



TAYNARA AGUIAR SOBREIRA

**EFEITO DO EXTRATO AQUOSO DE *Curcuma zedoaria* NA REPRODUÇÃO DE
Meloidogyne incognita EM TOMATEIRO**

**JI-PARANÁ – RO
2021**

TAYNARA AGUIAR SOBREIRA

**EFEITO DO EXTRATO AQUOSO DE *Curcuma zedoaria* NA REPRODUÇÃO DE
Meloidogyne incognita EM TOMATEIRO**

Artigo apresentado à Banca Examinadora do Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná, como requisito de aprovação para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Me. Marcos Giovane Pedroza de Abreu

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S677 Sobreira, Taynara Aguiar
Efeito do extrato aquoso de *Curcuma zedoaria* na reprodução
de *Meloidogyne incognita* em tomateiro. / Tayanara Aguiar
Sobreira. Ji-Paraná, RO: Centro Universitário São Lucas, 2021.
20 f.

Orientador: Prof. Me. Marcos Giovane Pedroza de Abreu
Artigo Científico – Graduação em Engenharia Agrônômica –
Centro Universitário São Lucas, Ji-Paraná RO, 2021.

1. *Meloidogyne incognita*. 2. *C. zedoaria*. 3. Tomate. 4. Extrato
aquoso. 5. Inoculação. I. Título. II. Abreu, Marcos Giovane
Pedroza de.

CDU 631.8

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

TAYNARA AGUIAR SOBREIRA

**EFEITO DO EXTRATO AQUOSO DE *Curcuma zedoaria* NA REPRODUÇÃO DE
Meloidogyne incognita EM TOMATEIRO**

Artigo apresentado à Banca Examinadora do Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná, como requisito de aprovação para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Me. Marcos Giovane Pedroza de Abreu

Ji-Paraná, 14 de Junho de 2021.
Resultado:

BANCA EXAMINADORA: _____

Orientador
Prof. Me. Marcos Giovane Pedroza de Abreu

Centro Universitário São Lucas

Membro da Banca
Profº. Msc. Celso Pereira de Oliveira

Centro Universitário São Lucas

Membro da Banca
Profº. Me. Alisson Nunes da Silva

Centro Universitário São Lucas

EFEITO DO EXTRATO AQUOSO DE *Curcuma zedoaria* NA REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne incognita* EM TOMATEIRO ¹

Taynara Aguiar Sobreira²
Marcos Giovane Pedroza de Abreu³

RESUMO: O *Meloidogyne* spp. causa prejuízos no tomateiro de US\$125 bilhões/ano no mundo. A *Curcuma zedoaria* é uma planta medicinal que apresenta a molécula etil p-metoxicinamato com propriedades fungistáticas. Avaliou-se o efeito inibitório do extrato aquoso de *C. zedoaria* na reprodução de *M. incognita* em tomate. Transplantaram-se mudas de tomate cv. Santa Clara de 18 dias de idade para vasos de 8 litros com substrato esterilizado e inoculadas com 2400 ovos. Os tratamentos foram: com nematoide e sem extrato (C-E), com nematoide + extrato aplicado quatro dias antes da inoculação (C+E4DAI), C+E aplicado sete dias após a inoculação (C+E 7DDI), C+E aplicado simultaneamente à inoculação (C+E SI), C+E aplicado quatorze dias (C+E 14DDI), testemunhas sem nematoide e sem extrato SN-E e SN+E aplicado no dia da inoculação. Conduziu-se em sete tratamentos com cinco repetições em delineamento inteiramente casualizado. Aos 80 dias após a inoculação as raízes de cada planta foram separadas da parte aérea, lavadas, pesadas e avaliadas quanto ao peso fresco de raiz (PFR), número de galhas (NG), número total de ovos (NO) e fator de reprodução (FR). Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos C+E diferenciaram-se das testemunhas, reduzindo em média 87% dos valores de FR. O NG médio dos tratamentos C+E foi reduzido, havendo diminuição de 80,9% do NG. Com exceção do tratamento C+E4DAI, não houve redução do PFR médio nos demais tratamentos com extrato. O extrato aquoso de *C. zedoaria* diminui a reprodução de *M. incognita* em tomateiro.

Palavras-chave: *Meloidogyne*; Zedoaria; Tomate.

EFFECT OF AQUEOUS EXTRACT OF *Curcuma zedoaria* ON THE REPRODUCTION OF *Meloidogyne incognita* IN TOMATO

ABSTRACT: *Meloidogyne* spp. causes US\$125 billion/year damage to tomato crops worldwide. *Curcuma zedoaria* is a medicinal plant that presents the molecule ethyl p-methoxycinnamate with fungistatic properties. We evaluated the effect of aqueous extract of *C. zedoaria* on *M. incognita* reproduction in tomato. Tomato seedlings cv. Santa Clara, 18 days old, were transplanted into 8 liter pots with sterilized substrate and inoculated with 2400 eggs. The treatments were: with nematode and without extract (C-E), with nematode + extract applied four days before inoculation (C+E4DAI), C+E applied seven days after inoculation (C+E 7DDI), C+E applied simultaneously to inoculation (C+E SI), C+E applied fourteen days (C+E 14DDI), and control without nematode and without extract SN-E and SN+E applied on the day of inoculation. Seven treatments with five repetitions were conducted in an entirely randomized design. At 80 days after inoculation, the roots of each plant were separated from the aerial part, washed, weighed, and evaluated for root fresh weight (RFP), number of galls (NG), total number of eggs (NO), and reproduction factor (RF). Data were subjected to ANOVA and Tukey's test at 5% probability. The C+E treatments differed from the controls, reducing the FR values by 87% on average. The average NG of the C+E treatments was reduced, with an 80.9% decrease in NG. With the exception of C+E4DAI treatment, there was no reduction in average PFR in the other extract treatments. The aqueous extract of *C. zedoaria* decreased the reproduction of *M. incognita* in tomato plants.

Keywords: *Meloidogyne*; Zedoaria; Tomato.

¹Artigo apresentado no curso de graduação em Engenharia Agrônoma do Centro Universitário São Lucas como pré-requisito para conclusão do curso, sob orientação do professor Me. Marcos Giovane Pedroza de Abreu. E-mail: marcos.abreu@saolucasjiparana.edu.br.

² Taynara Aguiar Sobreira, graduanda em Agronomia do Centro Universitário São Lucas 2021. E-mail: tayaguiar.sobreira@gmail.com.

³Marcos Giovane Pedroza de Abreu, professor mestre em Ciências do Solo do Centro Universitário São Lucas 2021. E-mail: marcos.abreu@saolucasjiparana.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das olerícolas mais cultivadas no mundo. Em 2019 a produção mundial foi de 180.766.329 toneladas do fruto, e no Brasil foram produzidas cerca de 3.917.967,00 toneladas, colocando o país na décima posição do ranking mundial da produção de tomate (FAOSTAT, 2019).

Existem várias pragas e doenças que interferem no cultivo do tomateiro. Os nematoides parasitas de plantas estão entre as mais prejudiciais às olerícolas, podendo chegar a perdas de até 30% da produção de tomate (NAIKA et al., 2006). De acordo com Sasser e Freckman (1987), os fitonematoides causam perdas na produtividade que podem chegar a US\$ 125 bilhões/ano.

As plantas infestadas por nematoides apresentam galhas por todo o sistema radicular, folhas com aspecto clorótico, desfolhamento, murchamento e, consequentemente, a diminuição no potencial produtivo, devido à interferência na absorção de água e nutrientes (FERRAZ et al., 1995).

Dentre os vários gêneros de fitonematoides que parasitam o tomateiro, o nematoide-das-galhas, *Meloidogyne incognita*, é a espécie que mais causa danos em hortaliças, possuindo ampla diversidade de hospedeiros, sendo as solanáceas como o pimentão, jiló, berinjela e tomate, as mais suscetíveis. (PINHEIRO, 2019).

No manejo de áreas produtoras infestadas pelo nematoide-das-galhas se utilizam vários métodos, destacando-se o controle genético, biológico, rotação de culturas, uso de plantas antagonistas, e em último caso, o controle químico (PINHEIRO, 2014). No mercado há vários híbridos de tomate resistentes a nematoides, porém os do grupo Santa Cruz, em grande parte, são suscetíveis ao *Meloidogyne incognita*, como por exemplo, o híbrido Santa Clara, muito difundido no mercado (EMBRAPA, 2019).

O manejo pelo o método químico, entretanto, possui efeito controle temporário (FILGUEIRA, 2013) propiciando em curto espaço de tempo a ressurgência do nematoide no solo, além de necessitar de várias aplicações de nematicidas e ocasionando no aumento do custo de produção. Além disso, elevam-se os riscos a saúde humana e impactos gerados ao meio ambiente devido à toxicidade da maioria dos produtos disponíveis (VIDA et al., 2004).

Dentre os métodos alternativos no controle de fitonematoides, as substâncias bioativas de extratos vegetais com propriedades nematicidas e nematostáticos tem

sido objeto de estudo, para que possam ser usadas no manejo. Gardiano (2006) avaliou tinturas extraídas de plantas guiné, hortelã, girassol, nim, erva de bicho, cinamomo e confrei, e observou que o extrato dessas tinturas, ao serem pulverizadas na parte aérea de plantas de tomate infectadas com *M. javanica*, obteve cerca de 90% de mortalidade. Mioranza et al. (2016) estudando o extrato do rizoma de *Curcuma longa*, observou que nas concentrações de 15% promoveu mais de 90% de mortalidade em *M. incognita*, comprovando-se que o extrato desta espécie apresenta efeitos nematicidas.

O Falso-Açafrão (*Curcuma zedoaria*) é uma planta medicinal que apresenta em sua composição química a molécula etil p-metoxicinamato, conhecida por possuir propriedades fungistáticas (GUPTA e BANERJEE, 1976). Sabendo-se do potencial de extratos vegetais no controle de nematoides, foi objetivo deste trabalho avaliar o efeito do extrato aquoso de rizomas de *Curcuma zedoaria* em diferentes épocas de aplicações no controle de *Meloidogyne incognita* em segundo estágio (J2) em tomateiro sob condições de casa de vegetação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TOMATEIRO (*Solanum lycopersicum*)

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das olerícolas mais cultivadas no mundo. Em 2019 a produção mundial foi de 180.766.329 toneladas do fruto, e no Brasil foram produzidas cerca de 3.917.967,00 toneladas, colocando o país na décima posição do ranking mundial da produção de tomate (FAOSTAT, 2019). O cultivo do tomateiro tem como objetivo duas formas de exploração pelo mercado, seja o fruto destinado ao consumo in natura ou para a indústria, sendo transformado em molhos, polpas concentradas e derivados (QUEZADO-DUVAL et al., 2018; CAMARGO & CAMARGO, 2017).

No Brasil, a produção de tomate industrial se concentra em Goiás, São Paulo e Minas Gerais (TREICHEL et. al., 2016). Embora a região sudeste detenha maior área plantada, o estado de Goiás ganha destaque no cultivo de tomate, representando 31,65% da produção de tomate no país (IBGE, 2020). Esse estado possui vantagens para que a produção seja tão elevada, apresentando solos

profundos e bem drenados, clima seco nos meses de março a setembro, além da topografia plana e o uso de alto nível tecnológico (SILVA et al., 2003; SILVA-JUNIOR, 2015).

O crescimento da produção mundial de tomate demonstra a importância econômica dessa olerícola. Com a maior atuação das mulheres no mercado de trabalho, houve a necessidade de transformar esse fruto em produtos processados que auxiliam no preparo rápido de alimentos (DIEESE, 2010). Além disso, a exigência do mercado consumidor por alimentos saudáveis aumentou a procura pelo produto fresco, tendo em vista que o tomate possui altos teores de vitamina A e C e a presença de licopeno (CARVALHO & PAGLIUCA, 2007).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGENTE E DA DOENÇA

Existem várias pragas e doenças que interferem no cultivo do tomateiro. Os nematoides parasitas de plantas estão entre as mais prejudiciais, podendo chegar a perdas de até 30% da produção de tomate (NAIKA et al., 2006). Os fitonematoídes causam perdas na produtividade de várias culturas que podem variar de US\$ 125 bilhões a US\$157 bilhões/ano (SASSER & FRECKMAN, 1987; YOUSSEF et al., 2013), só no Brasil, essas perdas custam cerca de R\$ 35 bilhões (MACHADO, 2015).

Os nematoides são organismos pertencentes ao filo nematoda. São vermes cilíndricos, que habitam em meio aquático e entre as partículas de solo, com hábitos alimentares que podem ser classificados em três grupos: nematoides de vida livre, zooparasitas; parasitas de animais e os parasitas de plantas, mais conhecidos como fitonematoídes (FERRAZ & BROWN, 2016).

A primeira descrição de um nematoíde das galhas foi relatada por Berkeley, em 1855, em um experimento observando galhas em raízes de pepinos (HUNT & HANDOO, 2009). Dentre os fitonematoídes que causam prejuízos à agricultura, os do gênero *Meloidogyne* spp. ganham destaque pela ampla distribuição geográfica e variedade de hospedeiros. São parasitas obrigatórios, móveis no solo e a fase do ciclo que infectam as plantas é no segundo estágio juvenil (J2) (PINHEIRO, 2015).

As raízes infestadas por nematoides apresentam galhas por todo o sistema radicular, indicando a presença da fêmea, que estabelece sítios de alimentação nas células das raízes, e que posteriormente desenvolve a hiperplasia celular ao redor

desse sítio. Na lavoura surgem reboleiras que expressam a desuniformidade no crescimento das plantas, com aspecto clorótico, desfolhamento, murchamento e, conseqüentemente, a diminuição no potencial produtivo, devido à interferência do nematoide na absorção de água e nutrientes. Além disso, o volume do sistema radicular é diminuído (FERRAZ et al., 1995; AMORIM et al., 2018).

No gênero *Meloidogyne* spp., a espécie *M. incognita* é a que mais causa prejuízos em diversas culturas. Segundo Singh et al, (2013), o *Meloidogyne incognita* é um endoparasita sedentário obrigatório que afeta o desenvolvimento de mais de 100 espécies de plantas, e está presente em todos os continentes do mundo, possuindo ciclo de vida entre 20-25 dias e em temperaturas que variam entre 28° a 30° C. A disseminação desses fitonematoides ocorre por meio de material propagativo, solo e implementos agrícolas contaminados (FERREIRA, 2018).

O ciclo do *M. incognita* consiste em quatro estágios, sendo J1 (estágio larval 1, dentro do ovo), J2 (estágio larval 2, migratório), J3 (estágio larval juvenil 3, sedentário), J4 (estágio larval 4, sedentário) e estágio adulto (sedentário). Os J2 migram para as raízes da planta, atraído pelos exsudados das raízes, penetrando-as. Após a infecção, na fase de J4 ocorre a diferenciação do adulto em fêmea ou macho. A fêmea possui forma globosa e se alimenta dos tecidos vegetais e o macho recupera a motilidade e deixa a raiz. Ao fim do ciclo a fêmea deposita fora da raiz entorno de 500 a 1.000 ovos (BERNARD et al., 2017; SIKANDAR et al., 2020; PINHEIRO, 2014).

2.3 CONTROLE DE *Meloidogyne incognita*

No manejo de áreas produtoras infestadas pelo nematoide-das-galhas se utilizam várias práticas de manejo de forma integrada, destacando-se o controle genético, biológico, rotação de culturas, uso de plantas antagonistas, e em último caso, o controle químico (PINHEIRO, 2014). Porém cada método apresenta limitações. No mercado há vários híbridos de tomate resistentes a nematoides, porém os do grupo Santa Cruz em grande parte são suscetíveis ao *Meloidogyne*, como por exemplo, o híbrido Santa Clara, muito difundido no mercado (EMBRAPA, 2019).

A rotação de culturas é um método que tem sido desafiador, pela existência de quatro raças de *Meloidogyne incognita*, diminuindo a quantidade de espécies de plantas não hospedeiras (INOMOTO & ASMUS, 2009; PINHEIRO, 2014). Para o controle do nematoide das galhas, estudos recomendam utilizar espécies como *Crotalaria spectabilis*, *C. grantiana*, *C. mucronata*, *C. paulinea*, *Mucuna preta*, *Mucuna cinza* ou nabo forrageiro para redução populacional das espécies de *M. incognita*. Várias gramíneas forrageiras não são hospedeiras, favorecendo o uso a integração lavoura-pecuária como estratégia de manejo, porém as plantas daninhas devem ser controladas, pois algumas são fontes de inoculo (GRIGOLLI & ASMUS, 2014; BERNARD et al., 2017).

A resistência genética também é uma técnica utilizada no manejo integrado de pragas e doenças, sendo muito eficaz para o tomateiro, pois há diversas cultivares que apresentam genes de resistência para as várias espécies de *Meloidogyne* spp. e para as raças de *M. incognita*. Porém necessitam da associação a outras práticas de manejo como o uso de mudas certificadas, implementos descontaminados, controle de plantas daninhas, e a rotação de culturas (PINHEIRO, 2014).

A redução do uso de defensivos químicos no controle de fitonematoides tem despertado a atenção para pesquisa de métodos alternativos de controle. Uma técnica eficaz para o manejo de nematóides compreende na utilização e desenvolvimento de cultivares resistentes em programas de melhoramento genético (BERNARD et al., 2017). O controle pelo método químico, entretanto, possui efeito controle temporário (FILGUEIRA, 2013) propiciando em curto espaço de tempo a ressurgência do nematoide no solo.

Diante disso, são necessárias várias aplicações de nematicidas, ocasionando no aumento do custo de produção. Além disso, os nematicidas químicos possuem alta toxicidade, persistência no solo e afetam de forma negativa os organismos benéficos do solo (CONCEIÇÃO, 2019), além de elevar os riscos a saúde humana e impactos gerados ao meio ambiente devido à toxidade da maioria produtos disponíveis (VIDA et al., 2004), sendo, portanto, estimulado a adoção de métodos de controle menos agressivos. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os nematicidas registrados para a cultura do tomate,

atualmente, são: Abamectina, fenamifós, fluensulfona e metam-sódico. (AGROFIT, 2021).

2.4 CONTROLE DE *Meloidogyne incognita* COM A UTILIZAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS

Dentre os métodos alternativos no controle de fitonematoides, as substâncias bioativas de extratos vegetais com propriedades nematicidas e nematostáticos estão sendo estudadas, para que possam ser usadas no manejo em substituição aos defensivos químicos (CONCEIÇÃO, 2019).

De acordo com Marques (2005), extratos vegetais são preparações líquidas ou em pó obtido a partir da retirada dos princípios ativos das plantas por diversas metodologias. O metabolismo vegetal consiste em duas classes: metabolismo primário e secundário. O primário está relacionado a compostos que a planta produz para que ela desenvolva as atividades vitais, como desenvolvimento e manutenção das células. Em contrapartida, existem os metabólitos secundários que consiste em substâncias químicas que não estão associadas às funções vitais da planta (CORRÊA, 2015).

Diversos trabalhos científicos com extratos de vegetais demonstram que as plantas são fontes promissoras de metabólitos secundários bioativos, que possuem potencial de atuar como inseticidas, fungicidas e nematicidas. Substâncias como azadiractina, salanina, nimbina, desacetilnimbina, saponinas, ácidos lantoicos, são metabólitos secundários que podem apresentar efeito nematicida (FERREIRA, 2018; CORRÊA, 2015; CHITWOOD, 2002)

Gardiano (2006) avaliou tinturas extraídas de plantas guiné, hortelã, girassol, nim, erva de bicho, cinamomo e confrei, e observou que o extrato dessas tinturas, ao serem pulverizadas na parte aérea de plantas de tomate infectadas com *M. javanica*, obteve cerca de 90% de mortalidade. Mioranza et al. (2016) estudando o extrato do rizoma de *Curcuma longa*, observou que nas concentrações de 15% promoveu mais de 90% de mortalidade em *M. incognita*, comprovando-se que o extrato desta espécie apresenta efeitos nematicidas.

A *Curcuma zedoaria*, popularmente conhecida como falso-açafrão ou “gajitsu”, é uma planta herbácea, aromática e perene, pertencente à família Zingiberaceae. Essa espécie é nativa do sul e sudeste da Ásia, mas também é

cultivado na China, Japão e no Brasil (ALMEIDA, 2012). Rica em óleos essenciais, as propriedades terapêuticas dessa planta tem sido alvo de pesquisas, devido à ampla utilização na medicina popular e tradicional (MELLO, 2000). Além disso, espécies de plantas medicinais, como *Curcuma zedoaria*, têm sido estudadas como potenciais portadoras de moléculas de interesse para o controle de fitopatógenos. (COSTA, 2018).

As folhas de *C. zedoaria* são grandes, oblíquo-lanceoladas reunidas na base, flores pequenas dispostas em espigas compridas e com brácteas côncavas verde-pálidas, e as flores superiores possuem coloração rósea. Apresenta um rizoma principal, arredondado com ramificações secundárias laterais, compridas e tuberizadas. Crescem agrupados no solo, organizados em uma estrutura denominada “mão”, em que os rizomas menores são denominados “dedos”, e a partir dessa estrutura surgem às raízes adventícias. A forma de reprodução se dá através dos rizomas, que devem ser colhidos após a floração, porém podem ser reproduzidas através da micropropagação (MELLO, 2000; VASCONCELLOS, 2016; ALMEIDA, 2012).

Gupta et al. (1976) estudando *Curcuma zedoaria*, isolaram a molécula etil p-metoxicinamato, conhecida por possuir propriedades fungistáticas, inibindo o crescimento de espécies como *Trichophyton rubrum*, *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Epidermophyton floccosum*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium purpurogenum*, *Trignoposis variabilis*, *Microsporum gypseum*, *Sclerotium rolfsii*, *Geotricular candiade*, *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium oryzae*, *Candida krusei* e *Trichophyton mentagrophytes*. Pamplona (2006) estudando o perfil fitoquímico e biológico de *Curcuma zedoaria*, verificou que além de curcumenol e deidrocurdiona, existe outro composto nos rizomas de *C. zedoaria* que possui atividade biológica.

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação “modelo capela”, revestida com filme plástico anti-UVB de 120 microns com ventilação frontal e lateral nas dependências do Centro Universitário São Lucas (UNISL), no município de Jiparaná-RO.

Os rizomas de *Curcuma zedoaria* foram coletados em propriedade privada no município de Ji-Paraná/RO. Para obtenção do extrato, triturou-se os rizomas em liquidificador com água destilada esterilizada (20 gramas de cúrcuma/L de água) e em seguida filtrado esse triturado em papel de filtro qualitativo (poro de 11 µm), conforme metodologia de Stangarlin (1999). O extrato aquoso foi preparado sempre nos mesmos dias de sua aplicação nos vasos. Cada vaso foi irrigado com 200mL do extrato aquoso (20%) e nas testemunhas sem extrato apenas 200mL de água destilada estéril.

O inóculo de *M. incognita* (Est I2) foi multiplicado em tomateiro cv. Santa Clara cultivados em vasos. Na instalação do experimento as mudas de tomateiro cv. Santa Clara foram transplantadas com 18 dias de idade para vasos de 8 litros preenchidos com solo esterilizado nas proporções 3:2:1 (solo: areia: composto orgânico). A suspensão de ovos + juvenis de segundo estágio (J2) de *M. incognita* (Est I2) usado na inoculação foram extraídas a partir da raízes de tomateiros pelo método de Coolen & D'herde (1972). A concentração de ovos + J2 de *M. incognita* foi contabilizada sob câmara de Peters em microscópio óptico e calibrada para se inocular uma suspensão de 10ml contendo 2.400 ovos + J2/vaso, conforme metodologia de Alfenas & Mafia, 2016.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por sete tratamentos e cinco repetições, sendo estes: com nematoide e sem extrato (C-E), com nematoide + extrato aplicado quatro dias antes da inoculação (C+E4DAI), C+E aplicado sete dias após a inoculação (C+E 7DDI), C+E aplicado simultaneamente à inoculação (C+E SI), C+E aplicado quatorze dias após a inoculação (C+E 14DDI), testemunhas sem nematoide e sem extrato SN-E e SN+E aplicado no dia da inoculação. Em todos os tratamentos com aplicação do extrato, utilizou-se a concentração de 20%. A aplicação do extrato foi realizada semanalmente até o fim do experimento, totalizando nove aplicações. Nos tratamentos C-E e SN-E, foi aplicada água destilada esterilizada nos dias de aplicação.

Decorridos 80 dias após a inoculação (DAI), as raízes de cada planta foram separadas da parte aérea, lavadas, pesadas e avaliadas quanto ao peso fresco de raiz (PFR), número de galhas (NG), número total de ovos (NO) e fator de reprodução do nematoide, calculado a partir da equação: $FR = \text{população final} / \text{população inicial}$

Estimou-se a população final (Pf) pela contagem em lâmina de Peters, utilizando microscópio óptico. Após a contagem, realizou-se o cálculo dos fatores de reprodução ($FR = Pf / Pi$). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e mediante constatação de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA) demonstrou que houve efeito significativo dos tratamentos com extrato de *C. zedoaria* (tabela 1). Os tratamentos C+E diferenciaram-se das testemunhas, reduzindo em média 87% dos valores de FR comparado ao tratamento C-E (FR=23,88), com hierarquização dos menores valores de FR em C+E SI (FR=1,24), C+E4DAI (FR=1,92), C+E 14DDI (FR=4,16), C+E 7DDI (FR=5,20). Já os tratamentos SN-E e SN+E, ambos sem inoculação de nematoides obtiveram FR=0, o que era esperado.

Tabela 1: Médias do peso fresco da raiz (PFR), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR) de *Meloidogyne incognita* (Est J2) em tomateiros irrigados sob diferentes épocas com extrato aquoso de *Curcuma zedoaria* aos 80 DAI de 2400 ovos do nematoide/planta.

Tratamento	PFR*	NG*	FR*
C-E	19,38 ab	728,6 a	23,88 a
C+E4DAI	16,43 b	203,7 b	1,92 b
C+E 7DDI	28,43 ab	120,0 b	5,20 b
C+E SI	24,60 ab	123,0 b	1,24 b
C+E 14DDI	28,91 ab	110,0 b	4,16 b
SN-E	24,84 ab	0 b	0 b
SN+E	30,19 a	0 b	0 b
C.V. (%)	22,41	119,16	167,9

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora os resultados relacionados ao fator de reprodução dos tratamentos com extrato não diferir entre si estatisticamente, os tratamentos (C+E SI) e (C+E4DAI) possuem as maiores porcentagens de redução desta variável, sendo de 94,8% e 92%, respectivamente. Isso deve ter ocorrido pelo fato da inoculação ter acontecido simultaneamente à aplicação do extrato (C+E SI), o composto reagia nos nematoides, impedindo que grande parte dos J2 de penetrassem na raiz da planta ou diminuindo a motilidade da maioria dos J2.

Moreira & Ferreira (2015) observaram que as substâncias bioativas existentes nos exsudados radiculares de *Tagetes patula* incorporado ao solo, ocasionou na

redução de 88% da reprodução de *Meloidogyne enterolobii*. Os dados podem ser comparados também com os encontrados por Franzener, (2007) ao utilizar o extrato de flor de *Tagetes patula* (50%) aplicados em plantas de tomate infectadas com *Meloidogyne incognita*, obtendo redução em aproximadamente 57,04% do fator de reprodução comparados à testemunha.

Marques (2020) usando óleo essencial de pequi *Cariocar Brasiliense*, observou efeito positivo no controle de J2 de *Meloidogyne javanica*, mas obteve melhor destaque usando a concentração de 16 mg L⁻¹ levando a mortalidade de 82% dos juvenis. Lopes (2017) utilizou extrato de folhas de barbatimão, *Stryphnodendron adstringens* e obteve-se uma taxa de 80% de mortalidade de J2 de *Meloidogyne javanica*.

Mioranza et al. (2016) avaliando o efeito do extrato de *Curcuma longa* sobre *M. incognita* in vitro, observaram que na concentração de 1%, o extrato possui atividade nematicida mais lenta, porém antes de afetar a sobrevivência do patógeno, o nematoide pode apresentar-se mais agitado na presença do extrato. Müller et al. (2014) estudando o extrato aquoso de Alecrim (*Salvia rosmarinus*) obtiveram na concentração de 10% paralização de 97,94% dos J2 evidenciando o efeito nemostático desse extrato.

No tratamento C+E aplicado quatro dias antes da inoculação (C+E4DAI) (Tabela 1), o extrato estava presente no solo atrasando a penetração do patógeno nas raízes e com a aplicação semanal, o solo sempre disponibilizava os compostos de *C. zedoaria* com a ação nematicida. A ação supressiva sobre fitonematoides pode ser atribuída à presença de compostos nematicidas presente nos rizomas como a curcumina, nimbina, azadiractina dentre outros metabólitos secundários (FERREIRA, 2018).

O número de galhas médio dos tratamentos C+E foi reduzido (NGmédio=139,18) comparado a C-E (NGmédio=728,6) (Tabela 1), havendo diminuição de 80,9% do NG. Coltro-Roncato et al., (2017) ao avaliar a aplicação via solo do extrato de *Crambe abyssinica* em tomates infectados por *M. incognita*, obteve redução de 100% das galhas, e explica que para o efetivo controle, deve-se aplicar o extrato semanalmente até ao fim do cultivo, devido à volatilização dos compostos ativos, afetando os mecanismos de ação.

Além disso, de acordo com Lopes et al., (2005) os microrganismos presentes no solo podem afetar a estabilidade dos compostos resultando na degradação rápida do extrato no solo. Franzener, et al., (2007) verificaram que o extrato aquoso de *Tagetes patula* reduziu em 62,2% o número de galhas, em 61,5% o número de juvenis no solo. Produtos que possuem efeito sobre a motilidade de *M. incognita* podem ocasionar redução no número de nematoides que penetram nas raízes e, conseqüentemente, redução em outras variáveis, como o número de galhas, influenciando também fatores de produção (MÜLLER et al., 2014).

Com exceção do tratamento C+E4DAI, não houve redução do PFR médio nos demais tratamentos com extrato (PFR_{médio}=25,71) (Tabela 1), comparado a SN+E e SN-E. Trabalhando com aplicação de extrato aquoso de várias espécies vegetais, Gardiano et al., (2009) observou que ao usar o extrato das folhas de Hortelã em *M. javanica*, reduziu 75,60% do número de galhas, porém o peso fresco das raízes obtinha valor menor que a testemunha. De acordo com Ferraz & Monteiro, (1995) plantas com elevado grau de infecção por *Meloidogyne* possui sistema radicular com volume reduzido.

No presente estudo, foi observado que os tratamentos sem o extrato de *C. zedoaria*, as raízes das plantas apresentavam-se com volume e peso menor devido à infestação do nematoide nas raízes. Gardiano et al., (2010) avaliando a atividade nematicida do extrato de sementes de *Crotalaria breviflora* e *C. spectabilis*, observaram que o extrato promoveu o aumento em 38,1 e 56% na massa das raízes, respectivamente.

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que o extrato aquoso de *Curcuma zedoaria* diminui a reprodução de *Meloidogyne incognita*, apresentando propriedades nematicidas, servindo como alternativa no controle do nematoide-das-galhas, sendo os melhores tratamentos C+E SI: com extrato aplicado simultaneamente à inoculação e C+E4DAI: extrato aplicado quatro dias antes da inoculação. Porém, estudos devem ser realizados com o intuito de isolar e estudar as moléculas com potencial nematicida dessa planta, de forma a gerar informações sobre o mecanismo de ação desses compostos em questão, visto que são escassas as informações sobre a ação dos compostos bioativos de *Curcuma zedoaria* sobre os nematoides.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. V.1.5.ed. Ouro Fino - MG: Ceres, 2018.
- AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 mar. 2021.
- ALMEIDA, M.C. Efeitos do processamento por radiação em espécies da família Zingiberaceae: **Açafrão (*Curcuma longa* L.), Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) e Zedoária (*Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe)** Dissertação (Mestrado em ciências na área de tecnologia nuclear) Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, 2012.
- ALFENAS, A.C. & MAFIA, R.G. **Métodos em fitopatologia**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2016.
- BRITO, L.; MELO, L. **A produção mundial e brasileira de tomate**. Goiânia: DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, 2010. Disponível em: <http://www.dieese.org.br/projetos/informalidadeestudoSobreAproducaoDeTomateIndustrialNoBrasil.pdf>. Acesso em: 23 mar.2021.
- BERNARD, G. C.; ENGIN, M.; BONSI, C. 2017. The Impact of Plant-Parasitic Nematodes on Agriculture and Methods of Control. In: **Mohammad Manjur Shah, M. M.; Mahamood, M.** (Ed.). **Nematology: Concepts, Diagnosis and Control**. London, IntechOpen: 121–151. doi: 10.5772/intechopen.68958.
- CAMARGO, F.P. & CAMARGO FILHO, W.P. Desenvolvimento da cadeia produtiva do tomate industrial no Brasil: antecedentes históricos e contribuições do governo para a organização. SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável. **Projeto LUPA: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo**. São Paulo: SAA: IEA: CDRS, 2017.
- CARVALHO, J.L. & PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. **Hortifruti Brasil**. Julho, 2007.
- CONCEIÇÃO, A.D.P. **Ação de extratos vegetais no controle *in vitro* de nematoide das galhas**. Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Sertão Pernambucano Campus Petrolina zona rural, 2019.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agricultural Research Center, 1972 77p.
- CORRÊA, J.A.M. **Estudo químico de extratos de plantas da família Solanaceae com atividade a fungos fitopatogênicos**. Dissertação (Doutorado em Microbiologia Agrícola) Universidade de São Paulo, 2015.

CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control 1. **Annual review of Phytopathology**, 40(1):221-249, 2002.

COSTA, S.C.T. **Fungos endofíticos e extratos vegetais no controle alternativo da mancha-alvo do tomateiro**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) Universidade Federal do Amazonas, 2018.

COLTRO-RONCATO, S.; STANGARLIN, J.R. KUHN, O.J.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; et al. Controle de *Meloidogyne incognita* em tomateiro pelo extrato de crame em diferentes formas de aplicação. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 44, n. 3, p. 261-266, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura do tomate**. Embrapa Hortaliças, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/tomate-de-mesa/cultivares2>. Acesso em: 05 mar. 2021.

FAOSTAT. **Plantações**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Disponível em: www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize. Acesso em 05 mar. 2021.

FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R. Nematóides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. Vol.1. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1995. Cap.8, p.168-201.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2013.

FERRAZ, L.C.C.B. & BROWN, D.J.F. **Nematologia de plantas**: fundamentos e importância. Manaus: Norma Editora, 2016.

FERREIRA, A.A. **Extratos aquosos radiculares de plantas da família Solanaceae exibindo atividade nematotóxica no controle de *Meloidogyne incognita***. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) Universidade de Brasília, 2018.

FRANZENER, G.; MARTINEZ-FRANZENER, A.S.; STANGARLIN, J.R.; FURLANETTO, C.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Proteção de Tomateiro a *Meloidogyne incognita* pelo extrato aquoso de *Tagetes patula*. **Nematologia Brasileira**. Vol. 31. p. 27-36, 2007.

GARDIANO, C. G. **A atividade nematicida de extratos aquosos e tinturas vegetais sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949**. Tese (Magister Scientiae em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

GARDIANO, C.G.; FERRAZ, S.; LOPES, E.A.; FERREIRA, P.A.; AMORA, D.X.; FREITAS, L.G. Avaliação de extratos aquosos de várias espécies vegetais, aplicados ao solo, sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. **Ciências Agrárias**, vol. 30, núm. 3, p. 551-556, 2009.

GARDIANO, C.G.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; LOPES, E.A.; ZOOCA, R.J.F.; FERRAZ, S.; FREITAS, L.G. Atividade nematicida de extratos de sementes de espécies de *Crotalaria* sobre *Meloidogyne javanica*. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas** Vol. 4, n. 1, pág. 3-7, 2010.

GUPTA, S.K. & BANERJEE, A.B. **Isolation of ethyl p-metoxycinnamate, the major antifungal principle of Curcuma zedoaria.** Lloydia, 39(4): 318-22, 1976.

GRIGOLLI, J.F.J. & ASMUS, G.L. Manejo de Nematoides na Cultura da Soja. In: LOURENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J.F.J.; MELOTTO, A.M.; GITTI, D.C.; ROSCOE, R. **Tecnologia & Produção: Soja 2013/2014.** Cap. 9. Curitiba: Midiograf, 2014.

HUNT, D. J.; HANDOO, Z. A. Taxonomy, identification and principal species. In: **Root-knot Nematodes.** PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (eds.). CABI International, Cambridge, MA, USA: 1-17, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE:** Levantamento sistemático da produção agrícola, estatística da produção agrícola. Setembro, 2020.

INOMOTO, M.M. & ASMUS, G.L. Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematóides. **Visão Agrícola.** 9.ed. p. 112-116, 2009.

LOPES, E.A.; FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; FERREIRA, P.A.; AMORA, D.X. Efeito dos extratos aquosos de Mucuna Preta e de Manjerição sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira.** Vol 29. p. 67-74, 2005.

LOPES, L.N.S. **CONTROLE DE *Meloidogyne javanica*: EFEITO in vitro DE EXTRATOS DE PLANTAS NATIVAS DO CERRADO.** Dissertação (Bacharelado em Agronomia) Instituto Federal Goiano, 2017.

MIORANZA, T.M.; MÜLLER, M.A.; INAGAKI, A.M.; FUCHS, F.; COLTRO-RONCATO, S.; STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J. Potencial nematicida e nematostático do extrato de *Curcuma longa* sobre *Meloidogyne incognita*. **Revista Ciências Agroambientais**, v.14, n.1, p.104-109, 2016.

MACHADO, A.C.Z.; Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio Brasileiro. **Revista Agrícola.** Disponível em: <http://www.ragricola.com.br/ataques-de-nematoides-custam-r-35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

MARQUES, A.A. **Atividade nematicida do óleo essencial da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) no controle de *Meloidogyne javanica*.** Dissertação (Bacharelado em Agronomia) Instituto Federal Goiano, 2020.

MELLO, M.O.; AMARAL, A.F.C.; MELO, M. Quantificação da micropropagação de *Curcuma zedoaria* ROSCOE. **Scientia Agricola.** V.57, n.4, p. 703-707, 2000.

MARQUES, L.C. Preparação de extratos vegetais. **Jornal Brasileiro de Fitomedicina.** V.3, n.2, p. 74-76, 2005.

MOREIRA, F.J.C. & FERREIRA, A.C.S. Controle alternativo de Nematóide das galhas (*Meloidogyne enterolobii*) com cravo de defunto (*Tagetes patula* L.), incorporado ao solo. **Holos.** Ano 31, Vol. 1. p. 99-110, 2015.

MÜLLER, M.A.; MIORANZA, T.M.; FUCHS, F.; BATTISTUS, A.G.; STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J. Mortalidade e Motilidade de *Meloidogyne incognita* em extrato

aquoso de alecrim. **Scientia Agraria Paranaensis**. Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. suplemento, dez., p. 343-346, 2014.

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

PINHEIRO, J. B. **Árvore do conhecimento: nematóides**. Embrapa Hortaliças, 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0k9bx902wx5ok0liq1mqut1365k.html>. Acesso em: 05 mar 2021.

PINHEIRO, J.B.; PEREIRA, B.P.; SUINAGA, F.A. Manejo de nematoides na cultura do tomate. **Circular técnica, 132**. Ed 1, p. 1-12, 2014.

PINHEIRO, J.B.; PEREIRA, B.P.; SUINAGA, F.A. Nematoides na cultura da batata. **Circular técnica, 143**. Ed 1, p. 1-12, 2015.

PAMPLONA, C.R. **Perfil fitoquímico e biológico de diferentes partes da *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe, (ZINGIBERACEAE) em relação à variação sazonal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Universidade do Vale do Itajaí, 2006.

QUEZADO-DUVAL, A.M.; TEIXEIRA, A.O.; MEGGUER, C.A.; SILVA, C.J.; PONTES, N.C.; BASÍLIO, E.E. Desempenho agrônomo e de qualidade de frutos de híbridos de tomate para processamento industrial sob irrigação subterrânea. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 160**. 1.ed. Brasília, 2018.

SASSER, J.N. & D.W. FRECKMAN. 1987. **A world perspective on nematology; the role of the society**. In: VEECH, J.A. & D.W. DICKSON (ed). Vistas on Nematology. Society of Nematologists, DeLeon Springs (FL) EUA, p. 7-14.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L.S.; FRANÇA, F.H.; BÔAS, G.L.V.; BRANCO, M.C.; MEDEIROS, M.A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W.L.C.; LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C.; NASCIMENTO, W.M.; PEREIRAI, W. **Cultivo do tomate para industrialização**. Embrapa Hortaliças: sistemas de produção, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/index.htm>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SILVA-JUNIOR, A.R.; RIBEIRO, W.M.; NASCIMENTO, A.R.; SOUZA, C.B. Cultivo do tomate industrial no Estado de Goiás: Evolução das áreas de plantio e produção. **Conjuntura Econômica Goiana**. ed nº 48, p. 97-110, 2015.

SINGH, S. K.; HODDA, M.; ASH, G. J.; & BANKS, N. C. Plant-parasitic nematodes as invasive species: characteristics, uncertainty and biosecurity implications. **Annals of Applied Biology**. Austrália, 2013.

SIKANDAR, A.; ZHANG, M.Y.; WANG, Y.Y.; ZHU, X.F.; LIU, X.Y.; FAN, H.Y.; XUAN, Y.H.; CHEN, L.J.; DUAN, Y.X. Review article: *Meloidogyne Incognita* (Root-Knot Nematode) a risk to agriculture. **Applied Ecology and Environmental Research** 18(1),1679- 1690. doi:10.15666/aeer/1801_16791690.

STANGARLIN, J. R., SCHWAN-ESTRADA, K. R. F., CRUZ, M. D. S., & NOZAKI, M. H. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. v. 11, n. 3, p. 16-21, 1999.

TREICHEL, M. et al. **Anuário Brasileiro do Tomate 2016**. ed. 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L. TESSMAN, D.J.; BRANDÃO FILHO, T.; VERZIGNASSI, J.R.; CAIXETA, M.P. Manejo de Doenças de Plantas em Cultivo Protegido. **Fitopatologia Brasileira**, n. 4, v. 29, p. 355-372, 2004.

VASCONCELLOS, G.M. **Potencial alelopático de rizomas de *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe cultivados em condições de deficiência hídrica**. Universidade Estadual Paulista, 2016.

YOUSSEF, R.M.; KIM, K.H.; HAROON, S.A.; MATTHEWS, B.F. Post-transcriptional gene silencing of the gene encoding aldolase from soybean cyst nematode by transformed soybean roots. **Experimental Parasitology**. 2013.