

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

ALEX SILVA LIMA

**MANEJO POPULACIONAL DE *Meloidogyne
incognita* EM CAFÉ CONILON**

São Mateus – ES

Abril de 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**MANEJO POPULACIONAL DE *Meloidogyne
incognita* EM CAFÉ CONILON**

ALEX SILVA LIMA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito Santo,
como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Agricultura
Tropical, para a obtenção do título de
mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Barreto da Silva

São Mateus – ES

Abril de 2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

L732m Lima, Alex Silva, 1997-
Manejo de Meloidogyne incognita em café conilon / Alex Silva Lima. - 2022.
43 f.

Orientador: Marcelo Barreto da Silva.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Meloidogyne incognita. 2. Café conilon. I. Silva, Marcelo Barreto da. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

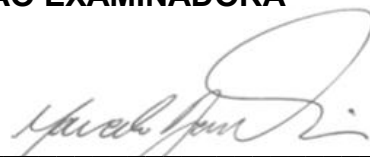
ALEX SILVA LIMA

**MANEJO POPULACIONAL DE *Meloidogyne incognita* EM
CAFÉ CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 28 de abril de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcelo Barreto da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Willian Bucker Moraes
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza
Instituto Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Adelson e Maria Aparecia, pelo amor entre ambos que transborda aos demais integrantes da família, por todo o apoio, exemplo, humildade e dedicação aos afazeres diários da vida.

Aos meus irmãos, Alécia e Arthur, pelo carinho, companheirismo, momentos de lazer e por auxiliar em outras tarefas permitindo que eu pudesse me dedicar à esta etapa dos estudos.

Aos meus avôs e avós paternos e maternos, pelo carinho, exemplo e dedicação da maior parte de suas vidas em cultivar a terra, sendo o maior exemplo de que o trabalho na roça possibilita a melhoria da própria vida e dos demais que vieram após.

Ao Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST, movimento social organizado que permitiu que meus pais, meus irmãos e eu, fôssemos, tivéssemos e soubéssemos tudo o que há em nossas vidas.

Ao professor Marcelo Barreto da Silva, pela orientação acadêmica desde a graduação, pela amizade, pela confiança, pelas cobranças, pelos conselhos e por todo o conhecimento transmitido.

À equipe do Laboratório de Análises Fitopatológicas – LAF, pela ajuda imensurável durante todos os trabalhos. Hélder, Winy, Danielle, Paula, José Neto e Lucas, tenho certeza que sem a ajuda de vocês, não seria possível realizar este trabalho.

Ao Gleison e Guilherme, pelos trabalhos de campo durante o experimento, além de sugestões pertinentes ao trabalho.

Às empresas parceiras Timac Agro, através do Ramon; Alltech Crop Science, através do Marcos Revoredo; Defagro através do Adriano; BioSanto Agronegócios, através do Vitor Bruy e João Fioroti, que colaboraram firmemente na realização das avaliações de campo e no fornecimento dos produtos utilizados durante o ensaio.

Ao produtor rural Sr. Marcio Carletto, por disponibilizar a lavoura de café conilon e confiar em nossos trabalhos afim de alcançar as melhores estratégias de manejo da doença em questão.

Ao professor Willian Bucker de Moraes, por proporcionar melhor compreensão do estudo de doenças de plantas, além da melhoria do meu desempenho acadêmico, e de vida, durante às árduas tarefas dispostas em vossa disciplina.

À equipe do IFES campus Montanha, com destaque à minha equipe de trabalho, Alan e Wagner, pela colaboração e apoio permitindo que eu pudesse alcançar essa conquista acadêmica.

À companhia fundamental de Priscilla Codeco, por todo o carinho, exemplo e conselhos durante a etapa final deste trabalho. Especialmente.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação, por todo o suporte e apoio recebido.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO	1
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.1 Importância da cafeicultura.....	4
1.2 Influência dos nematoides na cafeicultura	5
1.3 Manejo dos fitonematoides	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Instalação do ensaio e tratamentos	10
2.2 Avaliações	11
2.3 Análise estatística.....	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1 População de <i>Meloidogyne incognita</i> em raízes de cafeeiro conilon.....	13
3.2 População de <i>Meloidogyne incognita</i> no solo sob a copa do cafeeiro conilon	18
3.3 Crescimento e produtividade do cafeeiro conilon submetido à diferentes métodos de manejo	21
4. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

LIMA, Alex Silva. M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo; março de 2022. **Manejo populacional de *Meloidogyne incognita* em café conilon**; Orientador: Marcelo Barreto da Silva.

A cafeicultura é uma atividade agrícola que possui grande importância socioeconômica, sendo fundamental a manutenção de sua capacidade produtiva frente a ocorrência de doenças que interferem em seu desenvolvimento, dentre as quais se destacam as causadas por nematoides. Objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes tratamentos no manejo populacional de nematoides (*Meloidogyne incognita*) em lavoura de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e possíveis efeitos no desenvolvimento vegetativo das plantas e produtividade. O experimento foi conduzido em lavoura cafeeira naturalmente infectada pelo patógeno, com delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e seis repetições. Foram realizadas quatro avaliações da população de nematoides no solo e raízes do cafeeiro, para posterior avaliação do fator de reprodução. O desenvolvimento vegetativo das plantas foi avaliado por meio da medição periódica do crescimento de ramos ortotrópicos e plagiotrópico previamente marcados e a produtividade das plantas foi realizada por meio da colheita dos grãos em julho de 2021. Os tratamentos utilizados proporcionaram redução do fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* nas raízes das plantas de café conilon em todos os períodos avaliados, após a primeira e também após a segunda aplicação dos produtos, enquanto o Cadusafós 200,0 g/L foi responsável pela maior multiplicação da população de *M. incognita* no solo após duas aplicações. O tratamento à base de fertilizante organomineral fosfatado proporcionou melhor desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon, com maiores valores de crescimento dos ramos ortotrópico e plagiotrópico, porém, nenhum dos tratamentos influenciaram na produtividade do cafeeiro conilon.

Palavras-chave: nematoides-das-galhas, *Coffea canephora*, controle biológico, controle químico.

ABSTRACT

LIMA, Alex Silva. M.Sc. Federal University of Espírito Santo; march 2022. **Population management of *Meloidogyne incognita* in conilon coffe**; Instructor: Marcelo Barreto da Silva.

Coffee growing is an agricultural activity that has great socioeconomic importance, and it is essential to maintain its productive capacity against the occurrence of diseases that interfere with its development, among which those caused by nematodes stand out. The objective of this work was to evaluate different treatments in the population management of nematodes (*Meloidogyne incognita*) in conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) and possible effects on plant vegetative development and productivity. The experiment was carried out in a coffee plantation naturally infected by the pathogen, in a randomized block design, with five treatments and six replications. Four evaluations of the population of nematodes in the soil and roots of coffee were carried out, for later evaluation of the reproduction factor. The vegetative development of plants was evaluated by periodically measuring the growth of previously marked orthotropic and plagiotropic branches and plant productivity was performed by harvesting the grains in July 2021. The treatments used provided a reduction in the reproduction factor of *Meloidogyne incognita* in the roots of conilon coffee plants in all periods evaluated, after the first and also after the second application of the products, while Cadusafos 200.0 g/L was responsible for the greater multiplication of the population of *M. incognita* in the soil after two applications. The treatment based on organomineral phosphate fertilizer provided better vegetative growth of conilon coffee, with higher growth values of orthotropic and plagiotropic branches, however, none of the treatments influenced the productivity of conilon coffee.

Keyword: root-knot nematodes, *Coffea canephora*, biological control, chemical control

INTRODUÇÃO

A atividade cafeeira brasileira se destaca no cenário internacional, onde o Brasil alcança o posto de maior produtor e exportador de café, seguido por Vietnã, Colômbia e Indonésia (MAPA, 2021). A produção interna ocorre nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rondônia e Bahia, sendo que o primeiro é principal produtor de café da espécie arábica (*Coffea arabica* L.) enquanto os demais se destacam na produção de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (COVRE et al., 2016; ROSADO et al., 2021).

Considerando o acompanhamento da safra 2020/21, a cafeicultura ocupa uma área cultivada de 2,2 milhões de hectares e produção de 47,716 milhões de sacas beneficiadas (60 quilogramas) na safra colhida em 2021, redução de 24,4% quando comparada à safra anterior, com *C. canephora* ocupando 18,66% da área e sendo responsável por 34,1% da produção, com destaque para os estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia, maiores produtores nacionais desta espécie (CONAB, 2021).

Assim como nos demais cultivos agrícolas, diferentes fatores podem limitar o desenvolvimento das plantas de café, como a ocorrência de pragas e doenças (SANTOS et al., 2017), dentre as quais se encontram os nematoides do gênero *Meloidogyne*, vermes de solo que parasitam as raízes das plantas promovendo, de acordo com sua espécie, hipertrofia e hiperplasia em suas células e formando galhas nas raízes – daí sua denominação (FERRAZ e BROWN, 2016). As galhas interferem na absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular, deixando as plantas mais suscetíveis à períodos de restrição hídrica, bem como facilita a ocorrência de outras doenças nas raízes (VIEIRA JÚNIOR et al., 2015). O comportamento do patógeno indica aspectos complicadores na tomada de decisão quanto as melhores estratégias de manejo, pois os nematoides apresentam respostas fisiológicas de acordo com a variação das condições ambientais, além de se alocarem no interior das raízes das plantas, sendo uma barreira frente ao alcance dos produtos utilizados no controle (GUO et al., 2021).

Diversos métodos são utilizadas para minimizar os danos causados pelos nematoides em cafeeiro, desde a rotação de culturas, alternando entre plantas não hospedeiras, uso de materiais com resistência genética, preparo de solo deixando-o

exposto ao sol (solarização) e uso de produtos químicos e agentes de controle biológico, visando estimular a proteção do sistema radicular das plantas bem como a redução da população de nematoides no solo e nas raízes (MIORANZA et al., 2017). Tais métodos fazem parte do manejo integrado de doenças de plantas – MID, que leva em consideração o triângulo da doença – patógeno, hospedeiro e ambiente – buscando a maior eficiência técnica e econômica das medidas de controle, além da otimização dos recursos utilizados (KAYANI et al., 2017).

Dentre os métodos de manejo existentes, a utilização do controle químico em cultivos agrícolas vêm sendo avaliada em diversos trabalhos, comparando produtos comerciais disponíveis com outras alternativas de manejo, objetivando a redução de sua utilização devido apresentar alta toxicidade ambiental, além de riscos de contaminação humana (PACÍFICO et al., 2021; ARITA et al., 2020; EBONE et al., 2019; ZAMBOLIM, 2016). Outros métodos de controle de nematoides podem ser incorporadas ao manejo integrado, dentre eles o controle biológico (HERNANDES et al., 2020; TOLARDO et al., 2019; PHAM et al., 2020), utilização de fertilizantes organominerais (HEMATI e SAEEDIZADEH, 2020; OSMAN et al, 2021) e uso de produtos que induzem à resistência natural das plantas (CHENG et al., 2017; FRANCO JÚNIOR et al., 2019).

Os principais agentes de controle biológico dos nematoides incluem bactérias e fungos, como *Pochonia chlamydosporia*, *Metarhizium anisoplia*, *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis* e *Trichoderma harzianum* que podem parasitar o patógeno em diferentes estádios de desenvolvimento, provocando paralisia e morte, além da colonização do sistema radicular de diferentes plantas, protegendo-o e promovendo seu crescimento (PACHECO et al., 2022; KARABÖRKLÜ et al., 2022; XIANG et al., 2017; CAO et al., 2019; ZINGER et al., 2021). Os fertilizantes organominerais influenciam de forma indireta sobre o desenvolvimento dos nematoides, seja por modificação ambiente, seja promovendo melhores condições de resposta das plantas à infecção, além de influenciar diretamente sobre o patógeno, modificando seu comportamento ou até mesmo provocando morte de seus indivíduos (OSMAN et al, 2021; HEMATI e SAEEDIZADEH, 2020).

Considerando a perenidade da lavoura cafeeira, torna-se importante a garantia da longevidade das plantas mantendo seu potencial produtivo. Desta forma, com este trabalho, objetivou-se avaliar diferentes produtos no manejo populacional

de *Meloidogyne incognita* em lavoura comercial de cafeeiro conilon e possíveis efeitos sobre o crescimento das plantas e produtividade.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Importância da cafeicultura

A importância da produção cafeeira no país é um fato inegável, seja pela ótica histórica, visto que é uma atividade secular, tornando-se parte da cultura brasileira; econômica, já que faz parte dos principais produtos destinados à exportação e consumo interno pelos brasileiros, como também do ponto de vista social, pela extensão de áreas agrícolas ocupadas e pessoas envolvidas de forma direta e indireta na atividade (FERRÃO et al., 2017).

Considerando o biênio 2020/2021, a produção mundial de café foi de aproximadamente 175,5 milhões de sacas beneficiadas (unidades de 60 kg), sendo que 102 milhões deste total foram de café da espécie arábica enquanto outras 73,5 milhões de sacas foram de *C. canephora*. Os principais países produtores são Brasil, Vietnã, Colômbia, Indonésia e Etiópia, em ordem decrescente de produção, sendo que Brasil e Colômbia se destacam na produção de café arábica enquanto Vietnã e Indonésia produzem principalmente *C. canephora* (MAPA, 2021).

No Brasil, a área destinada ao cultivo cafeeiro na safra colhida em 2021 foi de 2.200 mil hectares, aumento de 1,8% quando comparado à safra anterior, sendo que deste total 81,3% é ocupada por café arábica enquanto 18,7% corresponde ao café conilon. Houve aumento de 2,2% na área cultivada com café conilon quando comparada à safra anterior, alcançando 410,6 mil hectares, responsáveis pela produção de 16,292 milhões de sacas beneficiadas, que representaram aproximadamente 34% da produção nacional, com destaque para os estados Espírito Santo, Rondônia e Bahia, maiores produtores de café conilon (CONAB, 2021).

A produção total de café colhido na safra 2021 apresentou redução de 24,4%, causada por fatores climáticos e tecnológicos incidentes sobre diversas regiões produtoras, enquanto a produção de café conilon apresentou incremento de 13,8%, o que reforça sua importância no cenário cafeeiro nacional, além de confirmar o sucesso dos avanços tecnológicos empregados em sua produção (PARTELLI et al., 2020; MORI et al., 2018).

Coffea arabica L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, este último conhecido como “conilon” ou “robusta”, são as duas principais espécies de importância econômica, em um montante de pelo menos 124 espécies, que compõe

o gênero *Coffea*, que faz parte da família Rubiaceae (DAVIS et al., 2011). *C. canephora*, originária da África Ocidental e Central, mais precisamente no território pertencente à Etiópia, é uma espécie diploide, majoritariamente alógama e com autoincompatibilidade gametofítica, fazendo com que pólen produzido por um indivíduo seja incapaz de fertilizar indivíduos semelhantes (CARVALHO et al., 1991; GILES et al., 2018).

Plantas de *C. canephora* são cultivadas em regiões intertropicais da África, América e Ásia, com altitudes baixas e médias (BUNN et al., 2015; GILES et al., 2018). No Brasil, são cultivadas em regiões com altitudes que variam entre o nível do mar até 500 metros de altitude, temperatura média anual entre 22 e 26°C (TAQUES e DADALTO, 2017), pois seu desenvolvimento é limitado em temperaturas fora da faixa entre 17 e 31° C (PARTELLI et al., 2019).

1.2 Influência dos nematoides na cafeicultura

Diversos são os patógenos que possuem capacidade de infectar plantas de café e, por consequência, aliados às condições climáticas favoráveis, provocar doenças que reduzem seu potencial produtivo e colocando em risco a atividade cafeeira (MENDONÇA et al., 2019). Dentre estes, os nematoides parasitas de plantas possuem destacada importância e são considerados como um dos principais causadores de perdas à cafeicultura mundial (ITO et al., 2008) e nacional, seja em café arábica como também em café conilon (ZINGER et al., 2020; BARROS et al., 2014; CAMPOS e VILLAIN, 2005).

Nematoides são vermes cilíndricos, por vezes apresentando variação no formato do corpo. São seres predominantemente aquáticos, porém possuem capacidade de viver em diversos ambientes naturais, desde que haja umidade suficiente para sobreviver. Algumas espécies possuem capacidade de sobreviver, durante períodos relativamente longos, em condições de baixa umidade disponível, em estado de repouso, retomando as atividades normais com o retorno de umidade no ambiente (FERRAZ e BROWN, 2016).

De acordo com os hábitos alimentares, os nematoides podem ser classificados como: nematoides de vida livre, parasitas de animais e parasitas de plantas. Estes últimos, representam aproximadamente 15% do total de espécies descritas (4100) pertencentes ao filo Nematoda. Perdas da ordem de 10 a 25%, em

função da infecção por nematoides, são estimadas para a produção cafeeira, onde 75% destas perdas são atribuídas aos nematoides das galhas – gênero *Meloidogyne* (CAMPOS e VILLAIN, 2005). Mesmo sendo tratado como gênero mais importante para a cafeicultura, indivíduos de outros gêneros são detectados na rizosfera do cafeeiro: *Rotylenchulus*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema* e *Aphelenchus* (BARROS et al., 2014).

Nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* promovem alterações na morfologia natural das raízes das plantas infectadas, induzidas e mantidas pelo patógeno, onde são formadas células gigantes no local de alimentação do parasita, tornando perceptível a formação de galhas nas raízes, principalmente em raízes velhas e lignificadas, além de rachaduras, fendilamentos e descortiçamentos, que culminam na redução do sistema radicular como um todo. Sintomas reflexos são aqueles que não ocorrem diretamente no local de infecção do patógeno, como murcha das plantas de café em horários de maior temperatura durante os dias, queda de folhas, sinais de deficiência nutricional e declínio no desenvolvimento das plantas afetadas (VENTURA et al., 2017).

Em geral, os nematoides possuem elevada capacidade reprodutiva, possibilitando aumento exponencial de sua população quando as condições ambientais são favoráveis, sendo um fator complicador frente às estratégias de manejo (VIEIRA JÚNIOR et al., 2015). Em um ciclo biológico, que em condições ambientais favoráveis como, temperatura em torno de 25 a 30° C e umidade no solo na faixa de 60 a 70% da capacidade de campo (LAUGHLIN E LORDELLO, 1977), podem ocorrer em três ou quatro semanas (SILVA et al, 2014; TAYLOR & SASSER, 1978), uma fêmea pode realizar postura, em média, de 400 ovos agrupados em matriz gelatinosa com características protetivas, que é denominada como massa de ovos (ORION et al, 2001). No interior destes ovos ocorre desenvolvimento embrionário resultando no juvenil de primeiro estágio (J1) sendo que através da ecdise, dá-se origem ao juvenil de segundo estágio (J2), que eclodem quando as condições ambientais são favoráveis. Neste estágio ocorre movimentação na solução do solo, e a exsudação de substâncias do sistema radicular de plantas hospedeiras promovem a atração e conseqüentemente a infecção das raízes (CURTIS et al., 2009). Uma vez infectadas, os juvenis (J2) se movem nas células radiculares perfurando-as com o estilete, até estabelecerem sítios de alimentação, estabelecendo uma relação parasitária estável e provocando diferenciação destas células em células gigantes,

para posteriores ecdises e estabelecimento do estágio de fêmea jovem sedentária, completando o ciclo (CURTIS et al., 2009; TAYLOR & SASSER, 1978).

Meloidogyne incognita possui importância de destaque na cafeicultura, sendo uma das espécies de nematoides mais danosas ao cafeeiro. Em trabalho realizado para conhecer a distribuição geográfica de nematoides nas lavouras cafeeiras no estado do Espírito Santo, nematoides da espécie *M. incognita* foram encontrados em 56% das amostras coletadas nos municípios, principalmente em plantas de *C. canephora* (92%) (BARROS et al, 2014). Cada fêmea desta espécie pode depositar cerca de 400 ovos em uma massa com características protetivas, em ciclos que podem ocorrer em três ou quatro semanas, a depender das condições ambientais favoráveis, como solo úmido e temperaturas em torno de 25° C, demonstrando capacidade de aumento populacional e conseqüentemente dos danos provocados às plantas hospedeiras (SILVA et al, 2014; ZINGER et al, 2021).

No passado, acreditava-se que plantas de *C. canephora*, de modo geral, não eram susceptíveis às principais espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne* (BARROS et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2009; GONÇALVES et al., 1996). Porém, após a confirmação da suscetibilidade ao patógeno (SANTOS et al., 2018a), apresentando variabilidade entre os diferentes materiais genéticos (CONTARATO et al., 2014), diversos trabalhos se debruçaram sobre o patossistema em questão – nematoide e cafeeiro conilon, a fim de elucidar questionamentos sobre diferentes aspectos, desde a ocorrência e distribuição geográfica (BARROS et al., 2014; VIEIRA JÚNIOR et al., 2015), variabilidade dos níveis de resistência entre os diferentes materiais genéticos (GONÇALVES et al., 2021; RUDNICK et al., 2020; SALGADO et al., 2019; FATOBENE et al., 2018; SANTOS et al., 2018a; LIMA et al., 2015; CONTARATO et al., 2014) e estratégias de manejo e controle dos nematoides por diferentes métodos (ZINGER et al., 2021; ARITA et al., 2020; CARNEIRO et al., 2020).

1.3 Manejo dos fitonematoides

O manejo de doenças de plantas envolve a adoção de um conjunto de medidas com propósito de diminuir a população do patógeno possibilitando a redução de perdas econômicas da cultura (ZAMBOLIM e JESUS JÚNIOR, 2014). A adoção de tais medidas torna-se viável apenas quando o custo necessário para a execução do controle é menor do que a perda (dano econômico) causado pela doença em questão,

apresentando variação conforme flutuação de preços dos produtos, custo operacional da realização do controle e o valor da produção agrícola (VIDA et al., 2004).

Posto isso, um dos principais métodos de controle de nematoides baseia-se na resistência genética apresentada por diferentes genótipos, sendo recomendada por impedir o desenvolvimento do patógeno e por reduzir de sua taxa de reprodução, e como consequência, diminuir os danos causados às plantas e reduzir a densidade populacional presente no solo (HOLDERBAUM et al.; 2021; SANTOS et al., 2018b; SALGADO et al., 2014). Pesquisadores trabalham avaliando níveis de resistência de diferentes genótipos de cafeeiros inoculados com nematoides do gênero *Meloidogyne* (HOLDERBAUM et al.; 2021), desempenho de clones da cultivar Conilon Vitoria Incaper 8142 em áreas com presença confirmada de *Meloidogyne paranaensis* (SALGADO et al., 2019) e desenvolvimento radicular e produtividade de plantas de café em área naturalmente infectada por nematoides do gênero *Meloidogyne* (BARBOSA et al., 2014)

A utilização do controle químico, com produtos aplicados no sulco/linha de plantio antes ou durante a instalação da cultura (planta hospedeira), ou na zona de abrangência das raízes das plantas – rizosfera, objetivam a redução do inóculo através da mortalidade dos nematoides, seja pela ação de contato direto ou por efeito sistêmico dos produtos utilizados. Atualmente, os principais nematicidas têm em sua composição os seguintes ingredientes ativos: cadusafós, fluensulfona, abamectina, terbufós, carbossulfano e, mais recentemente, fluopyram (ZINGER et al., 2021; ALVES et al., 2021; HEMATI e SAEEDIZADEH, 2020; MAPA, 2022). Porém, seu uso vem sendo questionado por seus efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana (BOHNER et al., 2013), abrindo espaço para que trabalhos de pesquisa possam avaliar outras estratégias de manejo, colaborando para composição do manejo integrado de nematoides.

O controle biológico é definido de forma simplificada como uso de um organismo capaz de controlar a população de indivíduos de outro organismo, neste caso, patogênico (BETTIOL et al., 1991), através de interações com o patógeno em questão, além de alteração do ambiente ou interação com a planta hospedeira.

Os organismos de maior destaque e que, por consequência, são inseridos nos principais trabalhos envolvendo manejo de nematoides são fungos e bactérias (ABD-ELGAWAD, 2021). *Pochonia chlamydosporia* age por meio do parasitismo de ovos e fêmeas de nematoides, além de colonizar raízes de plantas e sobreviver por atividade

saprobílica, características importantes de um agente de controle biológico (NASU et al., 2018; YI et al., 2021; COUTINHO et al., 2021; PACHECO et al., 2022). Espécies do gênero *Bacillus* alteram o comportamento dos nematoides no solo, competem por nutrientes e interferem na atividade de reconhecimento das plantas hospedeiras, agindo também de forma indireta ao potencializar o crescimento das plantas (CAO et al., 2019, TONINATO et al., 2019). As espécies que compõem o gênero *Trichoderma* colonizam as raízes das plantas hospedeiras, aumentando seu desenvolvimento e sua resistência; repelem os juvenis (J2) das raízes das plantas bem como parasitam e matam nematóides do gênero *Meloidogyne* (ABD-ELGAWAD., 2021).

O uso de fertilizantes no manejo de nematoides baseia-se no entendimento de que a fertilização do solo pode influenciar diretamente no comportamento das comunidades de nematoides que habitam este ambiente, alterando a densidade populacional e as espécies que as compõem (EWALD et al., 2022). A maior disponibilidade de recursos provenientes de resíduos orgânicos tende a aumentar a diversidade de organismos que interagem entre si, nos diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar do solo, promovendo um equilíbrio ecológico que desfavorece a predominância de determinada espécie sobre as demais neste ambiente (WAN et al., 2022). Portanto, a aplicação de fertilizantes, de origem mineral e orgânica, ou a combinação de ambos, visa mitigar os efeitos prejudiciais da infecção dos nematoides nas culturas agrícolas. A letalidade sobre os nematoides, bem como alteração do pH e/ou salinidade do solo são apontadas como principais mecanismos responsáveis pelos efeitos supressores (HABASH e AL-BANNA, 2011), como relatado em trabalhos utilizando fertilizantes nitrogenados no manejo de *Meloidogyne incognita* na cultura na beterraba (SHAKEEL et al., 2022), obtendo diminuição eclosão dos ovos dos indivíduos desta espécie, possivelmente pela alteração do pH e salinização, como também por Mansourabad e colaboradores (2016) em trabalho utilizando diferentes macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) sobre infestação de *Meloidogyne incognita* em pepino, com destaque para o fertilizante fosfatado, que promoveu melhoria do crescimento radicular, maior tolerância das plantas ao patógeno e efeitos adversos sobre a multiplicação dos indivíduos através da redução do pH do solo, resultados semelhantes aos obtidos por Hemati e Saeedizadeh (2020), onde o uso de fertilizantes fosfatado proporcionou redução do número de galhas, massas de ovos e fator de reprodução de *Meloidogyne javanica* em tomateiros, demonstrando a relevância desta ferramenta no manejo dos nematoides.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação do ensaio e tratamentos

O experimento foi conduzido em lavoura comercial em propriedade situada no município de Mucuri – BA, latitude 18° 5'20.75"S e longitude 39°48'35.47"O, a 70 metros acima do nível do mar. Segundo Köppen a classificação climática do local indica clima do tipo Am, apresentando uma breve estação seca durante o ano, concentrada durante o inverno (ALVARES et al, 2013).

A área experimental foi composta por plantas de cafeeiro conilon variedade “Vitória Incaper 8142”, com predominância no genótipo 12V (FERRÃO et al., 2017), implantada no ano de 2019, dispo de sistema de irrigação localizada do tipo gotejamento e fornecimento de fertilizantes via fertirrigação, cultivado em consorcio com a cultura do mamoeiro (*Carica papaya*), este sendo posteriormente foi removido.

O espaçamento utilizado foi de 3,50 metros entre as linhas e 0,60 metros entre as plantas. Após confirmação da presença de nematoides através da análise realizada no Laboratório de Análises Fitossanitárias-LAF da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES campus São Mateus (LAF/UFES), o experimento foi implantado sob delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 (trinta) parcelas. Cada parcela foi composta por cinco plantas na mesma linha de plantio, sendo avaliadas as três plantas centrais, enquanto as plantas das extremidades compuseram a bordadura na linha, além da utilização da linha adjacente como bordadura. Foram utilizadas duas linhas de plantio, de forma que cada uma destas recebeu três repetições de cada tratamento.

Utilizou-se nos tratamentos produtos disponíveis no mercado, compostos por diferentes ingredientes ativos, incluindo nematicida químico, controle biológico e fertilizante organomineral (Tabela 1). As doses e intervalos entre aplicações dos produtos foram estabelecidos conforme recomendação dos responsáveis técnicos dos fabricantes de cada produto. As aplicações foram realizadas no início da manhã, horário de menor temperatura do ar durante o dia, com umidade do solo próximo à capacidade de campo, por ocasião de precipitações pluviométricas ou utilização do sistema de irrigação.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento, com respectiva composição e dose.

Tratamentos	Ingrediente Ativo	Dose	Modo de aplicação
Tratamento 1	Cadusafós 200,0 g/L	15,0 L/ha 100mL de calda por planta	Diluição e aplicação via <i>drench</i>
Tratamento 2	<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	15,0 kg/ha 100mL de calda por planta	Diluição e aplicação via <i>drench</i>
Tratamento 3	Fertilizante organomineral fosfatado	250 kg/há 5g por planta	Aplicação em cobertura
Tratamento 4	<i>B. subtilis</i> , <i>B. methylophilus</i> , <i>T. asperellum</i>	10,0 L/ha 100mL de calda por planta	Diluição e aplicação via <i>drench</i>
Tratamento 5	Testemunha	Sem aplicação de tratamento	–

Todos os produtos foram aplicados duas vezes durante o período de avaliação, sendo que a primeira aplicação foi realizada no mês de junho de 2020, com reaplicação no mês de dezembro do mesmo ano. As aplicações foram realizadas imediatamente após a coleta das amostras para avaliação da população de nematoides, para que os efeitos dos tratamentos sejam mensurados na avaliação posterior.

2.2 Avaliações

Para identificação da espécie dos nematoides presentes na lavoura avaliada, utilizou-se metodologia de análise bioquímica de isoenzimas utilizando fêmeas (CARNEIRO e ALMEIDA, 2001), cuja espécie *Meloidogyne incognita* foi identificada.

A população de nematoides foi avaliada por meio da coleta de amostras de solo e raízes das plantas de café (uma amostra composta por parcela) na zona de crescimento do sistema radicular, com profundidade máxima de 10 centímetros, e posteriormente, foram enviadas ao LAF/UFES.

A avaliação inicial foi realizada antes da primeira aplicação dos tratamentos – 0 DAA1, enquanto a segunda e terceira avaliações foram realizadas aos 60 e 180 dias

após a primeira aplicação – 60 DAA1 e 180 DAA1, respectivamente. A quarta avaliação foi realizada aos 180 dias após a segunda aplicação dos tratamentos – 180 DAA2.

A quantificação da população de *M. incognita* nas raízes das plantas foi realizada por meio da contagem de juvenis de segundo estágio (J2), utilizando metodologia padrão proposta por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Para quantificação da população de J2 no solo, a extração foi realizada utilizando o Método da Flotação Centrífuga em Solução de Sacarose (JENKINS, 1964). Após a quantificação, determinou-se o fator de reprodução (FR) utilizando a seguinte fórmula: $(FR = N_f / N_i)$, onde N_f : população de nematoides avaliada e N_i : população de nematoides da avaliação anterior.

O primeiro (FR1) e o segundo (FR2) fator de reprodução dos nematoides nas raízes foram obtidos utilizando a razão da população de J2 encontrada nas avaliações de 60 DAA1 e 180 DAA1 com a população encontrada na avaliação inicial – 0 DAA1, respectivamente, enquanto o terceiro fator de reprodução (FR3) foi obtido a partir da razão da população 180 DAA2 e 180 DAA1.

O desenvolvimento vegetativo das plantas foi avaliado por meio da marcação do ramo plagiotrópico em estágio inicial de desenvolvimento, durante a primeira aplicação dos tratamentos, próximo à extremidade apical das plantas, possibilitando também o acompanhamento do crescimento do ramo ortotrópico, durante um ciclo. Utilizou-se fita métrica graduada em centímetros (cm) (OLIOSI et al., 2016; COVRE et al., 2016) para avaliação do crescimento dos ramos, obtido pela diferença entre a primeira e a última avaliação, realizada 360 dias após a avaliação inicial.

A produtividade foi avaliada por meio da colheita individual dos grãos produzidos pelas plantas avaliadas em cada parcela, quando os grãos apresentavam maturação superior à 80%, com posterior conversão e extrapolação dos dados de produção em sacas beneficiadas de 60 kg por hectare, de acordo com os dados em literatura para o genótipo avaliado (GILES et al., 2018; OLIOSI et al., 2016).

2.3 Análise estatística

Fator de reprodução (FR) de *M. incognita* obtido nas avaliações de raízes das plantas e no solo, crescimento de plantas e a produtividade foram analisados utilizando teste Tukey a 5% de probabilidade de erro (OLIOSI et al., 2016), com auxílio do software R Core Team (2015) v. 4.1.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 População de *Meloidogyne incognita* em raízes de cafeeiro conilon

Os resultados encontrados na primeira avaliação populacional de *M. incognita* nas raízes do cafeeiro indicam variação da população entre os tratamentos, como pode ser observado na Figura 1, possivelmente devido à dispersão do patógeno na lavoura ter ocorrido de forma natural. A população de nematoides presentes nas plantas que seriam utilizadas como testemunha (sem aplicação de tratamentos) se apresentou reduzida no início do experimento, com valores médios de 33 J2/10g de raízes, enquanto as maiores populações foram encontradas nas parcelas que receberiam tratamento à base de controle químico e controle biológico (Tratamento 4), com valores médios de 497 e 435 J2/10g de raízes, respectivamente.

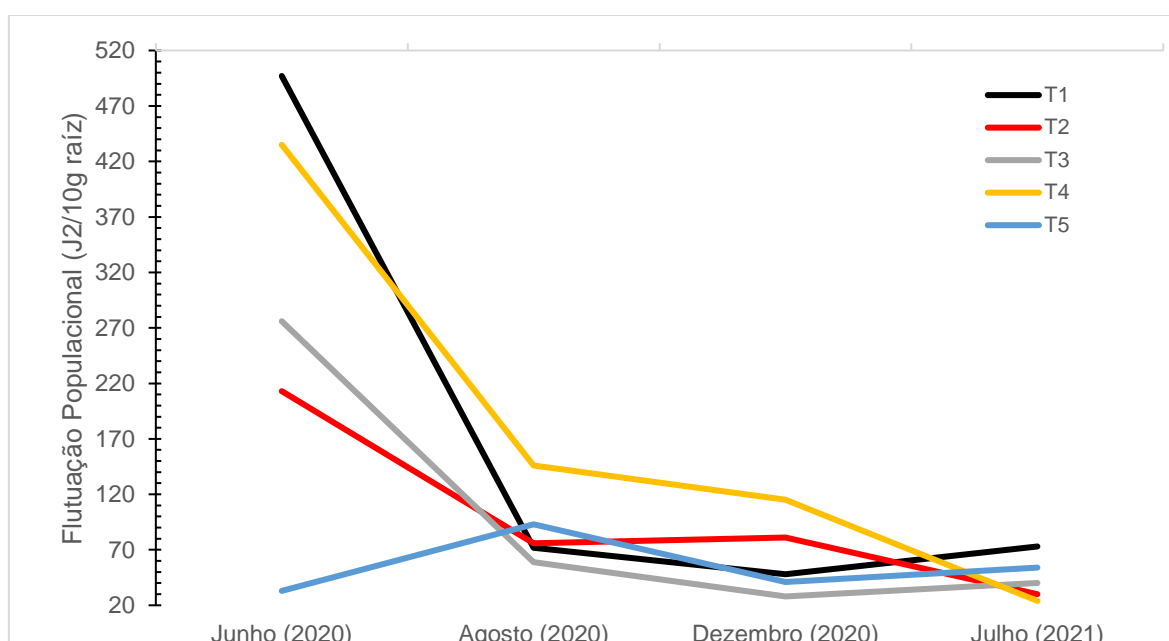


Figura 1 – Flutuação da população de *Meloidogyne incognita* nas raízes de cafeeiro conilon durante avaliação de diferentes métodos de manejo. **T1**: Cadusafós; **T2**: *B. licheniformis*, *B. subtilis* e *T. longibrachiatum*; **T3**: fertilizante organomineral fosfatado; **T4**: *B. subtilis*, *B. methylotrophicus*, *T. asperellum*; **T5**: Testemunha. Fonte: autoria própria.

Em experimentos realizados em condições de campo, é comum o fato da população de nematoides na avaliação inicial apresentar heterogeneidade (SILVA et

al, 2020a; SILVA et al, 2013). Por este motivo, alguns autores buscam amenizar esse aspecto em seus trabalhos, como Souza e colaboradores (2019) em trabalho conduzido na cultura da seringueira avaliando diferentes métodos de controle de *M. exigua*, que procederam com agrupamento dos dados de contagem obtidos na avaliação inicial, buscando homogeneização do ambiente para posterior avaliação. Neste trabalho, decidiu-se por analisar o fator de reprodução (FR) dos nematoides obtido a partir da contagem populacional em cada tratamento, nas diferentes avaliações, ao longo do período avaliado, como pode ser observado na Tabela 2.

A baixa população de nematoides encontrada na testemunha pode ser atribuída ao baixo desenvolvimento das plantas hospedeiras, pois a avaliação foi realizada em um período do ano (inverno) que caracteriza-se por apresentar reduzida duração do fotoperíodo e menores temperaturas médias do ar, induzindo as plantas a um baixo crescimento vegetativo e emissão de novas raízes (PARTELLI et al, 2013; PARTELLI et al, 2010), que são priorizadas durante as etapas de infecção pelo patógeno, o que confere um baixo crescimento de sua população (LIMA et al, 2015; SILVA et al, 2013).

TABELA 2: Fator de Reprodução (FR) de *Meloidogyne incognita* em raízes de cafeeiro conilon sob diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	Fator de Reprodução		
	FR1 60 DAA1 ¹	FR2 180 DAA1	FR3 180 DAA2
T1 – Cadusafós 200,0 g/L	0,13 a*	0,04 a	0,35 a
T2 – <i>Bacillus. licheniformis</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	0,25 a	1,45 ab	0,43 a
T3 – Fertilizante organomineral fosfatado	0,23 a	0,21 a	0,67 a
T4 – <i>B. subtilis</i> , <i>B. methylotrophicus</i> , <i>T. asperellum</i>	0,13 a	0,24 a	0,47 a
T5 – Testemunha	0,68 b	3,17 b	1,26 b
CV (%)	37,47	85,05	30,00

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

¹ 60 DDA1: 60 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. 180 DDA1: 180 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. 180 DDA2: 180 dias após a segunda aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos utilizados no presente trabalho proporcionaram redução da reprodução (FR) de *M. incognita* nas raízes do cafeeiro conilon sendo estatisticamente diferentes da testemunha, que não recebeu aplicação de produtos, com exceção do tratamento 2 (*B. licheniformis*, *B. subtilis* e *Trichoderma longibrachiatum*) na segunda avaliação (180 DAA1), que obteve fator de reprodução estatisticamente igual à testemunha, conforme observado na Tabela 2.

Na primeira avaliação, realizada aos 60 dias após a primeira aplicação dos produtos, é possível observar diferença significativa dos tratamentos frente à testemunha quanto ao FR, sendo que esse efeito também foi observado nas demais avaliações, demonstrando que os produtos utilizados influenciaram a reprodução dos nematoides com uma única aplicação, com a manutenção dos efeitos sobre sua multiplicação populacional por uma maior período de tempo (180 dias), mantendo-se eficientes após reaplicação dos produtos, sendo esta característica desejável quando se trabalha com culturas perenes, cujas plantas permanecem instaladas na mesma área por vários anos, como é o caso do cafeeiro, contribuindo para a viabilidade econômica da atividade agrícola.

A inclusão dos fertilizantes no manejo integrado de nematoides que afetam diferentes cultivos vêm sendo realizada, como é perceptível em alguns ensaios, com objetivo de interferir de forma indireta, com influência sobre o desenvolvimento das plantas hospedeiras, nos parâmetros de produtividade ou na capacidade de tolerância das plantas ao patógeno, ou diretamente sobre este, causando mortalidade de J2 e redução da eclosão de ovos (OSMAN et al, 2021; HEMATI e SAEEDIZADEH, 2020). A capacidade de fertilizantes fosfatados em reduzir o pH do solo em que são aplicados, aumento de síntese proteica, atividade celular e produção de compostos secundários, pode promover efeitos negativos nos processos de infecção e reprodução do patógeno (MANSOURABAD et al, 2016), sendo essas alterações dependentes de diversos fatores ambientais, como por exemplo a umidade presente no solo, que foi garantida no local do experimento pelo sistema de irrigação existente e via precipitação pluviométrica, que ocorreu na maior parte dos meses que compreenderam o período de avaliação dos tratamentos, como pode ser observado na Figura 2, tornando possível a promoção dos efeitos pelo fertilizante utilizado no tratamento 3.

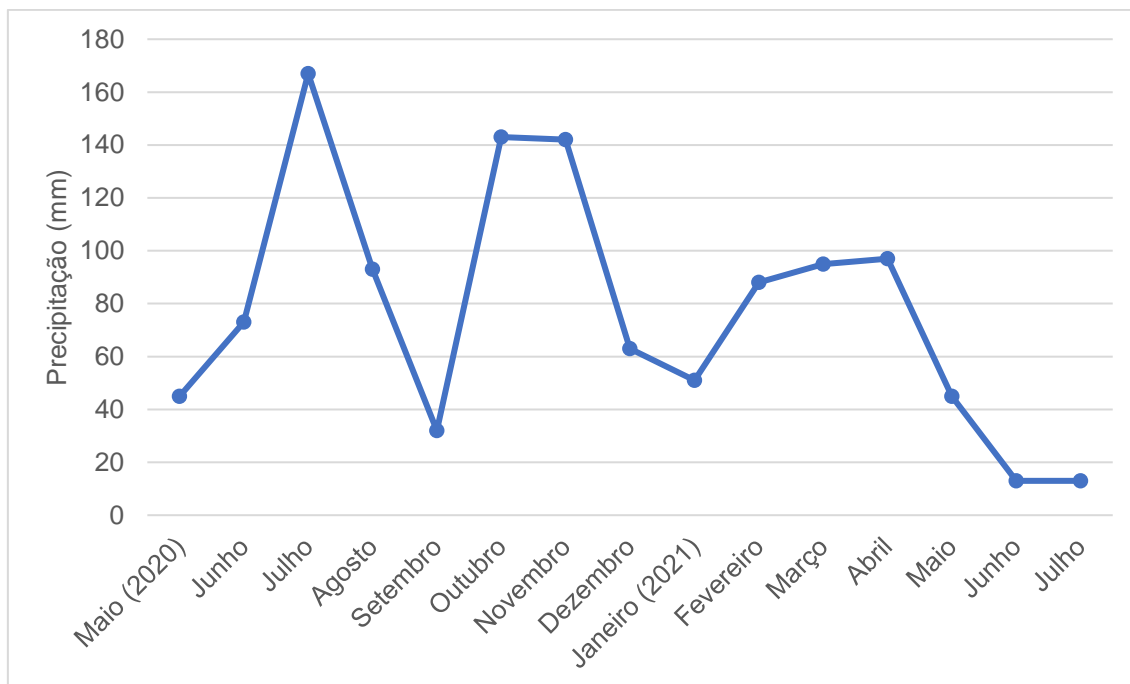


Figura 2 - Precipitação local durante o período de realização do experimento.

A utilização de microrganismos como agentes de controle biológico de *M. incognita* visa a redução dos danos provocados pelo patógeno aproveitando as condições ambientais que favorecem seu estabelecimento e mecanismo de ação (KRIF et al, 2022; KUMAR et al, 2021). Bactérias do gênero *Bacillus*, incluindo as espécies *B. subtilis*, *B. methylotrophicus*, *B. licheniformis*, são capazes de reduzir os danos provocados às plantas hospedeiras através de modificações no comportamento dos nematoides, repelindo as formas infecciosas (J2) do patógeno, alterando processos de reconhecimento nematoide–hospedeiro, devido a produção de compostos orgânicos voláteis – gás carbônico e ácido acético, por exemplo (CAO et al, 2019) e competição pelos nutrientes e espaço disponíveis (ADAM et al, 2014), além da degradação de exsudatos radiculares que interferem no comportamento dos nematoides (DIHINGIA et al, 2017).

Induzir as plantas a resistirem ao ataque dos nematoides também se apresenta como mecanismo de ação do controle biológico (ANTIL et al, 2022). Essa indução ocorre por meio da colonização da rizosfera (solo ao redor do sistema radicular das plantas), entorno dos tecidos vegetais, de forma a proporcionar melhores condições de desenvolvimento pela produção e regulação de fitohormônios; auxílio no crescimento radicular e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, proporcionando às plantas melhores condições de resposta à infecção (EL-NEGDI e

ABD-EL-KHAIR, 2019; PACIFICO et al, 2021). Como os mecanismos de ação utilizados por essas bactérias envolvem interação direta com o patógeno para alteração de seu comportamento, além de ações indiretas através da produção de compostos secundários e favorecimento da planta para resistir ao ataque do patógeno, os resultados foram ser observados logo nas primeiras avaliações após aplicação dos tratamentos, influenciando na redução das atividades reprodutivas do patógeno e conseqüentemente na redução de sua população ao longo do tempo, como pode ser observado na tabela 2 e na figura 1.

Outros microrganismos que vêm sendo utilizados no controle biológico de nematoides englobam os fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma*, cujas espécies de destaque são *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* e *T. asperellum* (ARITA et al, 2020; ZINGER et al, 2021). O mecanismo de ação destas espécies envolve a antibiose, parasitismo e competição, através da produção de enzimas, como quitinases, glucanases e proteases, e de compostos que apresentam efeitos tóxicos sobre os nematoides, além do parasitismo sobre os ovos (KUMAR et al, 2021). Além disso, os fungos possuem capacidade de induzir as plantas a resistirem ao ataque de patógenos, estimulando o desenvolvimento de seu sistema radicular por meio da produção de metabólitos, que também atuam na decomposição da matéria orgânica e liberação de elementos nutricionais (MENDOZA et al, 2015). Em seus trabalhos, Zinger e colaboradores (2021) obtiveram os melhores resultados de redução populacional de *M. incognita* 60 dias após aplicação de produtos à base de *T. harzianum*, assim como os resultados obtidos utilizando bioagentes para controle de nematoides em citros (SHAWKY et al, 2015), resultados similares aos encontrados no presente trabalho, com a proposta de utilização desta método para diminuição da população através da redução do fator de reprodução, característica importante por se tratar de uma cultura cujas plantas permanecem instaladas em campo durante vários anos e que, por isso, sua viabilidade econômica deve ser preservada por um longo período.

O controle químico, sendo um método estabelecido e amplamente utilizado no manejo de nematoides do gênero *Meloidogyne* em diferentes cultivos comerciais com a finalidade de redução populacional (ARITA et al, 2020), foi utilizado no presente trabalho, através do princípio ativo Cadusafós, como padrão de referência na comparação com os demais tratamentos. Seu mecanismo de ação sobre *M. incognita*, dá-se pela inibição da acetilcolinesterase e toxicidade ao patógeno, como modo de

ação por contato diretamente com o patógeno e ingestão (SANTOS et al, 2021). Porém, este mesmo autor relatou em seus trabalhos a diminuição da eficiência deste método de controle com aplicações recorrentes, necessitando de outras alternativas para composição de um manejo integrado da doença. De fato, o manejo das doenças em plantas deve ser realizado utilizando diferentes estratégias, de forma a minimizar possíveis perdas de eficiência provocadas pela resistência induzida ao patógeno e, ao mesmo tempo, garantir a eficácia dos métodos de manejo disponíveis (ZAMBOLIM e JESUS JÚNIOR, 2014), como os produtos utilizados no presente trabalho, que apresentaram efeitos positivos na redução da população de *M. incognita* ao longo das avaliações e portanto, são alternativas para composição de um manejo integrado de doenças provocadas por *M. incognita*.

No presente trabalho, o tratamento à base de Cadusafós apresentou valores de FR de *M. incognita* (J2) significativamente superiores à testemunha, em todas as avaliações, confirmando a eficiência deste método para redução da população do patógeno. Sua reavaliação não interferiu em sua eficiência, permanecendo significativamente igual aos demais tratamentos em todas as avaliações populacionais.

3.2 População de *Meloidogyne incognita* no solo sob a copa do cafeeiro conilon

Os resultados encontrados na primeira avaliação populacional de *M. incognita* presente no solo coletado sob a copa dos cafeeiros indicam variação da população entre as parcelas que seriam submetidas aos diferentes tratamentos, como pode ser observado na Figura 3. Ao observar as demais avaliações, é possível perceber a flutuação da população do patógeno ao longo do período avaliado, com destaque para a redução ocorrida nos tratamentos 2 e 4 entre a segunda e a terceira avaliação.

A avaliação da população do patógeno presente no solo próximo à zona de crescimento das raízes das plantas é de grande importância pois sua presença neste ambiente pode servir como inóculo para futuras reinfecções no sistema radicular das plantas hospedeiras (SOUZA et al., 2019), interferindo na eficiência dos métodos de controle adotados (SILVA et al., 2017), visto que *M. incognita* é um endoparasita sedentário (VOS et al., 2012). Daí a importância do monitoramento de sua população.

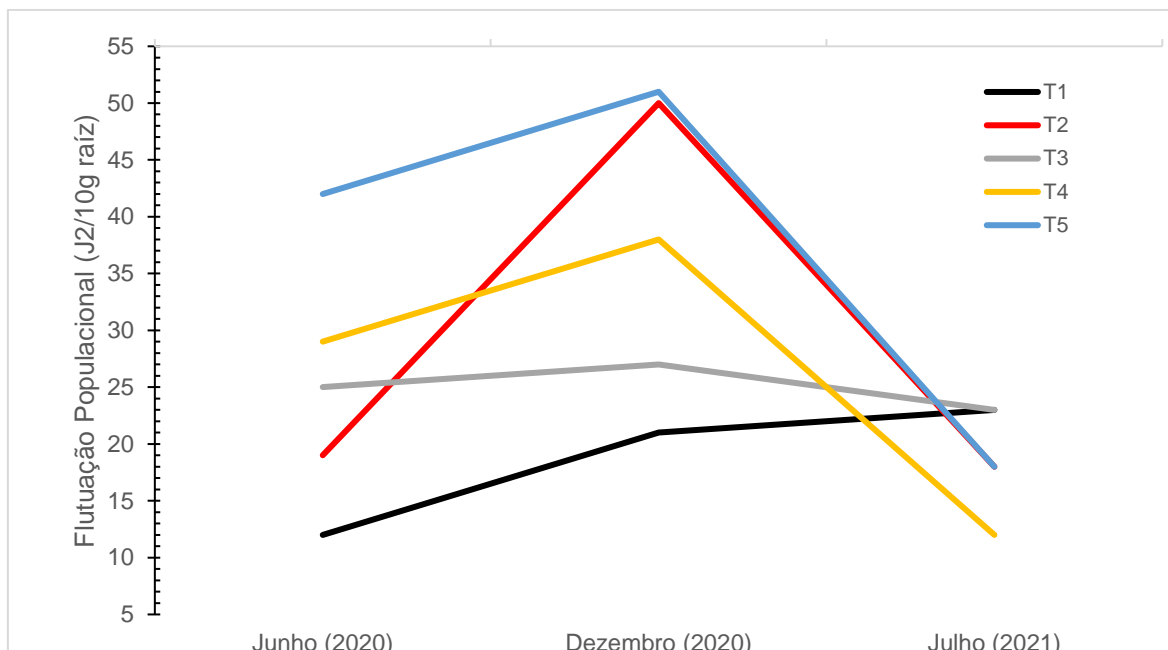


Figura 3 – Flutuação da população de *Meloidogyne incognita* no solo coletado na zona de crescimento radicular do cafeeiro conilon durante avaliação de diferentes métodos de manejo. **T1**: Cadusafós; **T2**: *B. licheniformis*, *B. subtilis* e *T. longibrachiatum*; **T3**: fertilizante organomineral fosfatado; **T4**: *B. subtilis*, *B. methylotrophicus*, *T. asperellum*; **T5**: Testemunha. Fonte: autoria própria.

Em lavouras naturalmente infestadas, é comum haver variação da população de nematoides encontrada no solo coletado na zona de crescimento radicular das plantas hospedeiras (PEZZONI-FILHO et al, 2018, SOUZA et al, 2019). Deve-se tal fato às interações entre patógeno-hospedeiro, além dos fatores ambientais que exercem influência sobre esta variação. Sob condições ambientais favoráveis, como temperatura do ar e umidade no solo entre 60 a 70%, um ciclo reprodutivo pode ocorrer a cada três ou quatro semanas, com uma fêmea realizando a postura de ovos agrupados em uma matriz gelatinosa com características de proteção, promovendo aumento da população de J2 do patógeno (ZINGER et al, 2021). A elevada densidade populacional proveniente desses ciclos reprodutivos pode elevar a competição por suprimentos essenciais aos patógeno, além da redução drástica do desenvolvimento de novas raízes, induzindo a diminuição da população de J2 disperso no solo (FATOBENE et al, 2018; SILVA et al, 2020a).

Na primeira avaliação do fator de reprodução (FR) de *M. incognita*, todos os tratamentos utilizados foram estatisticamente iguais à testemunha (Tabela 3), sendo que o tratamento à base de controle químico (T1) foi superior aos demais tratamentos.

Na segunda avaliação, o tratamento 2 foi superior ao tratamento 4, ambos à base de controle biológico, não se diferindo do tratamento 3 (fertilizante organomineral fosfatado) e da testemunha (T5), enquanto o tratamento à base de controle químico (T1) foi estatisticamente inferior aos demais quanto à redução do FR dos nematoides.

TABELA 3: Fator de Reprodução (FR) de *Meloidogyne incognita* em 50 gramas de solo coletado sob a copa de cafeeiro conilon sob diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	Fator de Reprodução	
	FR1 180 DAA1 ¹	FR2 180 DAA2
T1 – Cadusafós 200,0 g/L	0,38 a*	1,45 c
T2 – <i>Bacillus. licheniformis</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	1,66 b	0,26 a
T3 – Fertilizante organomineral fosfatado	1,71 b	0,58 ab
T4 – <i>B. subtilis</i> , <i>B. methylotrophicus</i> , <i>T. asperellum</i>	2,05 b	0,98 b
T5 – Testemunha	1,44 ab	0,52 ab
CV (%)	29,24	21,91

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

¹ 180 DAA1: 180 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. 180 DAA2: 180 dias após a segunda aplicação dos tratamentos.

Os diferentes mecanismos de ação presentes nos tratamentos utilizados, aliados aos fatores fisiológicos das plantas hospedeiras, podem explicar os diferentes resultados de FR encontrados no solo coletado na região de crescimento das raízes de cafeeiro. Melhores resultados foram encontrados utilizando metodologias de manejo à base de produtos biológicos. Bactérias do gênero *Bacillus*, com destaque para as espécies *B. subtilis*, *B. methylotrophicus*, *B. licheniformis*, que possuem mecanismos de ação contra *M. incognita* incluindo o parasitismo direto, com atividade nematicida capaz de provocar elevada mortalidade de juvenis de segundo estágio (J2), além de redução nas taxas de eclosão de ovos provocada pela produção de compostos voláteis provenientes de metabolismo secundário destas bactérias (CAO et al, 2019; KUMAR et al, 2021; PACIFICO et al, 2021).

Produtos à base de fungos *Trichoderma*, incluindo as espécies *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* e *T. asperellum*, agem sobre os nematoides por meio da

competição por recursos disponíveis, produção de metabólitos secundários e enzimas, como quitinases e proteases, que possuem atividade tóxica, além de colonização direta de ovos de nematoides, destruindo-os (ARITA et al, 2020; KUMAR et al, 2021; ZINGER et al, 2021). Os mecanismos de ação utilizados pelos agentes de controle biológico exercem efeitos sobre a reprodução dos nematoides, fato este que pode explicar os resultados obtidos neste trabalho, com menores valores de FR quando comparados ao controle químico (Cadusafós) em ambas avaliações.

Os resultados obtidos a partir da utilização de Cadusafós como opção de manejo populacional não indicaram eficiência superior do produto quando em períodos mais longos de avaliação sobre *M. incognita* no solo sob a copa dos cafeeiros, como observado na Tabela 3. Com modo de ação caracterizado por ser de contato e ingestão pelo patógeno, a partir da inibição da acetilcolinesterase e toxicidade sobre os nematoides (SANTOS et al, 2021; ARITA et al, 2020), apresentou valores de FR significativamente inferiores quando comparados aos demais tratamentos, sendo estatisticamente igual à testemunha na primeira avaliação, aos 180 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (180 DAA1), indicando que a população do patógeno disperso no solo tende a aumentar ao longo do tempo (SAFDAR et al, 2012) sendo um fator complicador para utilização desta estratégia no manejo populacional continuado de nematoides em lavoura de café, quando comparado às demais estratégias utilizadas no presente trabalho.

3.3 Crescimento e produtividade do cafeeiro conilon submetido à diferentes métodos de manejo

Analisando o crescimento das plantas e produtividade de cafeeiro conilon submetido à diferentes métodos de manejo de *Meloidogyne incognita*, foi possível observar diferença estatística no crescimento dos ramos ortotrópico e plagiotrópico nas plantas, diferentemente da produtividade, onde todos os tratamentos foram estatisticamente iguais entre si, como pode ser observado na tabela 4.

TABELA 4: Crescimento dos ramos ortotrópico (CO) e plagiotrópico (CP) (em centímetros) do cafeeiro conilon e produtividade (PROD) (em sacas 60 kg por hectare) na safra colhida em 2021, avaliando diferentes métodos de manejos sobre *Meloidogyne incognita*.

TRATAMENTOS	VARIÁVEIS AVALIADAS		
	CO	CP	PROD
T1 – Cadusafós 200,0 g/L	45,03 b*	49,38 b	32,06 a
T2 – <i>Bacillus. licheniformis</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	49,38 ab	50,50 b	41,83 a
T3 – Fertilizante organomineral fosfatado	59,47 a	59,58 a	42,34 a
T4 – <i>B. subtilis</i> , <i>B. methylophilus</i> , <i>T. asperellum</i>	48,90 ab	49,06 b	42,83 a
T5 – Testemunha	47,88 b	40,98 c	44,29 a
CV (%)	7,60	6,84	20,96

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não se diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

Melhores resultados foram alcançados a partir da utilização de fertilizante organomineral fosfatado, que apresentou superioridade estatística frente aos demais tratamentos para o crescimento dos ramos plagiotrópicos, além de se manter entre os melhores tratamentos após análise do crescimento dos ramos ortotrópicos do cafeeiro conilon. Tal resultado pode ser atribuído ao fato de que o fornecimento adequado de nutrientes essenciais, como é o caso do fósforo, dá condições às plantas de se desenvolverem mesmo com a presença do patógeno em seu sistema radicular (MANSOURABAD et al., 2016). Especificamente o fósforo, tendo seu fornecimento elevado pela aplicação do produto (T3) em relação aos demais tratamentos, proporciona maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, possibilitando que o alcance dos nutrientes contidos no solo abrangido seja elevado (HEMATI e SAEEDIZADEH, 2020; EWALD et al., 2020), fornecendo condições de crescimento vegetativo do cafeeiro frente aos demais tratamentos.

O controle biológico, representado neste trabalho pelos tratamentos à base de *Bacillus. licheniformis*, *B. subtilis*, *Trichoderma longibrachiatum* (T2) e *B. subtilis*, *B. methylophilus*, *T. asperellum* (T3), proporcionou melhores condições de desenvolvimento dos ramos plagiotrópico das plantas, sendo estatisticamente superior em relação a testemunha (tabela 4). A capacidade dos microrganismos em

colonizar o sistema radicular das plantas hospedeiras, formando uma espécie de biofilme, que proporciona melhores condições de crescimento das raízes por meio produção de metabólitos, decomposição da matéria orgânica e liberação de elementos nutricionais (CAO et al., 2019; MENDOZA et al., 2015; TONINATO et al., 2019), promove a melhoria do desenvolvimento vegetativo do cafeeiro como um todo, induzindo a resistência das plantas à infecção pelo patógeno, refletindo nos resultados encontrados neste trabalho.

Desempenho semelhante foi observado com a utilização do controle químico à base de Cadusafós, que proporcionou crescimento dos ramos plagiotrópicos estatisticamente igual aos tratamentos à base de controle biológico (T2 e T4) e superior a testemunha (T5), o que pode estar relacionado a fitotoxicidade sobre plantas tratadas com esse ingrediente ativo, mesmo utilizando dosagem recomendada em bula, como nos trabalhos de Arita e colaboradores (2020) utilizando Cadusafós para controle de *M. paranaensis* em *Coffea arabica*. Mesmo com efetividade sobre redução da multiplicação populacional do patógeno (tabelas 2 e 3), a possibilidade de diminuição do desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon não é um aspecto desejável quanto se opta pela utilização de determinado método de manejo de *M. incognita*, pois o objetivo maior é a redução dos danos provocados à planta susceptível garantindo a viabilidade da atividade agrícola.

Plantas de *C. canephora* com suprimento nutricional adequado, bem como disposição de sistema de irrigação para fornecimento de água em períodos de restrição hídrica, provocada por ausência de precipitação pluviométrica, permite que as raízes do cafeeiro se desenvolvam mesmo sob infestação de nematoides (COVRE et al, 2015). Tal desenvolvimento radicular dá condições às plantas de resistirem quando submetidas a situações de estresse. Desta forma, o dano causado pela ação do patógeno no sistema radicular tende a ser amenizado, permitindo que o aparato fisiológico das plantas possa realizar os processos envolvidos em seu crescimento vegetativo, influenciando também na produção de grãos (LIMA et al, 2015; PARTELLI et al, 2020).

Tais aspectos também podem estar relacionados à igualdade estatística entre os diferentes tratamentos quanto à produtividade das plantas em avaliação da colheita realizada em 2021. Em trabalhos realizados com diferentes clones da cultivar Vitória Incaper 8142 infectados por *M. paranaensis* não foram encontradas diferenças quanto aos parâmetros de produção (SALGADO et al, 2019). Também não houve diferença

na avaliação da primeira safra de café utilizando plantas de *Coffea arabica* sob infestação de *M. exígua* em lavoura conduzida na região Noroeste Fluminense (BARBOSA et al, 2014), sendo que nas safras seguintes, houve diferença na produtividade avaliada. Desta forma, espera-se que nas safras seguintes, os diferentes tratamentos possam apresentar efeitos sobre a produtividade do cafeeiro conilon, possibilitando a confirmação da viabilidade dos produtos utilizados neste trabalho na manutenção da viabilidade produtiva de lavouras de café conilon afetadas pela presença *M. incognita*.

4. CONCLUSÃO

Os tratamentos utilizados proporcionaram redução do fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* nas raízes das plantas de café conilon.

Cadusafós 200,0 g/L foi responsável pela maior multiplicação da população de *M. incognita* no solo após duas aplicações.

Plantas que receberam fertilizante organomineral fosfatado apresentaram os maiores valores de crescimento vegetativo, porém, nenhum dos tratamentos influenciaram na produtividade do cafeeiro conilon.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-ELGAWAD, M.M.M. Optimizing Safe Approaches to Manage Plant-Parasitic Nematodes. **Plants**, v.10, n.9, 2021. DOI: 10.3390/plants10091911.
- ADAM, M.; HEUER, H.; HALLMANN, J. Bacterial Antagonists of Fungal Pathogens Also Control Root-Knot Nematodes by Induced Systemic Resistance of Tomato Plants. **PLOS ONE**, v.9, n.2, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0090402.
- ALVES, C.S.; STARLING, R.Z.C.; RODRIGUES, L.L.; NASCIMENTO, M.L.U.; REIS, U.O.; CAMARA, G.R.; MORAES, W.B.; XAVIER, A.S.; ALVES, F.R. Greenhouse and field assessment of biological and chemical agents against guava decline. **Summa Phytopathologica**, v.47, n.2, p.96-102, 2021. DOI: 10.1590/0100-5405/225806.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6 p.711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANTIL, S.; KUMAR, R.; PATHAK, D.V.; KUMAR, A.; PANWAR, A.; KUMARI, A. Plant growth-promoting rhizobacteria - *Bacillus cereus* KMT-5 and *B. megaterium* KMT-8 effectively suppressed *Meloidogyne javanica* infection. **Applied Soil Ecology**, v.174, 2022. DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104419.
- ARITA, L.Y.; SILVA, S.A.; MACHADO, A.C.Z. Efficacy of chemical and biological nematicides in the management of *Meloidogyne paranaensis* in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, v.131, 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105099.
- BARBOSA, D.H.S.G.; VIEIRA, H.D.; RODRIGUES, W.P.; RODRIGUES FILHO, J.C.; BARROSO, D.G.; SILVA, T.R.C. Efeito da enxertia e do nematoide *Meloidogyne exigua* sobre o crescimento radicular e a produtividade de cafeeiros. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.427-434, 2014.
- BARROS, A.F.; OLIVEIRA, R.D., LIMA, I.M.; COUTINHO, R.R.; FERREIRA, A.O.; COSTA, A. Root-knot nematodes, a growing problem for Conilon coffee in Espírito Santo state, Brazil. **Crop Protection**, v.55, p.74-79, 2014. DOI: 10.1016/j.cropro.2013.10.004.
- BETTIOL, W. Componentes do controle biológico de doenças de plantas. In: **Controle Biológico de Doenças de Plantas**. EMBRAPA: Jaguariúna – SP, 1991. Cap.1, p.1-6.
- BOHNER, T.O.L.; ARAÚJO, L.E.B.; NISHIJIMA, T. O IMPACTO AMBIENTAL DO USO DE AGROTÓXICOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE DOS TRABALHADORES RURAIS. **Revista Eletrônica Do Curso De Direito Da UFSM**, v.8, p.329–341, 2013. DOI: 10.5902/198136948280
- BONETTI, J.I.S.; S. FERRAZ. 1981. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.6, n.553, 1981.

BUNN, C.; LÄDERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v.129, p.89-101, 2015. DOI: 10.1007/s10584-014-1306-x.

CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee and cocoa. In: **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 2. ed. Wallingford, UK: CAB International, 2005. p.529-579.

CAO, H.; JIAO, Y.; YIN, N.; LI, Y.; LING, J.; MAO, Z.; YANG, Y.; XIE, B. Analysis of the activity and biological control efficacy of the *Bacillus subtilis* strain Bs-1 against *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, v.122, p.125-135, 2019. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.04.021.

CARNEIRO, R.M.D.G. e ALMEIDA, M.R.A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematóides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, v.25, p.35-44, 2001.

CARNEIRO, R.M.D.G.; MONTEIRO, T.S.A.; ECKSTEIN, B.; FREITAS, L.G. Controle de nematoides fitoparasitas. In: **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Cap.12. p.371-413.

CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H.P.; FAZUOLI, L.C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M.M.A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, p.135-183, 1991.

CHENG, W.; YANG, J.; NIE, Q.; HUANG, D.; YU, C.; ZHENG, L.; CAI, M.; THOMASHOW, L.S.; WELLER, D.M.; YU, Z.; ZHANG, J. Volatile organic compounds from *Paenibacillus polymyxa* KM2501-1 control *Meloidogyne incognita* by multiple strategies. **Scientific reports**, v.7, n.1, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-16631-8

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Safra 2021 – quarto levantamento, v.8, n.4, Brasília – DF, 2021. 55 p.

CONTARATO, C.C.; TOMAZ, M.A.; ALVES, F.R.; SOBREIRA, F.M.; JESUS JUNIOR, W.C.; RABELLO, L.K.C.; FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G. Reaction of cultivar Coffee 'Vitória INCAPER 8142' of conilon to parasitism of *Meloidogyne exigua*. **IDESIA**, v.32, n.1, p.93-97, 2014. DOI: 10.4067/S0718-34292014000100011.

COUTINHO, R.R.; PACHECO, P.V.M.; MONTEIRO, T.S.A.; BALBINO, H.M.; MOREIRA, B.C.; FREITAS, L.G. Root colonization and growth promotion of cover crops by *Pochonia chlamydosporia*. **Rhizosphere**, v.20, 2021. DOI: 10.1016/j.rhisph.2021.100432.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; BRAUN, H.; RONCHI, C.P. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum**, v.38, n.4, p.535-545, 2016. DOI: 10.4025/actasciagron.v38i4.30627.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; GONTIJO, I.; ZUCOLOTO, M. Distribuição do sistema radicular de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.11, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X201500110000

CURTIS, R.H.; ROBINSON, A.F.; PERRY, R.N. Hatch and host location. In: **Root-knot nematodes**. CAB International, Wallingford, 2009. p.139-162

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, n.4, p.357-377, 2011. DOI: 10.1111/j.1095-8339.2011.01177.x.

DIHINGIA, S.; DAS, D.; BORA, S. Effect of microbial secretion on inhibitory effect of phytonematode: a review. **International Journal of Information Reserch and Review**, v.4, n.7, p.4275-4280, 2017.

D'ADDABBO, T.; LAQUALE, S.; PERNIOLA, M.; CANDIDO, V. Biostimulants for Plant Growth Promotion and Sustainable Management of Phytoparasitic Nematodes in Vegetable Crops. **Agronomy**, v.9, n.10, 2019. DOI: 10.3390/agronomy9100616.

EBONE, L.A.; KOVALESKI, M.; DEUNER, C.C. Nematicides: history, mode, and mechanism action. **Plant Science Today**, v.6, n.2, p.91-97, 2019. DOI: 10.14719/pst.2019.6.2.468.

EL-NEGDI, W.M.A.; ABD-EL-KHAIR, H. Application of *Bacillus* species for controlling root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in eggplant. **Bulletin of the National Research Centre**, v.43, n.154, 2019. DOI: 10.1186/s42269-019-0187-6.

EWALD, M.; RUSCH, D.; RIBMANN, C.; TROST, B.; THEUERL, S.; RUESS, L. Effects of irrigation and fertilization practice on soil nematode communities in arable land. **Applied Soil Ecology**, v.177, 2022. DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104546

FATOBENE, B.J.R.; ANDRADE, V.T.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O. *Coffea canephora* clones with multiple resistance to *Meloidogyne incognita* and *M. paranaensis*. **Experimental Agriculture**, v.55, n.3, p.443-451, 2018. DOI: 10.1017/S0014479718000108

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: Fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 268p.

FERRÃO; R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H (Editores). **Café Conilon**. Vitória – ES: Incaper, 2.ed, 2017. 784p.

FRANCO JÚNIOR, K.S.; FLORENTINO, L.A.; DIAS, M.S.; FRANCO, T.C. Influence of the use coverage plants and the bioactivator in the physical-biological characteristics of soil cultivated with coffee. **Coffee Science**, v.14, n.1, p.123–126, 2019

GILES, J.A.D.; PARTELLI, F.L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J.P.; OLIOSI, G.; LIMA E SILVA, F.H. Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.2437-2446, 2018. DOI: 10.1590/0001-3765201820170523.

GONÇALVES, W.; ANDRADE, V.T.; FATOBENE, B.J.R.; CAIXETA, L.B.; PADILHA, L.; OLIVEIRA, C.M.G.; ROSA, J.M.O.; RODRIGUES, L.M.R.; GUERREIRO FILHO, O. Selection strategy of a *Coffea canephora* rootstock with simultaneous nematode

resistance to *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* and *M. paranaensis*. **European Journal of Plant Pathology**, v.160, p.81-95, 2021. DOI: 10.1007/s10658-021-02225-8

GONÇALVES, W.; FERRAZ, L.C.C.B.; LIMA, M.M.A.; SILVAROLLA, M.B.; Patogenicidade de *Meloidogyne exigua* e *M. incognita* raça 1 a mudas de cafeeiros. **Bragantia**, v.55, n.1, p.89-93, 1996. DOI: 10.1590/S0006-87051996000100010.

GUO, X.; ENDLER, A.; POLL, C.; MARHAN, S.; RUESS, L. Independent effects of warming and altered precipitation pattern on nematode community structure in an arable field. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.316, 2021. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107467.

HEMATI, S.; SAEEDIZADEH, A. Root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in response to soil fertilization. **Brazilian Journal of Biology**, v.80, n.3, p.621-630, 2020. DOI: 10.1590/1519-6984.218195

HERNANDES, I.; COSTA-BRITO, O.D.; MENDES-LOPES, A.P.; CRUZ-SOARES, M.R.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Biological products in association with organic matter to control *Meloidogyne javanica* in tomato. **European Journal of Horticultural Science**, v.85, n.1, p.14-21, 2020. DOI: 10.17660/eJHS.2020/85.1.2.

HOLDERBAUM, M.M.; SANTIAGO, D.C.; SERA, G.H.; SILVA, S.A.; DORIGO, O.F.; SHIGUEOKA, L.H.; MACHADO, A.C.Z. Penetration, development, and reproduction of *Meloidogyne paranaensis* in three *Coffea arabica* genotypes. **Tropical Plant Pathology**, v.46, p.528-535, 2021. DOI: 10.1007/s40858-021-00449-x.

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

ITO, D.S.; SERA, G.H.; SANTIAGO, D.C.; KANAYAMA, F.S.; GROSSI, L.D. Progenies de café com resistência a nematoides *Meloidogyne paranaensis* e Raca 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**. v.3, n.2, p.156-163, 2008.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, 48: 692, 1964.

KARABÖRKLÜ, S.; AYDINLI, V.; DURA, O. The potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in controlling the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato and cucumber. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.25, n.1, 2022. DOI: 10.1016/j.aspen.2021.101846

KAYANI, M.Z.; MUKHTAR, T.; HUSSAIN, M.A. Effects of southern root knot nematode population densities and plant age on growth and yield parameters of cucumber **Crop Protection**, v.92, p.207-212, 2017. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.09.007.

KRIF, G.; LAHLALI, R.; AISSAMI, A.E.; LAASLI, S.E.; MIMOUNI, A.; SERDERIDIS, S.; PICAUD, T.; MOENS, A.; DABABAT, A.A.; FAHAD, K. MOKRINI, F. Efficacy of authentic bio-nematicides against the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* infecting tomato under greenhouse conditions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.118, 2022. DOI: 10.1016/j.pmpp.2022.101803.

KUMAR, K.K.; ARTHURS, S. Recent advances in the biological control of citrus nematodes: A review. **Biological Control**, v.157, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2021.104593.

LIMA, E.A.; FURLANETTO, C.; NICOLE, M.; GOMES, A.C.M.M.; ALMEIDA, M.R.A.; JORGE-JÚNIOR, A.; CORREA, V.R.; SALGADO, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; CARNEIRO, R.M.D.G. The multi-resistant reaction of drought-tolerant coffee 'Conilon Clone 14' to *Meloidogyne* spp. and late hypersensitive-like response in *Coffea canephora*. **Phytopathology**, v.105, n.6, p.805-814, 2015. DOI: 10.1094/PHYTO-08-14-0232-R.

MANSOURABAD, M.A.; BIDEH, A.K.; ABDOLLAHIN, M. Effects of some micronutrients and macronutrients on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* cv. Negin). **Journal Crop Protection**, v.5, n.4, p.507-517, 2016. DOI: 10.18869/modares.jcp.5.4.507.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil Projeções do Agronegócio**. Brasília – DF, 2021. 102p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Consulta de Produtos Formulados - AGROFIT**. Disponível em https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 02 de junho de 2022.

MENDONÇA, R.F.; JESUS JUNIOR, W.C.; FERRÃO, M.A.G.; MORAES, W.B.; BUSATO, L.M.; FERRÃO, R.G.; TOMAZ, M.A.; FONSECA, A.F.A. Genótipos de café conilon e sua reação à ferrugem alaranjada. **Summa Phytopathol**, v.45, n.3, p.279-384, 2019. DOI: 10.1590/0100-5405/183017.

MENDOZA, J.L.H.; PÉREZ, M.I.S.; PRIETO, J.M.G.; VELÁSQUEZ, J.D.Q.; OLIVARES, J.G.G.; LANGARICA, H.R.G. Antibiosis of *Trichoderma* spp strains native to northeastern Mexico against the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.46, n.4, 2015. DOI: 10.1590/S1517-838246420120177.

MIORANZA, T.M.; STANGARLIN, J.R.; MULLER, M.A.; COLTRO-RONCATO, S.; INAGAKI, A.M.; MEINERZ, C.C.; ESTEVEZ, R.L.; SWAROWSKY, R.A.; SCHONS, B.C.; KUHN, O.J. Control of *Meloidogyne incognita* in tomato plants with highly diluted solutions of *Thuya occidentalis* and their effects on plant growth and defense metabolism. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.4, p.2187-2200, 2017. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n4p2187

MORI, A.L.B.; GARCIA, A.O.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A; FERRÃO, R.G.; BENASSI, M.T. Sensory profile of conilon coffee brews from the state of Espírito Santo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.9, p.1061-1069, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018000900010.

NASU, E.G.C.; AMORA, D.X.; MONTEIRO, T.S.A.; ALVES, P.S.; PODESTÁ, G.S.; FERREIRA, F.C.; FREITAS, L.G. *Pochonia chlamydosporia* applied via seed treatment for nematode control in two soil types. **Crop Protection**, v.114, p.106-112, 2018. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.08.010.

OLIOSI, G.; GILES, J.A.D.; RODRIGUES, W.P.; RAMALHO, J.C.; PARTELLI, F.L. Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*Toona ciliata* M. Roem. var. *Australis*). **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.4, p.528-538, 2016. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.04.p7295x.

OLIVEIRA, D.S.; OLIVEIRA, R.D.L.; SILVA, D.G.; SILVA, R.V. Falha na adaptabilidade de *Meloidogyne incognita* ao cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, v.33, p.207-211, 2009.

ORION, D.; KRITZMAN, G.; MEYER, S.L.F.; ERBE, E.F.; CHITWOOD, D.J. A role of the gelatinous matrix in the resistance of root-knot nematode (*Meloidogyne spp.*) eggs to microorganisms. **Journal of Nematology**, v.33, n.4, p.203-207, 2001.

OSMAN, H.A.; AMEEN, H.H.; MOHAMED, M.; EL-SAYED, G.M.; DAWOOD, M.G.; ELKELANY, U.S. Bio-fertilizers' protocol for controlling root knot nematode *Meloidogyne javanica* infecting peanut fields. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v.31, n.130, 2021. DOI: 10.1186/s41938-021-00471-w.

PACHECO, P.V.M.; CAMPOS, V.P.; TERRA, W.C.; PEDROSO, M.P.; PAULA, L.L.; SILVA, M.S.G.; MONTEIRO, T.S.A.; FREITAS, L.G. Attraction and toxicity: Ways volatile organic compounds released by *Pochonia chlamydosporia* affect *Meloidogyne incognita*. **Microbiological Research**, v.255, 2022. DOI: 10.1016/j.micres.2021.126925

PACIFICO, M.G.; ECKSTEIN, B.; BETTIOL, W. Screening of *Bacillus* for the development of bioprotectants for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* and *Meloidogyne incognita*. **Biological Control**, v.164, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2021.104764.

PARTELLI, F.L.; CAVALCANTI, A.C.; MENEGARDO, C.; COVRE, A.M.; GONTIJO, I.; BRAUN, H. Spatial distribution of the root system of Conilon and Arabica coffee plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, 2020. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01333

PARTELLI, F.L.; GOLYNSKI, A.; FERREIRA, A.; MARTINS, M.Q.; MAURI, A.L. RAMALHO, J.C., VIEIRA, H.D. Andina - first clonal cultivar of high-altitude conilon coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, n.4, p.476-480, 2019. DOI: 10.1590/1984-70332019v19n4c68.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal Vegetative Growth in Genotypes of *Coffea canephora*, as Related to Climatic Factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-116, 2013. DOI: 10.5539/jas.v5n8p108

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SILVA, M.G.; RAMALHO, J.C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.619-626, 2010. DOI: 10.5433/1679-0359.2010v31n3p619.

PEZZONI-FILHO, J.C.; BRIDA, A.L.; MORAES, D.A.C.; ZIMBACK, C.R.L.; WILCKEN, S.R.S.; FURTADO, E.L. *Meloidogyne exigua* (Meloidogynidae) em clones de

seringueira em duas épocas do ano. **Corpoica Ciencia Tecnologia Agropecuária**, v.19, n.3, p.607-620, 2018. DOI: 10.21930/rcta.vol19_num3_art:566

PHAM, T.T.; GIANG, B.L.; NGUYEN, N.H.; DONG YEN, P.N.; MINH HOANG, V.D.; LIEN HA, B.T.; LE, N.T.T. Combination of mycorrhizal symbiosis and root grafting effectively controls nematode in replanted coffee soil. **Plants**, v.9, n.5, 2020. DOI: 10.3390/plants9050555

ROSADO, T.L.; FREITAS, M.S.M.; CARVALHO, A.J.C.; GONTIJO, I.; TOMAZ, M.A.; VIEIRA, H.D.; PIRES, A.A. Nutrition of conilon coffee under fertilization of nitrogen and molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, p.558-571, 2021. DOI: 10.1080/01904167.2021.1943750.

RINALDI, L.K.; MIAMOTO, A.; CALANDRELLI, A.; SILVA, M.T.R.; CHIDICHIMA, L.P.S.; PEREIRA, C.B.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Control of *Meloidogyne javanica* and induction of resistance-associated enzymes in soybean by extracts of *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Applied Phycology**, v.33, p.2655-2666, 2021. DOI: 10.1007/s10811-021-02454-8.

RUDNICK, V.A.S.; VIEIRA JUNIOR, J.R.; FERNANDES, C.F.; ROCHA, R.B.; TEIXEIRA, A.L.; RAMALHO, A.R.; ESPINDULA, M.C.; SANTOS, A.V.; ANJOS, E.F.M.; UCHOA, F.P. Resistance of new *Coffea canephora* clones to root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in the western amazon. **Coffee Science**, v. 15, p. e151708, 2020. DOI: 10.25186/v15i.1708.

SAFDAR, H.; JAVED, N.; KHAN, S.A.; HAQ, I.; SAFDAR, A.; KHAN, N.A. Control of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood by Cadusafos (Rugby ®) on Tomato. **Pakistan Journal of Zoology**, v.44, n.6, p.1703-1710, 2012.

SALGADO, S.M.L.; FATOBENE, B.J.R.; MENDES-RESENDE, M.P.; TERRA, W.C.; SILVA, V.A.; LIMA, I.M. Resistance of Conilon coffee cultivar Vitoria Incaper 8142 to *Meloidogyne paranaensis* under field conditions. **Experimental Agriculture**, v.56, n.1, p.88-93, 2019. DOI:10.1017/S0014479719000188

SALGADO, S.M.L.; REZENDE, J.C.; NUNES, J.A.R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested área. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.14, p.94-101, 2014. DOI: 10.1590/1984-70332014v14n2a17.

SANTOS, A.V.; ROCHA, R.B.; FERNANDES, C.F.; SILVEIRA, S.F.; RAMALHO, A.R.; VIEIRA, J.R.J. Reaction of *Coffea canephora* clones to the root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.11, p.916-922, 2017. DOI: 10.5897/AJAR2016.11999

SANTOS, A.V.; ROCHA, R.B.; SILVEIRA, S.F.; TEIXEIRA, A.L.; MATOS, S.I.; VIEIRA JUNIOR, J.R. Characterization of resistance response of *Coffea canephora* genotypes to *Meloidogyne incognita* (Est I2) root-knot nematode. **Coffee Science**, v.13, n.2, p.219-229, 2018. DOI: 10.25186/cs.v13i2.1422.

SANTOS, M.F.A.; CORREA, V.R.; PEIXOTO, J.R.; MATTOS, V.S.; SILVA, J.G.P.; MOITA, A.W.; SALGADO, S.M.L.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CARNEIRO, R.M.D.G. Genetic variability of *Meloidogyne paranaenses* populations and their

aggressiveness to susceptible coffee genotypes. **Plant Pathology**, 2018, v.67, p.193-201. DOI: 10.1111/ppa.12718

SANTOS, L.B.; SOUZA JUNIOR, J.P.; PRADO, R.M.; FERREIRA JÚNIOR, R.; SOUZA, V.F.; SARAH, M.M.S.; SOARES, P.L.M. Silicon Allows Halving Cadusafos Dose to Control *Meloidogyne incognita* and Increase Cotton Development. **Comunicação Curta Springer Nature**, 2021. DOI: 10.1007/s12633-021-01126-z.

SHAWKY, S.M.; AL-GHONAIMY, A.M. Efficacy of some Bioagents and Plant Extracts in Controlling *Tylenchulus Semipenetrans* Citrus in Egypt. **Egypt Journal Agronematology**, v.14, n.1, p.45-61, 2015. DOI: 10.21608/EJAJ.2015.60387.

SILVA, S.A.; BICALHO, A.C.G.; SANTIAGO, D.C.; CUNHA, L.S.; MACHADO, A.C.Z. Assessment of the most suitable nematode inoculum density and plant growth period to screen coffee genotypes for their reaction to *Meloidogyne incognita*. **Nematology**, v.22, n.4, p.373-380, 2020. DOI: 10.1163/15685411-00003311.

SILVA, J. C. P.; TERRA, W. C.; FREIRE, E. S.; CAMPOS, V. P.; CASTRO, J. M. C. Aspectos gerais e manejo de *Meloidogyne enterolobii*. In: **Sanidade de raízes**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2014. Cap. 3, p. 59-77.

SILVA, R.V.; OLIVEIRA, R.D.L.; FERREIRA, P.S.; FERREIRA, A.O.; RODRIGUES, F.A. Defense responses to *Meloidogyne exigua* in resistant coffee cultivar and non-host plant. **Tropical Plant Pathology**, v.38, n.2, p.114-121, 2013. DOI: 10.1590/S1982-56762013000200004.

SOUZA, W.C.; COELHO, L.; LEMES, E.M.; GONTIJO, L.N. Manejo de *Meloidogyne exigua* em seringueira com produtos biológicos e químicos. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.4, p.406-412, 2019. DOI: 10.1590/0100-5405/205581.

TAQUES, R.C. e DADALTO, G.G. Zoneamento Agroclimatológico para a Cultura do Café Conilon no Estado do Espírito Santo. In: **Café Conilon**, 2 ed., Vitória – ES: Incaper, 2017. 784p.

TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. **Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*)**. Coop. Publ. Dept. Plant Pathology, North Carolina State University Graphics, Raleigh, USA. 1978. 111 p.

TOLARDO, A.L.; ALVES, G.C.S.; SILVA, G. F. da; PEREIRA, W.J.; SILVA, D. Z. da; SILVA, S.A.S. Biological control: isolated and in mixtures and genetic control of *Meloidogyne exigua* in coffee. **Coffee Science**, v.14, n.2, p.147–156, 2019.

TONINATO, B.O.; SOUZA, D.H.G.; PONTALTI, P.R.; LOPES, A.P.M.; DIAS-ARIEIRA, C.R. *Meloidogyne javanica* control in lettuce with fertilizers applied isolated or associated with biological product. **Horticultura Brasileira**, v.37, p.384-389, 2019. DOI:10.1590/S0102-053620190404

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; LIMA, I. Manejo das doenças do cafeiro conilon. In: **Café Conilon**. 2 ed. Vitória, ES: Incaper, 2017. Cap. 29, p.434-479.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R.; CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo

protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.4, p.355-372, 2004. DOI: 10.1590/S0100-41582004000400001.

VIEIRA JÚNIOR, J.R.; FERNANDES, C.D.F.; MATOS, S.I.; FREIRE, T.C.; FONSECA, A.S.; MARREIROS, J.A.A.; SILVA, D.S.G.D. **Levantamento da ocorrência de populações do nematoide das-galhas-do-cafeeiro (*Meloidogyne spp.*) em Rondônia – primeira atualização**. Embrapa Rondônia, Comunicado Técnico, n. 397. 2015. 5 p.

VOS, C.M.; TESFAHUN, A.N.; PANIS, B.; DE WAELE, D.; ELSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. **Applied Soil Ecology**, v.61, 2012, p.1-6. DOI: 10.1016/j.apsoil.2012.04.007

WILLIAMS, T.I.; EDGINGTON, S.; OWEN, A.; GANGE, A.C. Evaluating the use of seaweed extracts against root knot nematodes: A meta-analytic approach. **Applied Soil Ecology**, v.168, 2021. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.104170.

XIANG, N.; LAWRENCE, K.S.; KLOEPPER, J.W.; DONALD, P.A.; MCINROY, J.A.; LAWRENCE, G.W. Biological Control of *Meloidogyne incognita* by Spore-forming Plant Growth-promoting Rhizobacteria on Cotton. **Plant Disease**, v.101, n.5, p.774-784, 2017. DOI: 10.1094/PDIS-09-16-1369-RE.

YI, X.; GUO, Y.; KHAN, R.A.A.; FAN, Z. Understanding the pathogenicity of *Pochonia chlamydosporia* to root knot nematode through omics approaches and action mechanism. **Biological Control**, v.162, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2021.104726.

ZAMBOLIM, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.41, p.1-8, 2016. DOI: 10.1007/s40858-016-0065-9.

ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. Princípios de controle de doenças de plantas. In: **O essencial da fitopatologia: epidemiologia de doenças de plantas**. Viçosa, MG: Suprema, 2014. Cap.10, p.291-367

ZINGER, F.D.; ZINGER, L.K.C.R.; MORAES, W.B.; CAMARA, G.R.; ALVES, F.R. Quantification of damage and yield losses and management of root-knot nematodes in conilon coffee. **Revista Caatinga**, v.34, n.2, p.287-297, 2021. DOI: 10.1590/1983-21252021v34n205rc

ZINGER, L.K.C.R.; ZINGER, F.D.; ALVES, F.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; GONÇALVES, A.O.; CRUZ, T.P.; MORAES, W.B.; CAMARA, G.R. Influence of *Meloidogyne incognita* race 1 on the development of clones of *Coffea canephora*, variety “Jequitibá Incaper 8122”. **Arq. Inst. Biol**, v.87, p.1-7, 2020. DOI: 10.1590/1808-1657000152019.