microbiology Ecology, v. 51, p. 257-264, 2005.
- BARROS, F. C. et al. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. Bioscience Journal, v. 26, n. 2, p. 231-239, 2010.
- BONETI, J. I. S.; S. FERRAZ. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. Fitopatologia Brasileira, v. 6, n. 3, 1981.
- CABRERA, J. A. et al. Efficacy of abamectin seed treatment on *Pratylenchus zaei*, *Meloidogyne incognita* and *Heterodera schachtii*. Journal of Plant Diseases and Protection, v. 116, n. 3, p. 124-128, 2009.

- CADIOLI, M. C. et al. Efeito de isolados de *Paecilomyces lilacinus* no desenvolvimento de cafezais e na população de *Meloidogyne paranaensis*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 3, p. 713-720, 2009.
- CARNEIRO, R. M. de G.; GOMES, C. B. Metodologia e testes de patogenicidade de *Paecilomyces lilacinus* e *P. Fumoso roseus* em ovos de *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Brasileira*, v. 17, n. 1, 1993.
- CHARCHAR, J.M. Perda de produtividade de tomateiro por infecção de população mista de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica*. Embrapa Hortaliças, n.12, 1998.
- CHARCHAR, J. M. & LOPES, C.A. Nematóides. In: LOPES, C. A. & A.C. ÁVILA. Doenças do tomateiro. Brasília: Embrapa Hortaliças. 151 p, 2005.
- CHINNASRI, B.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Effects of Acibenzolar-S-Methyl Application to *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, v. 35, n. 1, p. 110-114, 2003.
- CLEMENTE, F.M.V.; BOITEUX, L. S. Produção de Tomate para Processamento Industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 17-27, 2012.
- CORRÊA, E. B.; BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. Controle biológico da podridão de raiz causada por *Pythium aphanidermatum* e promoção de crescimento de alface hidropônica com *Clonostachys rosea*. *Tropical Plant Pathology*, v. 35, n. 4, p. 248-252, 2010.
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. Efeito da Torta de Mamona sobre Populações de Nematoides Fitoparasitos e a Produtividade da Cana-de-açúcar. *Nematologia Brasileira*, v. 34, n. 1, p.68-71, 2010.
- FASKE, T.R.; STARR, J.L. Cotton Root Protection from Plant-Parasitic Nematodes by Abamectin-Treated Seed. *Journal of Nematology*, v.39, n.1, p.27-30, 2007.
- FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: AMORIM, L.; KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A.. Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011, p. 168-199.
- FREITAS, L.G.; FERRAZ, S.; ALMEIDA, A. M. S. Controle de *Meloidogyne javanica* em tomateiro pela produção de mudas em substrato infestado com *Paecilomyces lilacinus*. *Nematologia Brasileira*, v. 23, n. 1, p. 65-73, 1999.
- FREITAS, J. A. et al. Efeito do alelo *Mi* na reação de resistência do tomateiro à *Meloidogyne* spp. *Acta Scientiarum*, v. 22, n. 4, p. 907-910, 2000.
- HEINZ SEEDS. Levantamento sistemático da produção de tomate industrial no Brasil. 2017.
- JAEHN, A. 1993. Efeito da temperatura no desenvolvimento de *Meloidogyne incognita* raça 2 em mucuna-preta. *Nematologia Brasileira*, v. 17, n. 1, p. 57-65, 1993.

- KAMUNYA, S. M. et al. Integrated management of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in tea (*Camellia sinensis*) in Kenya. International Journal of Pest Management, v. 54, n.1, p.129-136, 2008.
- KERRY, B. R. An assessment of progress toward microbial control of plant parasitic nematodes. Supplement to the Journal of Nematology. Annals of Applied Nematology v. 22, n. 45, p. 621-631, 1990.
- KORAYEM, A. M.; YOUSSEF, M. M. A; MOHAMED, M. M. M. Effect of chitin and abamectin on *Meloidogyne incognita* infesting rapeseed. Journal of plant protection research, v. 48, n. 3, 2008.
- LIMA, R. de L. S. et al. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. Revista Caatinga, v. 21, n. 5, p. 102-106, 2008.
- LISBOA, J. M. de M. et al. Efeito da torta de mamona como nematicida na produção de mudas de café orgânico. 2005.
- NEVES, W. S. et al. Biofumigação do solo com espécies de brássicas para o controle de *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v. 31, n. 3, p. 195-201, 2007.
- NEVES, M.; CARPANEZZI, A. A. A cultura do nim. Embrapa Informação Tecnológica. Coleção Plantar, n. 61, 2008, 97 p.
- OLIVEIRA, F. S. de et al. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematóide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 35, n. 3, p. 171-178, 2005.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededelingen Landbouw, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.
- PINHEIRO, J. B. et al. Identificação de espécies de *Meloidogyne* em tomateiro no Brasil. Embrapa Hortaliças/Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 102, ISSN 1677-2229, 2014.
- SAS[®] 9.4 Cary, North Carolina, USA: SAS Institute Inc., 2013.
- SIDDIQUI, I. A.; EHTESHAMUL-HAQUE, S. Effect of *Verticillium chlamydosporium* and *Pseudomonas aeruginosa* in the control *Meloidogyne javanica* on tomato. Nematologia Mediterranea, v. 28, p. 193-196, 2000.
- SILVA, L. H. C. P. et al. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicação do acibenzolar-S-metil. Nematologia Brasileira, v. 28, n. 2, p. 199-206, 2004.
- SILVA, G. S. da; PEREIRA, A. L. Efeito da incorporação de folhas de nim ao solo sobre o complexo *Fusarium x Meloidogyne* em quiabeiro. Summa Phytopathologica, v. 34, n. 4, p. 368-370, 2008.

SILVA, G. S. da. Métodos alternativos de controle de fitonematoídes. Revisão Anual de Patologia de Plantas - RAPP, v. 19, 2011.

SCHIPPERS, B.; BAKKER, A.W.; BAKKER, P. A. H. M. Interaction of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Annual Review of Phytopathology, v. 25, p. 339-358, 1987.

TIHOHOD, D. 2000. Nematologia agrícola aplicada. 2 ed. São Paulo: Funep, 473 p.

VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematoídes. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2013. 445 p.

VAZ, M. V. et al. Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. Perquirere, n. 8, v. 1, p. 203-212, 2011.

SIKORA, R. A.; HOFFMANN- HERGARTEN, S. Importance of plant healthpromoting rhizobacteria for the control of soil-borne fungal disease and plant parasitic nematodes. Arabian Journal of Plant Protection, v. 10, n. 1, p. 53-48, 1992.

VILELA, N. J. et al. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. In: CLEMENTE, F.M.V.; BOITEUX, L. S. Produção de Tomate para Processamento Industrial. Embrapa Hortaliças, p. 17-27, 2012.

WHETZEL, H. H. The terminology of phytopathology. Proceedings of the International Congress of Plant Science, v. 2, p. 1204-1215, 1929.

WHETZEL, H.H.; HESLER, L. R.; GREGORY, C. T.; RANKIN, W. H. Laboratory outlines in plant pathology, Philadelphia: W. B. Saunders , 1925. 231 p.

5. CONCLUSÃO GERAL

Dentre os quatorzes híbridos comerciais e pré-comerciais disponíveis no mercado brasileiro e analisados neste presente trabalho, apenas dois deles foram considerados resistentes a *Meloidogyne incognita*: BS P0033 e H 9992.

Quanto aos estudos dos métodos de controle, os que tiveram um melhor desempenho contra *M. Incognita* foram: H9553 (resistência genética), Vertimec® (Abamectina), Bion® (acibenzolar-S-metil) e Nem Out™ (*Bacillus licheniformis*, *B. subtilis* e *Trichoderma longibrachiatum*).