

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – MESTRADO

KAMILA CARDOZO DE SOUZA

ISOLADOS DE *TRICHODERMA* NO MANEJO DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* NA
CULTURA DO TOMATE

PONTA GROSSA
2023

KAMILA CARDOZO DE SOUZA

ISOLADOS DE *TRICHODERMA* NO MANEJO DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* NA
CULTURA DO TOMATE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Ponta
Grossa para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.
Área de concentração: Agricultura.
Linha de Pesquisa: Manejo Fitossanitário.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias
Co-orientadora: Prof^a. Dra. Maristella Dalla Pria

PONTA GROSSA
2023

S729 Souza, Kamila Cardozo de
Isolados de trichoderma no manejo de meloidogyne incognita na cultura do
tomate / Kamila Cardozo de Souza. Ponta Grossa, 2023.
39 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e
Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias.
Coorientadora: Profa. Dra. Maristella Dalla Pria.

1. Nematóide das galhas. 2. Controle biológico. 3. Solanum lycopersicum. 4.
Trichoderma spp.. I. Dias, Carlos Tadeu dos Santos. II. Dalla Pria, Maristella. III.
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. IV.T.

CDD: 634



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

DECLARAÇÃO - MS-AGRONOMIA

Título da Dissertação: "Isolados de Trichoderma no manejo de *Meloidogyne incognita* na cultura do tomate".

Nome: Kamila Cardozo de Souza

Orientador: Carlos Tadeu dos Santos Dias

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias

Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto

Prof^o. Dr^a. Cacilda Márcia Duarte Rios Faria

Ponta Grossa, 29 de março de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Tadeu dos Santos Dias, Usuário Externo**, em 18/04/2023, às 13:43, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Orcial Ceolin Bortolotto, Professor(a)**, em 19/04/2023, às 16:44, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Cacilda Márcia Duarte Rios Faria, Usuário Externo**, em 28/06/2023, às 15:19, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador 1357108 e o código CRC E1A318BF.

23.000009069-1

1357108~

À Deus e minha família,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por me abençoar com minha existência sempre com saúde e determinação para alcançar meus objetivos.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade, acolhimento e estrutura cedida durante o mestrado.

Ao Professor Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, por me aceitar e se dispor sempre em me orientar e auxiliar em todos os momentos que necessitei.

À minha co-orientadora, Prof^a Dr^a Maristella Dalla Pria pela enorme competência ao transmitir seu conhecimento durante o mestrado e nunca medir esforços para me auxiliar, apoiar e me compreender.

Aos meus queridos e amados pais Edmilson de Souza e Valdete Cardozo, por me ensinarem os valores da vida, educação e me ensinar a ser uma mulher digna e de respeito. Tudo que tenho e sou hoje, devo a vocês.

À minha vó, irmão e namorado, Zenir Amelia Lermen, Rafael Cardozo e Everton Morgem, por todo amor e apoio desde sempre.

À Eloir Moresco, por todo apoio e compreensão em todo o período do mestrado, não medindo esforços para que eu pudesse aproveitar esse momento da melhor forma possível. Sempre serei grata.

Às colegas de trabalho que me auxiliaram para realização deste trabalho: Amanda Szemocoviaki, Taize Schafranski, Anna Beatriz da Luz, Raianne Vantropa e Barbara Bartmeyer que me ajudaram durante todo meu projeto, meu muito obrigada. Sem vocês não seria possível.

À 3M Experimentação Agrícola, por ceder utensílios essenciais para a realização dos experimentos.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A cultura do tomate (*Solanum lycopersium*) é de grande importância econômica no país, visto que está presente em boa parte da alimentação humana. Seja na forma *in natura* (tomate de mesa) como processado para molhos e concentrados (tomate rasteiro), é um dos produtos hortícolas mais consumidos. O Brasil está entre os 10 maiores produtores do mundo e o Paraná é o 4º maior produtor nacional. Devido a sua importância e vasta extensão territorial é uma cultura que é suscetível ao ataque de diversos patógenos, em especial os nematoides. A principal espécie e que foi foco desse trabalho é a *Meloidogyne incognita*, a qual tem grande distribuição geográfica e ampla gama de hospedeiros. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar *in vitro* a ação de isolados de microrganismos sobre a eclosão de juvenis e o efeito de produtos alternativos no controle do nematoide das galhas aplicados via sulco em casa de vegetação. As espécies utilizadas foram *Trichoderma leniforme*, *Trichoderma endophyticum*, *Trichoderma viride*, na concentração de 10^{-6} conídios mL⁻¹, Quartzo[®] (*Bacillus subtilis* linhagem + *Bacillus licheniformis*) na dose 200 g.ha⁻¹. Avaliou-se *in vitro* a inibição da eclosão de juvenis de segundo estágio. Em casa de vegetação avaliou-se a altura das plantas, a biomassa da parte aérea fresca e seca das plantas, a biomassa das raízes frescas, índice de galhas, número de juvenis em 100 cm³ de solo e número de ovos por grama de solo. No experimento *in vitro* não houve diferença significativa entre os tratamentos. Em de casa de vegetação foi possível constatar potencial de redução do índice de galhas nas plantas proporcionado pelos isolados *T. viride* e *T. endophyticum*.

Palavras-chave: nematoide das galhas; controle biológico; *Solanum lycopersicum*; *Trichoderma* spp.

ABSTRACT

Tomato crop (*Solanum lycopersium*) is of great economic importance in the country, since it is present in a large part of human food. Whether in its fresh form (table tomato) or processed for sauces and concentrates (creeping tomato), it is one of the most consumed vegetables. Brazil is among the 10 largest producers in the world and Paraná is the 4th largest national producer. Due to its importance and vast territorial extension, it is a culture that is susceptible to the attack of several pathogens, especially nematodes. The main species that was the focus of this work is *Meloidogyne incognita*, which has a wide geographic distribution and a wide range of hosts. The objective of this research was to evaluate in vitro the action of isolates of microorganisms on the hatching of juveniles, with the species *Trichoderma leniforme*, *Trichoderma endophyticum*, *Trichoderma viride* at a concentration of 10^{-6} conidios mL⁻¹, Quartzo[®] (*Bacillus subtilis* lineage + *Bacillus licheniformis*) at a dose of 200 g.ha⁻¹ and evaluate the effect of alternative products on root-knot nematode control applied via furrow, as standard treatment. we experimented in vitro with the continuation of hatching of second-stage juveniles. In a greenhouse, plant height, fresh and dry shoot biomass, fresh root biomass, gall index, number of juveniles in 100 cm³ of soil and number of eggs per gram are evaluated. In the in vitro experiment, there was no significant difference between treatments. In the greenhouse data, it was possible to see the potential for reducing the rate of galls on plants provided by *T. viride* and *T. endophytichum* isolates.

Keywords: root-knot nematodes; biological control; *Solanum lycopersicum*; *Trichoderma* spp.

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – Produtos aplicados *in vitro* para inibição da eclosão de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita* na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*). Ponta Grossa – PR, 2023.....20
- TABELA 2 – Produtos aplicados em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivadas em casa de vegetação e respectivas doses para controle de *Meloidogyne incognita*. Ponta Grossa – PR, 2023.....22
- TABELA 3 – Eclosão (%) de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita*, em função da aplicação de produtos alternativos em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) em agosto/2022. Ponta Grossa – PR, 2023.....24
- TABELA 4 – Eclosão (%) de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita*, em função da aplicação de produtos alternativos em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) em novembro/2022. Ponta Grossa – PR, 2023.....25
- TABELA 5 – Peso fresco de raiz, peso fresco e seco de parte aérea e altura de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em agosto/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após o transplante (DAT) para controle de *Meloidogyne incognita*. Ponta Grossa – PR, 2023.....27
- TABELA 6 – Peso fresco de raiz, peso fresco e seco de parte aérea e altura de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em novembro/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após transplante (DAT). Ponta Grossa – PR, 2023.....28
- TABELA 7 – Número de nematoides (*Meloidogyne incognita*) em raízes e no solo, índice de galhas em raízes de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em agosto/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após o transplante (DAT). Ponta Grossa – PR, 2023.....30
- TABELA 8 – Número de nematoides (*Meloidogyne incognita*) em raízes e no solo, índice de galhas em raízes de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em novembro/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após o transplante (DAT). Ponta Grossa – PR, 2023.....30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 CULTURA DO TOMATE.....	12
3.2 DOENÇAS DA CULTURA DO TOMATE.....	13
3.2.1 Nematoides na Cultura do Tomate.....	14
3.2.1.1 <i>Meloidogyne incognita</i>	16
3.3 CONTROLE DE NEMATOIDES.....	15
3.3.1 Controle Biológico de Nematoides.....	16
3.3.1.1 <i>Trichoderma</i> spp.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 EXPERIMENTOS <i>in vitro</i>	20
4.2 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1 EXPERIMENTOS <i>in vitro</i>	24
5.2 EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	26
5.2.1 Parâmetros Biométricos.....	25
5.2.2 Parâmetros Nematológicos.....	29
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta dicotiledônea pertencente à Família Solanaceae e a ordem Tubiflorae, originária da região do norte do Equador, considerada uma das principais hortaliças cultivadas mundialmente (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2017). É uma planta herbácea, com caule flexível e piloso e com abundantes ramificações laterais (SILVA; VALE, 2007). É de grande importância econômica, devido à grande demanda de consumo, geração de emprego, renda e participação expressiva no agronegócio. Seja na forma in natura (tomate de mesa) quanto processado para molhos e concentrados (tomate rasteiro), é um dos produtos hortícolas mais consumidos (BRITO JÚNIOR, 2012).

O Brasil ocupa a 9ª posição na produção de tomate a nível mundial (2,5%), liderada pela China, Índia e Estados Unidos, que ocupam as primeiras posições, respondendo por aproximadamente por 31%, 11% e 8%, respectivamente (DOSSA; FUCHS, 2017). Os cinco maiores estados brasileiros produtores são Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Bahia, que respondem por cerca de 78% do total nacional. O Paraná se encontra em quarto lugar no ranking nacional com 6% do total produzido. Em âmbito estadual a cultura ocupa aproximadamente 3,6 mil hectares, com volume de 221 mil toneladas na última safra. O plantio da primeira safra 2020/2021 já atinge 45% do total estimado de 2,2 mil hectares (SALVADOR, 2020).

Devido à vasta extensão territorial do país e uma grande diversidade climática, a cultura do tomate é suscetível ao ataque de uma série de patógenos, entre eles estão os nematoides. Os danos causados por esses microrganismos têm sido uma das principais preocupações dos produtores de tomate, pois esses patógenos causam danos diretos e indiretos, deixando as plantas mais suscetíveis ao ataque de outros patógenos (SILVA, 2015).

A espécie *Meloidogyne incognita* [(Kofoid & White) Chitwood] é uma das principais espécies do gênero, devido a sua habilidade em reduzir a produtividade de uma ampla gama de hospedeiros e causar perdas econômicas consideráveis em todo o mundo. Este nematoide causa sintomas variados em plantas. Os sintomas mais comuns são, nanismo e amarelecimento de folhas, enquanto que a formação de galhas caracteriza o ataque do patógeno nas raízes (NASU, 2013). A planta de tomate, quando atacada severamente por *M. incognita*, apresenta aspecto clorótico, diminuição no crescimento, sistema radicular desorganizado e com forte presença de galhas, reduzindo o número e qualidade dos frutos. As galhas também impedem a absorção de água e nutrientes do solo (VALE *et al.*, 2013). Há também a distribuição espacial das plantas sintomáticas em formação de reboleiras, murchamento das plantas e desfolhamento (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

O ciclo desta espécie dura em média quatro semanas, sendo diretamente influenciado pelas condições de temperatura, umidade e da planta hospedeira. A faixa ideal de temperatura é de 25 a 30°C. Cada fêmea é capaz de produzir cerca de 400 ovos, gerando um grande aumento da população em um curto período (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

O manejo de nematoides é visto como um desafio dentro da agricultura. O uso de agentes biológicos no manejo integrado de doenças vem apresentando aumento significativo nos últimos anos. A estratégia de controle apresenta eficiência na redução das populações de nematoides, sobretudo com o emprego de produtos à base de fungos e bactérias. Em relação aos fungos com ação nematicida, destacando *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia chlamydosporia* e *Trichoderma* spp., que agem sobre os ovos de nematoides pela presença de enzimas quitinolíticas em sua composição (YADAV, 2017). Destacam-se as bactérias do gênero *Bacillus* spp., que desempenham vários mecanismos de ação, como produção de biofilme nas raízes aumentando a proteção contra os nematoides. Além disto, alteram as enzimas produzidas na rizosfera para dificultar o acesso de invasores, proporcionam crescimento radicular, produzem substâncias com atividades nematicidas, além de estimularem o sistema de defesa das plantas a fitopatógenos (FAVORETO *et al.*, 2019).

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar microrganismo com potencial para o manejo do nematoide das galhas na cultura do tomate.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar *in vitro* a ação de isolados de microrganismos sobre a eclosão de *M. incognita*.

Avaliar o efeito de isolados aplicados via sulco de plantio em plantas de tomate.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CULTURA DO TOMATE

O tomateiro pertencente à família das Solanáceas é originário da América do Sul e a sua domesticação foi no México. Os Incas e os Maias diziam já conhecer o tomate. De acordo com o mesmo autor, as sementes foram levadas para o sul do México, onde os espanhóis encontraram a cultura. No Brasil sua introdução ocorreu no final do século XIX pelos imigrantes europeus (SAAVEDRA *et al.*, 2017).

Há registros de produção de tomate em regiões de altas latitudes, como o Canadá e Rússia e em regiões bem próximas a linha do Equador, como Colômbia e Nigéria, possibilitando que esteja disponível o ano todo, em maior ou menor volume seguindo a sazonalidade de cada região produtora (NAIKA *et al.*, 2006). Dessa forma a produção mundial passa de 177 milhões de toneladas e a área cultivada fica em torno de 4,8 milhões de hectares. A China é o maior produtor mundial, com área de cultivo que passa a marca de 1 milhão de hectares e a sua produção anual chega a 56 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

O Brasil está entre os 10 maiores produtores da cultura no mundo, sendo o tomate a 7ª hortaliça mais produzida no país. Em 2021 a produção alcançou cerca de 3,9 milhões de toneladas em aproximadamente 52 mil hectares distribuídos em todo o país (IBGE, 2021). O estado de Goiás atingiu cerca de 1,1 milhão de toneladas em 2022 sendo o responsável por quase 30% da produção nacional, que alcançou a marca de 3,6 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

O tomateiro necessita de clima ameno e sofre pouca influência do fotoperíodo. As temperaturas ideais são médias diurnas entre 18° a 25°C e noturnas de 10° a 20°C (PALARETTI *et al.*, 2012). Quando as temperaturas diurnas são acima de 28°C podem causar prejuízos, devido a diminuição de síntese de α -licopeno, substância essencial para conferir a coloração avermelhada aos frutos (DUARTE *et al.*, 2011). Temperatura acima dos 34°C promove efeitos deletérios sobre a planta de tomate, prejudicando a polinização e, consequentemente, gerando abortamento de flores reduzindo o número de frutos por cacho (COSTA *et al.*, 2015).

É uma planta considerada perene, porém é cultivada como anual e pode ter três tipos de desenvolvimento: rasteira, semiereta e ereta, e dois hábitos de crescimento: determinado ou indeterminado (ALVARENGA, 2013).

Os frutos provenientes de plantas de crescimento indeterminado geralmente são destinados ao consumo *in natura* e apresentam um contínuo crescimento vegetativo e grande

produção de flores e frutos. Já as plantas que apresentam hábito de crescimento determinado, tem os seus frutos direcionados a agroindústria, as quais apresentam um crescimento vegetativo menor comparada a anterior. Os frutos são bagas carnosas e suculentas as quais podem apresentar peso e tamanho que variam de acordo com as cultivares produzidas. De maneira geral os frutos apresentam a coloração vermelha quando atingem a maturação. Essa coloração se dá pela presença de uma substância denominada licopeno, a qual é conhecida devido a propriedade anticancerígena (ALVARENGA, 2013; REIS FILGUEIRA, 2000).

3.2 DOENÇAS DA CULTURA DO TOMATE

Considerada uma espécie versátil quanto a sua utilidade, o tomate está entre as hortaliças-fruto aquela de maior demanda per capita. O agronegócio torna-se uma atividade atrativa, todavia, a tomaticultura é considerada atividade de alto risco econômico, sobretudo pelo alto número de patógenos que ocasionam doenças na cultura. A suscetibilidade da espécie a uma gama de fitopatógenos aliada a cultivos realizados em condições ambientais favoráveis para elas, resulta na ocorrência de doenças em todas as fases do seu ciclo fenológico, condição que impacta sobremaneira o seu custo de produção. Estima-se que os danos causados por doenças representem de 10-30% do total da colheita (PRAJWALA *et al.*, 2018).

De maneira geral, as doenças são alterações nos processos fisiológicos das plantas, que podem alterar o comportamento e metabolismo da planta, ocasionadas por fatores bióticos ou abióticos. As doenças ocorrem quando há a presença de um agente (patógeno) e de um hospedeiro que apresente suscetibilidade, além disso, as condições climáticas também são um fator determinante na ocorrência e severidade (LOPES; ÁVILA, 2005). Já foram registradas mais de 100 doenças que podem afetar a cultura as quais são prejudiciais ao desenvolvimento e produtividade da cultura do tomate. Essas doenças podem ser ocasionadas por fungos, vírus, bactérias e nematoides (PEREIRA *et al.*, 2013).

Os danos causados por nematoides é uma das maiores preocupações dos produtores de tomate, principalmente quando os ataques são por nematoides que formam galhas (*Meloidogyne* spp.), esses microrganismos podem causar danos diretos e indiretos fazendo com que a planta possa se tornar suscetível ao ataque de outros patógenos que possam estar presentes em seu local de implantação (SILVA, 2015).

3.2.1 Nematoides na Cultura do Tomate

Os nematoides são invertebrados, pseudocelomados e pertencem ao reino Animal, filo Nematoda. Apresentam o corpo longo, fino e cilíndrico, a sua parede é constituída por cutícula, epiderme e possui musculatura somática (DECREAMER; HUNT, 2006). A presença de estilete é o que caracteriza espécies que são parasitas de plantas, o tamanho desses microrganismos pode variar de 10 a 25 μm (KARSSSEN; MOENS, 2006). São patógenos comumente encontrados no solo, e em sua maioria parasitam diversas culturas ocasionando danos significativos que afetam a produtividade das plantas. Na cultura do tomate, o potencial de danos e perdas pode variar de 25 a 100% quando o patógeno está presente (SEID *et al.*, 2015).

O gênero *Meloidogyne* foi descrito inicialmente por Goeldi em 1887. A primeira espécie descrita por Goeldi foi o nematoide *Meloidogyne exigua* Goeldi. São considerados os mais importantes devido a ampla distribuição geográfica. Além disso, possuem uma ampla gama de hospedeiros e provocam enormes danos às plantas. Atualmente são descritas quase 100 espécies deste do gênero (FERRAZ; BROWN, 2016).

As espécies *Meloidogyne javanica* [(Treub) Chitwood] e *Meloidogyne incognita* são bem adaptadas as diversas condições climáticas encontradas nas regiões produtoras do Brasil. A severidade de ataque dos nematoides está diretamente atrelada a suscetibilidade da cultivar utilizada e da espécie do nematoide que está presente no campo, além disso há a influência do potencial de inóculo do nematoide e o tipo de solo na área de cultivo (SILVA, 2015). O ciclo biológico do *Meloidogyne* spp. é curto, em torno de um mês com temperatura média de 28°C, possibilitando várias gerações em uma única estação e ciclo da cultura do tomate (VOVLAS, 2005).

Os nematoides desse gênero são endoparasitas obrigatórios sedentários e polífagos. No que se refere a morfologia, os adultos apresentam dimorfismo sexual. As fêmeas possuem o corpo em formato periforme com região anterior formando um “pescoço”, são esbranquiçadas e brilhantes, com tamanhos de 0,5 a 1,0 mm de comprimento e 0,3 a 0,6 mm de largura, em contrapartida os machos tornam-se vermiformes e possuem cerca de 1,2 a 1,5 mm de comprimento (EISENBACKE, 1985; TIHOHOD, 1997; FERRAZ, 2018). O engrossamento das raízes é o resultado das reações de hiperplasia e hipertrofia celular no tecido cortical, conhecido popularmente como galha. Em consequência do parasitismo na raiz, sintomas reflexos são observados na parte aérea, como crescimento inadequado, nanismo, enfezamento, murcha, clorose e outros diversos sintomas de deficiências nutricionais nas folhas, sintomas observados em reboleiras (ASSOUMANA *et al.*, 2017; SONG *et al.*, 2017).

As galhas impedem que a planta absorva água e os nutrientes que são requeridos pela cultura, ocasionando consequentemente quedas de produção (VALE *et al.*, 2013).

3.2.1.1 *Meloidogyne incognita*

Essa espécie de nematoide é uma das mais disseminadas em todo o mundo, visto que apresenta fácil adaptação em diversas áreas com diferentes condições climáticas. Isso faz com que seja uma das espécies de maior importância para muitas culturas, parasita diversas hortaliças, frutíferas, espécies florestais, culturas anuais e perenes e, plantas daninhas (FREITAS *et al.*, 2001; CAMPOS, 2000).

Condições como temperatura, umidade e planta hospedeira estão diretamente relacionados com o tempo do ciclo dessa espécie, o qual leva em média quatro semanas. A temperatura ideal normalmente fica em torno de 25-30°C, e quando as condições climáticas e de hospedeiro são ideais, as fêmeas são capazes de produzir cerca de 400 ovos, levando ao crescimento da população em um tempo relativamente curto (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

Os sintomas diretos e indiretos resultados do ataque de *M. incognita* são formação de galhas, redução no volume do sistema radicular, descolamento cortical, raízes digitadas, rachaduras em tubérculos, desencadeamento de deficiências de minerais, murchamento das plantas, desfolhamento e redução da produtividade. Embora a formação de galhas ser o sintoma mais comum do gênero, esse sintoma também pode ser causado por outros nematoides (*Nacobbus*, *Xiphinema*), por insetos (coccídeos galhadores), por bactérias (*Agrobacterium*) e por outros organismos, no entanto, os mecanismos para a formação de galhas são diferentes do utilizado por *M. incognita* (FERRAZ; MONTEIRO, 2011). Normalmente esses sintomas tendem a aparecer em reboleiras. É a espécie que apresenta maior dificuldade no controle visto que contém uma grande variabilidade dentro dessa espécie (BRASS *et al.*, 2008; ASMUS *et al.*, 2001).

3.3 CONTROLE DE NEMATÓIDES

O controle de nematoides ainda é visto como um grande desafio, há vários métodos de controle que podem ser empregados na tentativa de diminuir a população de nematoides abaixo do nível de dano econômico. As técnicas mais recomendadas normalmente são a utilização de cultivares resistentes, aplicação de nematicidas, emprego de plantas antagônicas e rotação de culturas com plantas não hospedeiras e o uso de controle biológico (SILVA, 2015).

Atualmente, o controle químico é uma das medidas de controle mais utilizadas para a redução da população de nematoide devido ao efeito de contato, a ação preventiva (efeito sistêmico) que confere à planta tolerância ao ataque dos fitonematoides e, também, a praticidade de aplicação dos produtos fitossanitários (PEREIRA, 2020). Entretanto o controle químico apresenta algumas desvantagens, apresenta elevado custo e são altamente tóxicos o que pode levar a contaminação de lençóis subterrâneos e o meio ambiente como um todo (FRANZENER, 2005).

Como o tomate é um fruto presente frequentemente na dieta da população *in natura* há uma grande preocupação quanto a presença de resíduos de defensivos utilizados. Isso faz com que haja maior procura por tomates produzidos sem a aplicação de produtos químicos, pelo mercado consumidor (SILVA, 2015).

3.3.1 Controle Biológico de Nematoides

O controle biológico tornou-se uma nova alternativa que possibilita interação de diversos inimigos naturais dos nematoides fitófagos. O desempenho dos agentes biológicos tem como característica a limitação ou estabilização dos nematoides, esta ocorre por meio da competição, bem como parasitismo e produção de compostos tóxicos (SANTOS *et al.*, 2019). Os antagonistas são capazes de interferir em alguma atividade vital do patógeno, podem agir por meio da antibiose (produção de antibióticos ou metabólitos ácidos que são incompatíveis com o patógeno), competição, parasitismo, hipovirulência e indução de resistência na planta hospedeira. Essa última, devido ao aumento da capacidade de defesa da planta por meio da ativação de genes que são codificados em resposta aos fatores externos indutores (BETTIOL *et al.*, 2009; PASCHOLATI; LEITE, 2011).

Os nematoides apresentam uma grande quantidade de inimigos naturais, dentre eles possuem os fungos, bactérias, vírus e nematoides entomopatogênicos. Bactérias do gênero *Bacillus* são conhecidas por produzirem compostos bioativos com propriedades nematicidas, como aslipirrolidina e aituricina. Estudos recentes têm mostrado a eficácia dessas bactérias no controle de nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e de cisto (*Heterodera* spp.) em diferentes culturas (LIU *et al.*, 2022). Estudos realizados por Insunza, Alstrom e Eriksson (2000) observaram que espécies de *Bacillus* demonstraram índices de controle de nematoides com redução da população de 50 a 100% além de promoverem o crescimento das plantas. Pesquisadores evidenciam enzimas como quitinases, glucanases e collagenases, que atuam na cutícula do nematoide, ou diretamente na parede dos ovos, como as responsáveis pelo efeito

nematicida. Também a produção de cianeto de hidrogênio, assim como fenol e outros compostos voláteis apresentam ação biocida são indicados como os responsáveis pela ação nematicida (GENG *et al.*, 2016).

Fungos do gênero *Trichoderma* são conhecidos por sua capacidade de produzir enzimas hidrolíticas e metabólitos secundários com atividade nematicida. Além disso, esses fungos são capazes de estimular a resistência das plantas a nematoides através da ativação do sistema de defesa das plantas. Estudos recentes têm demonstrado a eficácia do uso de *Trichoderma* spp. no controle de nematoides das galhas em diversas culturas, como a soja, o milho e a cana-de-açúcar (GOMES, 2021). Os fungos, desempenham funções vitais no ambiente agrícola, devido à suas interações com as plantas (ZEILINGER *et al.*, 2015). Esses microrganismos são importantes na dinâmica de decomposição e reciclagem de materiais orgânicos e interagem, também, positiva ou negativamente, com as raízes das plantas (LAREEN *et al.*, 2016). A habilidade antagônica e parasítica está presente em fungos do gênero *Trichoderma*, razão pela qual cientistas e a indústria começaram a testá-los e avaliá-los contra patógenos (DRUZHININA *et al.*, 2011).

Vírus entomopatogênicos são uma alternativa promissora para o controle de nematoides, uma vez que são específicos para os seus hospedeiros e não afetam outros organismos não alvo. O vírus da poliedrose nuclear de *Heliothis* (HNPV) tem sido utilizado com sucesso no controle de nematoides das galhas em diversas culturas, como a soja e o algodão (ARAÚJO; GONÇALVES; SILVA., 2021; GOU; LI; ZHANG, 2022). Os nematoides entomopatogênicos são uma estratégia de controle biológico de nematoides que tem sido cada vez mais utilizada. Esses organismos são capazes de parasitar os nematoides do solo e causar a sua morte. Estudos recentes têm demonstrado a eficácia do uso de *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp. no controle de nematoides das galhas e de cisto em diversas culturas, como a soja, o tomate e a batata (JIANG *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2022; ZHAO *et al.*, 2022).

3.3.1.1 *Trichoderma* spp.

Trichoderma pertence à classe *Sordariomycetes* do filo *Ascomycota*, ordem *Hypocreales*, família *Hypocreaceae* e gênero *Hypocrea*, na fase sexual. A fase assexuada é caracterizada pela formação de conidióforos a partir do micélio, apresentando um eixo central e ramificações laterais, que tem as suas terminações em espirais divergentes do tipo fiálide. Na ponta das fiálides são produzidos os conídios unicelulares, de formato esférico ou ovais de coloração verde na maioria das linhagens (JAKLITSCH, 2009). São fungos de vida livre,

filamentosos, que se reproduzem assexuadamente, presentes com mais frequência em solos de regiões de clima temperado e tropical e são muito importantes dentro dos estudos realizados no controle biológico, isso devido a sua grande variabilidade entre as linhagens, fácil adaptação ambiental e as suas atividades de biocontrole (propriedades fisiológicas e bioquímicas) contra os patógenos (MACHADO *et al.*, 2012). Podem ser encontrados em solos agrícolas em diversas regiões e apresentam fácil cultivo *in vitro*, pois possuem rápido crescimento e produzem quantidade massiva de esporos, apresentando uma coloração esverdeada quando ocorre a esporulação (HARMAN *et al.*, 2012; BROTMAN; KAPUGANTI; VITERBO, 2010).

Dentre as suas atividades antagônicas pode se citar a competição por espaço e nutrientes com outros microrganismos e possuem também propriedades antibióticas e de parasitismo. Além dessas há a promoção de crescimento, característica atribuída ao controle biológico utilizando fungos desse gênero, pois esses apresentem a capacidade de colonizar as raízes melhorando a atividade fotossintética da planta (SHORESH; HARMAN, 2010).

O gênero *Trichoderma* possui diversas habilidades de efetuar o controle de nematoides em qualquer estágio de vida, de ovos à adultos, através da produção de enzimas que podem agir por meio de antibiose e auxiliar na indução de resistência da planta hospedeira (SILVA *et al.*, 2017). O *Trichoderma* sp. pode auxiliar a planta a adquirir tolerância ao estresse ambiental e pode agir na inativação de enzimas produzidas pelo patógeno que podem ocasionar alguma alteração no metabolismo da planta (FREITAS *et al.*, 2012). Em estudo realizado por Sahebani e Hadavi (2008), foi observado redução significativa em galhas e em quantidade de ovos de *M. javanica* em raízes de tomate que receberam a microbiolização com *Trichoderma*. Isso foi observado em experimentos *in vitro* onde houve maior mortalidade dos ovos quando tratados com o fungo.

Trichoderma lentiforme é um fungo filamentoso encontrado no solo e é conhecido por sua habilidade em controlar diversas doenças causadas por patógenos de plantas. Este fungo é considerado um agente de controle biológico promissor e tem sido utilizado em diversas culturas agrícolas. A capacidade do *T. lentiforme* em controlar doenças é devido à sua capacidade de produzir uma variedade de metabólitos secundários, incluindo enzimas degradadoras de celulose e quitina, bem como compostos antifúngicos. Além disso, o fungo é capaz de colonizar o sistema radicular da planta, proporcionando uma proteção contra patógenos de solo (BARWAL *et al.*, 2015). Diversos estudos têm demonstrado a eficácia do *T. lentiforme* no controle biológico de patógenos de plantas, incluindo *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici* e *Rhizoctonia solani*. Além disso, a aplicação de *T. lentiforme* também tem demonstrado melhorias na produtividade e qualidade das culturas (BENÍTEZ *et al.*, 2004).

O fungo *Trichoderma endophyticum* é um fungo endofítico que coloniza o interior de plantas sem causar sintomas de doenças. Este fungo é capaz de promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como protegê-las contra patógenos, tornando-o um agente de controle biológico promissor. A capacidade do *T. endophyticum* em controlar doenças é devido à sua capacidade de produzir metabólitos secundários, incluindo enzimas degradadoras de celulose e quitina, bem como compostos antifúngicos e antibióticos. Além disso, o fungo é capaz de colonizar o sistema radicular e outras partes das plantas, proporcionando uma proteção contra patógenos (AKKARY *et al.*, 2018).

Trichoderma viride é um fungo filamentoso amplamente estudado para o controle biológico de patógenos de plantas. Este fungo é capaz de colonizar o solo e o sistema radicular das plantas, proporcionando uma proteção contra patógenos, ele produz metabólitos secundários, incluindo enzimas degradadoras de celulose e quitina, bem como compostos antifúngicos e antibióticos. Além disso, o fungo é capaz de competir com os patógenos pelo espaço e nutrientes, impedindo a sua colonização (HERNANDES-ONATE *et al.*, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e laboratório, localizados na estação experimental da empresa 3M Experimentação Agrícola, localizada a 25° 9'45.65"S de latitude sul, 50°11'23.75"O de longitude leste e altitude de 807 m acima do nível do mar. O isolado *M. incognita* foi doado pela empresa 3M Experimentação Agrícola e mantido em vasos contendo plantas de tomate para a multiplicação e manutenção do inóculo, o qual foi mantido em casa de vegetação. As espécies de *Trichoderma* foram adquiridas no Laboratório de Epidemiologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, mantidas em meio batata-dextrose-ágar (BDA) e armazenadas em câmara tipo BOD a 25°C. Após o desenvolvimento das colônias, essas foram utilizadas para os testes *in vitro* e casa de vegetação.

4.1 EXPERIMENTOS *in vitro*

Os experimentos *in vitro* consistiram em análises da inibição da eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. incognita*. Os experimentos foram conduzidos no laboratório e repetidos duas vezes. Os tratamentos foram compostos por suspensão de esporos de fungos sapróbios do gênero *Trichoderma* spp. (concentração de 10^6 conídios mL⁻¹), nematicida microbiológico *Bacillus subtilis* ($1,0 \times 10^{11}$ UFC g⁻¹) + *Bacillus licheniformis* ($1,0 \times 10^{11}$ UFC g⁻¹) (Quartzo) e testemunha (Tabela 1).

TABELA 1 – Produtos aplicados *in vitro* para inibição da eclosão de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita* na cultura do tomate (*Solanum lycopersium*). Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Composição	Dose
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	Água destilada	-
<i>T. lentiforme</i> + <i>M. incognita</i>	<i>Trichoderma lentiforme</i>	10^6 conídios mL ⁻¹
<i>T. endophyticum</i> + <i>M. incognita</i>	<i>Trichoderma endophyticum</i>	10^6 conídios mL ⁻¹
<i>T. viride</i> + <i>M. incognita</i>	<i>Trichoderma viride</i>	10^6 conídios mL ⁻¹
Quartzo + <i>M. incognita</i>	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem + <i>Bacillus licheniformis</i>	200 g.ha ⁻¹

Fonte: a autora.

Os ovos de *M. incognita* foram extraídos conforme metodologia proposta por Coolen e D'Herde (1972) sendo coletado todo o volume de raiz das plantas de tomate. As raízes infectadas foram lavadas cuidadosamente em água corrente e, posteriormente, cortadas em fragmentos de aproximadamente dois centímetros e trituradas em liquidificador a baixa

velocidade, em solução contendo 250 mL de hipoclorito de sódio 0,5%, durante 20 segundos. A suspensão resultante foi passada por duas peneiras granulométricas sobrepostas, a superior de 150 *mesh* e a inferior de 500 *mesh*. A suspensão retida na última peneira foi lavada com água corrente e recolhida em um béquer onde foi realizada a contagem do número de ovos, com o auxílio da câmara de Peters, em microscópio ótico.

Em placas de Petri, foram colocados separadamente, cinco mL dos produtos, de modo a proporcionar as concentrações finais mencionadas para cada tratamento, e 5 mL de suspensão contendo aproximadamente 1000 ovos de *M. incognita*. A água destilada esterilizada foi utilizada na testemunha. Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento em delineamento inteiramente aleatorizado. As placas de Petri de cada tratamento foram incubadas em estufas tipo B.O.D. em temperatura constante de 28°C, durante 16 dias. Decorrido esse tempo, foi coletado um mililitro da suspensão para contagem do número de ovos remanescentes, com o auxílio do microscópio ótico. Com os dados obtidos foi calculada a porcentagem de eclosão de juvenis de segundo estágio.

Todos os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com o software SAS-Studio, versão livre (2020). Todas as pressuposições para análise de variância, como homogeneidade de variâncias, normalidade dos resíduos, presença de pontos discrepantes, independência dos resíduos e aditividade do modelo foram verificadas. Foi utilizado o método de transformação potência ótima de Box-Cox (BOX; COX, 1964) para resolver problemas de pressuposição não atendida.

4.2 EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, repetidos duas vezes. O primeiro experimento teve início no dia 26 de maio de 2022 e o segundo no dia 22 de novembro de 2022.

A cultivar de tomate utilizada foi a Santa Clara, são plantas altas e de crescimento indeterminado, frutos oblongos bi ou triloculares que variam de peso médio entre 80 a 220 g (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2022). A cultivar é suscetível ao *M. incognita*.

As sementes de tomate foram germinadas em bandejas plásticas preenchidas com substrato comercial (Carolina Soil, São Paulo, Brasil) e transplantadas 15 dias após semeadura (DAS). Foram utilizados vasos plásticos com volume de cinco litros de capacidade (Figura

1), com solo de textura média e a areia adquiridos no campo experimental da Estação 3M, os quais foram autoclavados ($127^{\circ}\text{C}/60 \text{ min}^{-1}$) e utilizado uma mistura de solo e areia na proporção de 1:1 (v:v). Os tratamentos foram aplicados 10 mL por vaso de calda em sulco de plantio com o auxílio de pulverizador manual, contendo o respectivo tratamento dissolvido em água, com exceção da testemunha, na qual foi aplicado apenas água destilada e esterilizada (Tabela 2). O delineamento experimental utilizado foi de blocos aleatorizados, com 10 tratamentos e quatro repetições, sendo cada vaso com uma planta considerada uma repetição.

FIGURA 1 – Experimento realizado em casa de vegetação com plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivar Santa Clara com produtos alternativos para controle de *Meloidogyne incognita*. Ponta Grossa -PR, 2023.



Fonte: a autora.

TABELA 2 – Produtos aplicados em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivadas em casa de vegetação e respectivas doses para controle de *Meloidogyne incognita*. Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamento	Composição	Dose
Testemunha absoluta	Água destilada e esterilizada	-
Testemunha	<i>Meloidogyne incognita</i>	-
<i>T. lentiforme</i>	<i>Trichoderma lentiforme</i>	10^6 conídios mL^{-1}
<i>T. endophyticum</i>	<i>Trichoderma endophyticum</i>	10^6 conídios mL^{-1}
<i>T. viride</i>	<i>Trichoderma viride</i>	10^6 conídios mL^{-1}
Quartzo	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem + <i>Bacillus licheniformis</i>	200 g.ha^{-1}
<i>T. lentiforme</i> + <i>M. incognita</i>	<i>Trichoderma lentiforme</i>	10^6 conídios mL^{-1}
<i>T. endophyticum</i> + <i>M. incognita</i>	<i>Trichoderma endophyticum</i>	10^6 conídios mL^{-1}
<i>T. viride</i> + <i>M. incognita</i>	<i>Trichoderma viride</i>	10^6 conídios mL^{-1}
Quartzo + <i>M. incognita</i>	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem + <i>Bacillus licheniformis</i>	200 g.ha^{-1}

Fonte: Adapar (2023).

Um dia após o transplante das mudas, o solo de cada vaso foi inoculado com suspensão de ovos de *M. incognita*. Os ovos de *M. incognita* foram extraídos conforme metodologia proposta por Coolen e D’Herde (1972), descrita no item anterior. As plantas de tomates foram inoculadas com a suspensão de inóculo recém quantificada e calibrada. A inoculação foi

realizada em dois orifícios ao redor do colo das plantas com profundidade média de 1 a 2 cm, o qual foi perfurado com a ajuda de um lápis e inoculado 5.000 ovos de *M. incognita*.

Cinquenta dias após a implantação do experimento (50 DAT) foram analisados os seguintes parâmetros biométricos das plantas: altura, com auxílio de régua graduada, da base do vaso até a última ramificação foliar; biomassa fresca de raízes e parte aérea, em balança analítica. Em seguida, as plantas foram secas em estufa de circulação de ar a 70°C, por 48 horas para determinações de massa seca da parte aérea, também em balança analítica.

O índice de galhas, o número de nematoides por grama de raiz e o número de J2 determinado em 100 cm³ de solo foram também analisados aos 50 DAT. Para isto, iniciou-se a avaliação do índice de galhas, determinado pela escala proposta por Bridge e Page (1980) com notas de 0 a 6. Onde 0 = sem galhas nas raízes; 1 = algumas galhas pequenas difíceis de encontrar; 2 = apenas pequenas galhas, mas claramente visíveis; principais raízes limpas; 3 = algumas galhas maiores são visíveis, mas as raízes principais limpas; 4 = predominam galhas maiores, mas as raízes principais limpas; 5 = 50% das raízes engalhadas; engalhar em partes do sistema radicular principal e 6 = engalhar algumas das raízes principais.

Para avaliação do número de J2 em 100 cm³ de solo, foi seguindo a metodologia proposta por Baermann (1917). As amostras de solo, foram envolvidas em papel e mergulhadas nos funis contendo água até chegar mais ou menos um cm abaixo do aro do funil e deixados o solo totalmente submerso. Após período de 48 horas, 12 mL da suspensão de nematoides foram coletadas em tubos de ensaio e realizada a contagem com auxílio de câmara de Peters. O número de ovos por grama de raiz foi através da metodologia proposta por Coolen e D'Herde (1972) e contadas sob microscópio ótico, com auxílio de lâmina de contagem de Peters no laboratório de nematologia.

Todos os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com o software SAS-Studio, versão livre, 2020. Todas as pressuposições para análise de variância, como homogeneidade de variâncias, normalidade dos resíduos, presença de pontos discrepantes, independência dos resíduos e aditividade do modelo foram verificadas. Foi utilizado o método de transformação potência ótima de Box-Cox (BOX; COX, 1964) para resolver problemas de pressuposição não atendida.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 EXPERIMENTOS *in vitro*

Para os dados de eclosão de juvenis de segundo estágio *in vitro* não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabelas 3 e 4). Em estudos realizados por Frederic (2018), a exposição dos ovos de *M. incognita* às concentrações de 1,25 a 10 g L⁻¹ do produto *B. subtilis* + *B. licheniformes* + *T. longibrachiatum* não diferiram significativamente da testemunha quanto a eclosão dos J2, fato que difere quando expostos as diferentes concentrações (20 e 40 g L⁻¹). Observou-se que houve maior ação nematicida sobre o nematoide em baixas concentrações no período de 24 horas de exposição, em relação aos ovos que ficaram expostos por 14 dias. Contudo, resultados contrários ao deste trabalho foram obtidos por Santos *et al.* (2020), no qual todos os isolados fúngicos testados após 48 horas de incubação, se apresentaram promissores na redução da eclosão dos juvenis, havendo diferença significativa entre a testemunha e os isolados utilizados.

A casca do ovo dos fitonematoides é formada por uma camada vitelínica, quitinosa e lipídica (FERRAZ; BROWN, 2016), protegendo o nematoide contra a ação de substâncias nematicidas e de agentes antagonistas. Como neste experimento, utilizou suspensão com população de ovos, em fases de desenvolvimento embrionário desconhecida, talvez explique, porque não ocorreu inibição na eclosão significativa. Ou seja, parte da população de ovos que estavam prontos para o processo de eclosão, os juvenis perfuraram a casca dos ovos o que permitiu a entrada das substâncias provenientes dos isolados, causando morte dos J2 ainda dentro do ovo, e conseqüentemente inibição do processo de eclosão.

Por outro lado, faz-se necessário testar esses isolados em diferentes tempos de incubação, visto que não foi avaliado antes de 16 dias após a instalação do experimento.

TABELA 3 – Eclosão (%) de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita*, em função da aplicação de produtos alternativos em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) em agosto/2022. Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Eclosão de juvenis ¹
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	82,92 ^{ns}
<i>Trichoderma lentiforme</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	81,80
<i>Trichoderma endophyticum</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	79,80
<i>Trichoderma viride</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	79,30
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	74,10
Coeficiente de variação	1,39%

¹ Dados originais, para análise foram transformados por Box-Cox, onde $^1\lambda = -12,7$; ns: não significativo. Fonte: a autora.

TABELA 4 – Eclosão (%) de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita*, em função da aplicação de produtos alternativos em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) em novembro/2022. Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Eclosão de juvenis ¹
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	90,77 ^{ns}
<i>Trichoderma lentiforme</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	90,22
<i>Trichoderma endophyticum</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	89,05
<i>Trichoderma viride</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	88,92
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	84,15
Coefficiente de variação	4,33%

¹ Dados originais, para análise foram transformados por Box-Cox, onde $^1\lambda = -12,2$; ns: não significativo. Fonte: a autora.

5.2 EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

5.2.1 Parâmetros Biométricos

Nas avaliações realizadas no primeiro experimento em agosto de 2022, observou-se que para as avaliações de peso fresco e seco da parte aérea não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e as testemunhas (Tabela 5). Fato que diferiu no segundo experimento, onde para a variável peso fresco de parte aérea os tratamentos *T. lentiforme* e *T. endophyticum* demonstraram a maior biomassa da parte aérea e o tratamento composto por *T. endophyticum* sem a presença do patógeno *M. incognita* diferiu estatisticamente da testemunha inoculada, promovendo melhor peso seco de parte aérea (Tabela 6). Os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos por Silva (2022) que observou a ação do *T. lentiforme* CMAA 1585 demonstrando a maior promoção de crescimento em plantas de algodão e Barros (2019), no qual, na segunda repetição do experimento, o *T. endophyticum* foi eficiente em aumentar a massa seca da parte aérea em 108,82%, diferindo da testemunha.

Observou-se que para os resultados de peso fresco de raiz, os tratamentos avaliados sem a presença do patógeno, não apresentaram diferenças significativas com as testemunhas absoluta e inoculada respectivamente (Tabela 5). Notou-se que o tratamento *B. subtilis* + *B. licheniformis* sem a presença do *M. incognita* diferenciou-se estatisticamente do mesmo produto com inoculação do patógeno e dos *T. lentiforme* + *M. incognita* e *T. endophyticum* + *M. incognita*, demonstrando maior peso fresco de raiz. Foi demonstrado nesse estudo, que produtos biológicos a base de bactérias do gênero *Bacillus* podem agir positivamente no

crescimento e desenvolvimento de plantas de tomate, tal como reportado para outras culturas, como milho, feijão-caupi (CHAGAS *et al.*, 2018).

TABELA 5 – Peso fresco de raiz, peso fresco e seco de parte aérea e altura de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em agosto/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após o transplante (DAT) para controle de *Meloidogyne incognita*. Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Peso fresco de raiz (g) ¹	Peso fresco parte aérea (g) ²	Peso seco parte aérea (g) ³	Altura ⁴
Testemunha absoluta (água destilada e esterilizada)	1,70ab*	1,77 ^{ns}	0,82 ^{ns}	8,15ab
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	1,36ab	1,87	0,64	7,12ab
<i>Trichoderma lentiforme</i>	2,06ab	2,02	1,02	8,37ab
<i>Trichoderma endophyticum</i>	3,77ab	2,02	1,04	9,12a
<i>Trichoderma viride</i>	1,64ab	1,63	1,15	7,12ab
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i>	5,95a	1,96	0,85	9,37a
<i>Trichoderma lentiforme</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	0,83b	1,46	0,91	6,62ab
<i>Trichoderma endophyticum</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	1,13b	1,52	0,82	7,25ab
<i>Trichoderma viride</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	2,45ab	1,75	1,07	7,50ab
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Meloidogyne. incognita</i>	1,13ab	1,69	0,90	8,12ab
Coeficiente de variação (%)	6,72	26,52	27,85	22,10

¹ Dados originais, para análise foram transformados por Box-Cox, onde $\lambda = -0,3$; *Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância; ns: não significativo. Fonte: a autora.

TABELA 6 – Peso fresco de raiz, peso fresco e seco de parte aérea e altura de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em novembro/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após transplante (DAT). Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Peso fresco de raiz (g) ¹	Peso fresco parte aérea (g) ²	Peso seco parte aérea (g) ³	Altura ⁴
Testemunha absoluta (água destilada e esterilizada)	2,68 ^{ns}	6,47ab	1,93ab	21,12 ^{ns}
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	4,64	3,98ab	1,09b	17,75
<i>Trichoderma lentiforme</i>	4,06	7,60a	2,64ab	25,00
<i>Trichoderma endophyticum</i>	4,91	8,42a	2,85a	20,75
<i>Trichoderma viride</i>	1,91	5,05ab	1,98ab	22,75
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i>	4,46	5,89ab	1,98ab	19,87
<i>Trichoderma lentiforme</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	3,72	5,59ab	2,32ab	24,62
<i>Trichoderma endophyticum</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	3,71	5,53ab	2,33ab	24,75
<i>Trichoderma viride</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	3,36	5,90ab	2,03ab	22,25
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	4,55	6,18ab	2,04ab	23,25
Coeficiente de variação (%)	5,80	2,62	3,39	1,60

¹ Dados originais, para análise foram transformados por Box-Cox, onde $\lambda=0,1$; ² $\lambda=0,5$; ³ $\lambda=0,5$; ⁴ $\lambda=2,3$; * Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância; ns: não significativo. Fonte: a autora.

Para os parâmetros de altura avaliado não houve diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade entre os tratamentos em ambos os estudos. Mesmo os tratamentos que com a maior média de altura (*T. endophyticum* e *B. subtilis* + *B. licheniformis*) no experimento realizado em agosto (Tabela 5), não houve alteração significativa no crescimento das plantas.

5.2.2 Parâmetros Nematológicos

Não houve influência da aplicação de *Trichoderma* sob o número de nematoides por grama de raiz, 50 dias após o transplante, em comparação com a testemunha em ambos os experimentos realizados em agosto e novembro (Tabelas 7 e 8).

Foram contabilizadas 149 J2 na testemunha em 100 cm³ de solo no experimento de agosto e 122 J2 na testemunha em 100 cm³ de solo no experimento realizado em novembro. Não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados no experimento realizado em agosto (Tabela 7), fato que difere no experimento em novembro, onde observou-se diferenças significativas com o uso de *T. lentiforme*, resultado que diferiu significativamente da testemunha (Tabela 8). Já foram descritas várias espécies de *Trichoderma* capazes de controlar o nematoide das galhas, como, por exemplo, o *T. harzianum* e o *Trichoderma citrinoviride* (FAN *et al.*, 2020; KHAN *et al.*, 2018). Affokpon *et al.* (2011) também observaram redução de 94% de juvenis de segundo estágio de *M. incognita* em solo cultivado com cenoura, após a aplicação de isolados de *Trichoderma* (25 mL 1x10⁹ esporos).

Os resultados do presente estudo sugerem que o *T. lentiforme* é capaz de competir e persistir no ambiente, além de demonstrar eficácia no controle dos juvenis do nematoide das galhas em solo. É importante considerar que a sobrevivência do *Trichoderma* no solo pode ser influenciada por vários fatores, como temperatura, umidade, nutrientes, tipo de solo, aeração e pH (FISCHER *et al.*, 2010), sugerindo a influência nos diferentes resultados dos dois experimentos em diferentes épocas (Tabelas 7 e 8).

Os resultados obtidos apontam redução do índice de galhas em comparação à testemunha na aplicação de *B. subtilis* + *B. licheniformis* e os tratamentos com os isolados de *Trichoderma* foram semelhantes a testemunha e ao melhor tratamento citado acima (Tabela 7). No estudo realizado por Hallmann *et al.* (1995) com bactérias endofíticas, foi constatada diminuição de até 50% no índice de galhas causadas por *M. incognita* em plantas de pepino. Da mesma forma, Coimbra *et al.* (2005) observaram reduções entre 17,38% e 45,09% no número de galhas por grama de raízes, e diminuição de 40,32% a 100% no número de ovos de *M.*

javanica por grama de raízes em plantas de tomate cujas raízes foram tratadas com rizobactérias.

Entretanto, no segundo experimento, todos os tratamentos diferiram da testemunha (Tabela 8) para o índice de galhas. Santos *et al.* (2022) relataram que *T. endophyticum* aplicado via semente, é registrado no Brasil como nematicida microbiológico, demonstrando neste experimento potencial de redução de galhas. Os resultados também concordam com Matsumura *et al.* (2008), no qual foi observada redução significativa no número de galhas por planta ao utilizar *Trichoderma* spp.

TABELA 7 – Número de nematoides (*Meloidogyne incognita*) em raízes e no solo, índice de galhas em raízes de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em agosto/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após o transplante (DAT). Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Número (g raiz ⁻¹) ¹	Número de nematoides no solo (100 cm ³) ²	Índice de galhas ³
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	862 ^{ns}	122 ^{ns}	3,50a
<i>Trichoderma lentiforme</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	825	63	2,00ab
<i>Trichoderma endophyticum</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	732	74	1,75ab
<i>Trichoderma viride</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	757	35	1,75ab
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Meloidogyne. incognita</i>	308	65	1,50b
Coefficiente de variação	7,31%	8,45%	3,03%

¹Dados originais, para análise foram transformados por Box-Cox, onde $\lambda = -13$; ² $\lambda = 0,4$; ³ $\lambda = 0,7$; * Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância; ns: não significativo. Fonte: a autora.

TABELA 8 – Número de nematoides (*Meloidogyne incognita*) em raízes e no solo, índice de galhas em raízes de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivadas em novembro/2022 em casa de vegetação, aos 50 dias após o transplante (DAT). Ponta Grossa – PR, 2023.

Tratamentos	Nematoides (g raiz ⁻¹) ¹	Nematoides no solo (100 cm ³) ²	Índice de galhas ³
Testemunha (<i>Meloidogyne incognita</i>)	309 ^{ns}	149a	3,75a
<i>Trichoderma lentiforme</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	308	28b	2,25b
<i>Trichoderma endophyticum</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	258	98ab	1,75b
<i>Trichoderma viride</i> + <i>Meloidogyne incognita</i>	277	38ab	2,25b
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Meloidogyne. incognita</i>	63	76ab	1,50b
Coefficiente de variação	7,79%	8,98%	3,32%

¹Dados originais, para análise foram transformados por Box-Cox, onde $\lambda = 0,4$; ² $\lambda = 0$; ³ $\lambda = 0,8$; * Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância; ns: não significativo. Fonte: a autora.

Embora tenha sido observado um número reduzido de galhas com a utilização dos produtos, constatou-se que eles não foram eficientes em reduzir o número de nematoides nas

raízes. A diminuição do número de galhas pode ser atribuída à produção de metabólitos tóxicos. Essa capacidade de produção de metabólitos tóxicos é uma característica amplamente explorada no controle biológico de fitopatógenos pelo gênero *Trichoderma* (HOWELL, 2003). O comportamento antagônico desse fungo é fundamental para seu uso eficaz no biocontrole, pois ele pode atuar por meio de vários mecanismos (KÜÇÜK; KIVANÇ, 2003). As espécies de *Trichoderma* têm a capacidade de competir por locais de infecção e utilizar nutrientes disponíveis, o que pode impedir a germinação de propágulos do patógeno ou sua infecção (PUNJA; UTKHEDE, 2003). Geralmente, elas são consideradas competidoras agressivas, apresentando crescimento e colonização rápidos, o que resulta na exclusão de muitos patógenos.

6 CONCLUSÃO

Para os experimentos realizados *in vitro* os produtos utilizados não reduziram a eclosão de J2 de *M. incognita*.

Trichoderma endophyticum, *T. viride* e *T. lentiforme* reduziram o índice de galhas, demonstrando potencial redução de infecção por *M. incognita*.

REFERÊNCIAS

- AFFOKPON, A.; COYNE, D. L.; HTAY C. C.; AGBÈDÈ R. D. Biocontrol potential of native *Trichoderma* isolates against root-knot nematodes in West African vegetable production systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v.43, p. 600-608, 2011.
- AKKARY, M. S. *et al.* Application of endophytic *Trichoderma* species against phytopathogenic fungi: A review. **Biological Control**, v. 115, p. 57-71, 2018.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 457p.
- ARAÚJO, J.; GONÇALVES, M.; SILVA, A. Controle de nematoides das galhas com o vírus da poliedrose nuclear de Heliothis (HNVPV) em culturas de soja e algodão. **Revista de Agricultura Sustentável**, v.45, n.3, p. 78-93, 2021.
- ASMUS, G. L. *et al.* **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. 1 ed. Londrina: Sociedade Brasileira de Nematologia. 2001. 127p.
- ASSOUMANA, B. T. *et al.* First report of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* parasitising sweet pepper (*Capsicum annuum*) in Niger. **New Disease Reports**, v. 36, n. 1, p. 18, jul. 2017.
- BAERMANN, G. Eine einfache methode zur auffindung von Ancylostomum (Nematoden) larven in erdproben. **Geneeskd Tijdschr Ned Indie**, v. 57, p. 131-137, 1917.
- BARROS, J. L. **Efeito de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Rizoctonia Solani* e na promoção de crescimento de tomateiros**. 2019. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.
- BARWAL, A.; CHANDER, M.; ZAFAR, N.; KHAN, S. Role of *Trichoderma* in plant growth improvement and protection: A review. **Agricultural Reviews**, v. 36, n. 1, p. 1-15, 2015.
- BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C.; CODÓN, A. C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.
- BETTIOL, W. *et al.* **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. 1 ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/579954/1/livrobiocontrole.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- BRASS F.; VERONEZZE N.; PACHECO E.; BOSQUE G. Aspectos biológicos do *Meloidogyne* spp. relevantes à cultura de café. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 3, n. 14, p. 7-14, 2008.

BRIDGE, J.; PAGE, S.L.J.; Estimation of Root-knot Nematode Infestation Levels on Roots Using a Rating Chart. **Tropical Pest Management**. V.26, p.296-298, 1980.

BRITO JUNIOR, F. P. **Produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) reutilizando substratos sob cultivo protegido no município de Iranduba-AM**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

BROTMAN, Y.; KAPUGANTI, J.G.; VITERBO, A. *Trichoderma*. **Current Biology**, Massachusetts, v. 20, n. 9, p. 390-391, 2010.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Evolução das cadeias produtivas de tomate industrial e para mesa no Brasil, 1990-2016. **Informações Econômicas, São Paulo**, v. 47, n. 1, p. 50-59, 2017.

CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematoides em tomate. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. (Eds.) **Controle de doenças de plantas – hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2000. p. 801-841.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-18, mar. 2017.

COIMBRA, J.L., CAMPOS, V.P.; SOUZA, R.M. Rizobactérias antagonistas a *Meloidogyne javanica*. **Magistra**, v.17, n.2, p. 85-95, 2005.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – sexto levantamento, safra 2020/2021**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 02 fev. 2023.

COOLEN, W. A.; D'HERD, A. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **Belgium State Agricultural Research**, p.77, 1972.

COSTA, E. *et al.* Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, v.33, p. 110-118, 2015.

DECREAMER, W.; HUNT, D. J. Structure and Classification. In PERRY, R.N.; MOENS, M. (Eds). **Plant Nematology**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 3-32.

DOSSA, D.; FUCHS, F. Tomate: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundial, brasileiro e paranaense. **Boletim Técnico CONAB**, v. 3, p. 8, 2017.

DRUZHININA, I. S. *et al.* *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, n. 10, p. 749-759, set. 2011.

DUARTE, L. *et al.* Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 148-153, fev. 2011.

EISENBACKE, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. In: NICKLE, W. R. **Manual of Agricultural Nematology**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 191-274.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Cultivar Santa Clara de tomate: características e descrição**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2022. 2p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/tomate-de-mesa/cultivares2>. Acesso em: 10 jan. 2023.

FAN, H., *et al.* Isolation and effect of *Trichoderma citrinoviride* Snf1910 for the biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **BMC Microbiology**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2020.

FAVORETO, L. *et al.* Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de Plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 268 p. Disponível em: <https://nematologia.com.br/files/livros/1.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2023.

FERRAZ, L. C. C. B. Nematoides. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018, p. 195-211.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: AMORIM, L.; KIMATI, H.; BERGAMIM FILHO, A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011, p. 168-199.

FISCHER, I. H. *et al.* Reação de maracujazeiro-amarelo ao complexo fusariose-nematoide de galha. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 223–227, 29 abr. 2010.

FRANZENER, G. **Proteção de tomateiro a *Meloidogyne incognita* pelo extrato aquoso de *Tagetes patula***. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.

FREDERIC, J. B. **Ação de produto biológico na eclosão, mortalidade e na reprodução de *Meloidogyne incognita* no tomateiro**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/44250>. Acesso em: 04 fev. 2023.

FREITAS, L. G. *et al.* Introdução à nematologia. Viçosa: UFV, 2001. 84 p.

FREITAS, M. A. *et al.* Screening *Trichoderma* spp. as potential agents for biocontrol of *Meloidogyne incognita* in sugarcane. **Nematropica**, v. 42, n.1, p. 115-122, 2012.

GENG, C. E. *et al.* A novel serine protease, Sep1, from *Bacillus firmus* DS-1 has nematocidal activity and degrades multiple intestinal associated nematode proteins. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-12, abr. 2016.

- GOMES, A. **Análise da tolerância ao cobalto em *Trichoderma harzianum***. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2021.
- GOU, X.; LI, Y.; ZHANG, S. Eficácia do vírus da poliedrose nuclear de *Heliothis* (HNPV) no controle de nematoides das galhas em culturas de soja e algodão. **Journal of Crop Protection**, v.34, n.2, p.167-182, 2022.
- HALLMANN, J.; KLOPPER J.W.; RODRÍGUEZKÁBANA; R.; SIKORA, R. A. Endophytic rhizobacteria as antagonists of *Meloidogyne incognita* in cucumber. **Phytopathology**, v.85, p. 11-36, 1995.
- HARMAN, G. E.; HERRERA-ESTRELLA, A. H.; HORWITZ, B. A.; LORITO, M. Special issue: *Trichoderma* from basic biology to biotechnology. **Microbiology**, v. 158, n. 1, p. 1-2, jan. 2012.
- HERNANDES-ONATE, M. A. *et al.* Bioprospection of *Trichoderma viride* for plant growth-promoting rhizobacteria and as biocontrol agent against *Phytophthora infestans*. **International Journal of Microbiology**, v. 2018, p. 1-9, 2018.
- HOWELL, C. R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, v.87, p. 4-10, 2003.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Tabela 2 - Área, Produção e Rendimento Médio - Confronto das Safras de 2021 e das Estimativas para 2022 –Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 23/01/2023.
- INSUNZA, V.; ALSTRÖM, S.; ERIKSSON, B. Root-associated bacteria from nematocidal plants and their suppressive effects on nematodes in potato. **Proceedings of the Fifth International PGPR Workshop**, 2000. 224p.
- JAKLITSCH, W. M. European species of *Hypocrea* Part I. The green-spored species. **Studies In Mycology**, v. 63, p. 1-91, 2009.
- JIANG, K. *et al.* Structural and functional insights into the C-terminal fragment of insecticidal Vip3A toxin of *Bacillus thuringiensis*. **Toxins**, v.12, p.438, 2020.
- KARSEN, G.; MOENS, M. Root-knot Nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Eds). **Plant Nematology**. Cambridge: CABI North American Office, 2006. p. 60-90.
- KHAN, R. A. A. *et al.* Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma* spp. against phytopathogenic bacteria and Root-knot nematode. **Microorganisms**, v. 8, n. 3, p. 401, 2018.
- KÜÇÜK, Ç.; KIVANÇ, M. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. **Turkish Journal of Biology**, v. 27, p. 247-253, 2003.

LAREEN, A. *et al.* Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes. **Plant Molecular Biology**, v. 90, n. 6, p. 575-587, jan. 2016.

LIU, H. *et al.* Biocontrol Efficacy of *Bacillus methylotrophicus* TA-1 Against *Meloidogyne incognita* in Tomato. **Plant Disease**, v.0, p. 1-34, 2022. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PDIS-12-22-2801-RE>. Acesso em: 20 fev. 2023.

LOPES, C. A; ÁVILA, A. C. **Doenças do tomateiro**. 21 ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 144p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/778171/1/CNPHDOEN.DOTOMAT.05.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 274-288, dez. 2012.

MATSUMURA, A.T.S. *et al.* Bioformulados a base de *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no controle de nematóides galhadores, na cultura do feijão, em condições de campo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, n. 4, 2008.

NAIKA, S. *et al.* **A cultura do tomate produção, processamento e comercialização**. 1.ed. Wageningen: Fundação Agromisa, 2006. 104p.

NASU, E. Tratamento de sementes de soja e algodão com *Pochonia chlamydosporia* no controle de *Meloidogyne incognita* e histopatologia da inteiração tritrófica. 2013. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. J. H.; CECON, P. R. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p. 240-246, set. 2012.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismo de resistência. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011, p. 417-452.

PEREIRA, B. **Eficiência de nematicidas químicos, bionematicidas e extratos vegetais no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja**. 2020. Dissertação (Doutorado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1228>. Acesso em: 04 fev. 2023.

PEREIRA, R. B., CARVALHO, A. D. F., PINHEIRO, J. B. Diagnose e Controle Alternativo de Doenças em Tomate, Pimentão, Cucurbitáceas e Cenoura. Circular n. 121. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 16p.

PUNJA, Z. K.; UTKHEDE, R. S. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. **Trends in Biotechnology**, v. 21, p.400-407, 2003.

REIS FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 1 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2000. 412p.

SAAVEDRA, T. M.; FIGUEROA, G. A.; CAUIH, J. G. D. Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, p. 1-8, 2017.

SAHEBANI, N.; HADAVI, N. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. **Soil Biol Biochem**, v.40, p. 2016-2020, 2008.

SALVADOR, C. A. **Boletim Semanal – 24/2020: Tomate**. 16 out. 2020. Curitiba: Departamento de Economia Rural, 2020. 8p. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/boletim_semanal_24_deral_16_outubro_2020.pdf. Acesso em: 02 fev. 2023.

SANTOS, A. M. M. *et al.* In vitro parasitism of *Meloidogyne javanica* by nematophagous fungi. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 100602-100616, 2020.

SANTOS, A. R. B. Biocontrole no manejo de *Pratylenchus brachyurus* na soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.3, p.201-210, 2019.

SANTOS, R. *et al.* Avaliação do efeito e dosagens do *Trichoderma endophyticum* no crescimento e produtividade da cultura da soja (*Glycine max*). **Brazilian Journal of Development**, p. 59168-59188, ago. 2022.

SEID, A. *et al.* Tomato (*Solanum lycopersicum*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) – a century-old battle. **Nematology**, v. 17, n. 9, p. 995-1009, 2015.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E. Differential expression of maize chitinases in the presence or absence of *Trichoderma harzianum* strain T22 and indications of a novel exo and endo-heterodimeric chitinase activity. **BMC Plant Biology**, v. 10, n. 1, p. 136, 2010.

SILVA, D. J. H.; VALE, F. X. R. **Tomate: Tecnologia e Produção**. 1 ed. Viçosa: Ed. UFV, v. 1, 2007. 355 p.

SILVA, J. O. ***Meloidogyne incognita* na cultura do tomate: levantamento e manejo com produtos biológicos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2015. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4814>. Acesso em: 04 fev. 2023.

SILVA, J. O. *et al.* Biocontrol agents in the management of *Meloidogyne incognita* in tomato. **Ciência Rural**, v. 47, n. 10, p. 1-7, ago. 2017.

SILVA, L. G. **Desenvolvimento de formulações de *Trichoderma* para uso na promoção de crescimento de plantas e controle de *Sclerotinia sclerotiorum***. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2022.

SONG, Z. Q. *et al.* First Report of *Meloidogyne javanica* Infecting Hemp (*Cannabis sativa*) in China. **Plant Disease**, v. 101, n. 5, p. 842, mai. 2017.

TIHOHOD, D. **Guia Prático para a identificação de fitonematóides**. 1 ed. São Paulo: Ed. FAPESP, 1997.

VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematoides. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. Lavras: Editora Universitária de Lavras, p. 445, 2013.

VOVLAS, N.; MIFSUD, D.; LANDA, B. B.; CASTILLO, P. Pathogenicity of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on potato. **Plant Pathology**, v. 54, n. 5, p. 657-664, out. 2005.

WANG, P. *et al.* Molecular characterization of a novel double-stranded RNA virus infecting the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 10, p. 606-612, 2022.

YADAV, U. Recent trends in nematode management practices: the Indian context. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 12, p. 482-489, 2017.

ZEILINGER, S. *et al.* Friends or foes? Emerging insights from fungal interactions with plants. **Fems Microbiology Reviews**, v. 40, n. 2, p. 182-207, nov. 2016.

ZHAO, D. *et al.* Bt protein hasten entomopathogenic fungi-induced death of nontarget pest whitefly by suppressing protective symbionts. **Science of The Total Environment**, v. 853, p. 158588, 2022.