

## **CAPÍTULO 4**

### **Gerenciamento de nematoides no sistema de produção do cafeeiro Conilon**

**Inorbert de Melo Lima  
Dalila Sêni Buonicontro  
Bruna da Silva Arpini  
Maiara Corrêa Teodoro  
Nádima Silva Costa**

#### **1. Introdução**

A cafeicultura, para se adequar as necessidades de mercado, enfrenta e continuará enfrentando desafios monumentais para melhorar a produção, qualidade e garantir a segurança alimentar.

As áreas cultivadas de cafeeiro concentram-se nas regiões tropicais e subtropicais. De maneira geral, Sikora, et al., (2018) destacam que o impacto negativo que os nematoides parasitas de plantas desempenham sobre a produção agrícola nos trópicos é imensa, e a quantidade total de danos e o conseqüente impacto que os nematoides têm sobre o rendimento são subestimados.

A produção de cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) no Brasil aumentou de forma constante até 2014, mas desde então diminuiu devido a severas secas após a floração, enquanto que para cafeeiro conilon/robusta (*Coffea*

*canephora*) um cenário semelhante se desenrolou, com o aumento da produção e depois seca e alta temperaturas afetaram os rendimentos (Villain, et al, 2018). Segundo Bertrand et al., (2016), esses estresses abióticos tendem destacar o impacto dos ataques nematoides ao cafeeiro.

Indiscutivelmente, a nematologia, como ciência aplicada, será confrontada com desafios ainda maiores para melhorar a saúde e a produtividade das plantas nos subtropicos e trópicos.

O cafeeiro robusta/conilon, apenas nas últimas décadas apresenta dados de redução de produtividade em decorrência da interação com nematoides, em especial nematoides das galhas (*Meloidogyne* sp.).

## **2. Nematoides**

Os nematoides colonizam com sucesso uma imensa variedade de habitats, mais do que qualquer outro grupo de animais multicelulares. Muitas espécies são de vida livre, alimentando-se de bactérias ou esporos de fungos, enquanto outras são predadoras ou possui hábitos parasitas. As formas predatórias se alimentam de muitos grupos de invertebrados do solo, incluindo outros nematoides, enquanto as formas parasíticas utilizam como hospedeiros uma grande variedade de algas, fungos, plantas superiores, invertebrados, etc.

Os nematoides parasitas de plantas, comumente referidos como fitonematoides, são organismo de solo que parasitam raízes de plantas para se alimentar e multiplicar e suas estruturas de resistência (ovos/cistos) ficam, durante a ausência de hospedeiro suscetível, armazenadas no solo. Portanto, a simples eliminação da planta infestada não garante a desinfestação do solo.

### 3. Estabelecimento de patogenicidade

A identidade precisa da espécie de fitonematoide (s) presente (s) no talhão ou na propriedade é o primeiro passo, porém essencial, para a escolha de qualquer prática de manejo.

No conilon, existe uma considerável variabilidade genética entre os clones cultivados, inclusive quanto a resistência/tolerância à nematoides. O cenário ideal é o cultivo de cafeeiro conilon em solo livre de fitonematoides, mas caso detecte-se a presença, para efeito de manejo, o ideal seria apenas a presença de uma espécie. Pois assim seria estabelecido uma estratégia de manejo a praga chave.

Um grande obstáculo para definir uma estratégia deve-se ao fato de que nos trópicos os nematoides ocorrem mais frequentemente como comunidades mistas, criando dificuldades na elucidação da patogenicidade das espécies presentes Sikora, et al., (2018).

Numerosos gêneros e espécies de nematoides têm sido associados ao café em todo o mundo, incluindo alguns que são responsáveis por significativos danos e/ou mortalidade de plantas, resultando em perdas econômicas para os cafeicultores e economias locais (Villain et al, 2018).

Nas análises nematológicas de rotina do Espírito Santo, detecta-se a presença de mais de uma espécie de *Meloidogyne*, muitas vezes associada a *Pratylenchus*, *Helycotilenchus*, *Rotylenchus*, dentre outras. Segundo Noe, Sikora, (1990) os problemas práticos de determinar a patogenicidade dos nematoides nos trópicos podem ser muito mais difíceis do que nos países temperados.

A presença de múltiplas espécies de fitonematoide no solo dificulta diferenciar a patogenicidade individual das espécies a cada clone de cafeeiro conilon. Assim se faz necessário informações confiáveis, obtidas em pesquisas controladas, para determinar os danos e o impacto de rendimento nos vários clones cultivados.

Em se tratando de cultivos de forma geral, as estimativas mais divulgadas são ainda a de Sasser e Freckman (1987) que foi construída com base em informações fornecidas por 371 nematologistas de 75 países (Tabela 1) e fornece um guia para perda de rendimento para nematoides. Mas, nessa tabela, as perdas na cafeicultura são baseadas estritamente na interação entre nematoides e *Coffea arabica*.

**Tabela 1.** Resumo das perdas de rendimento estimadas devido a danos causados por nematoides parasitas de plantas em todo o mundo. Adaptado de Sasser e Freckman, 1987.

Cultura	Perda (%)	Cultura	Perda (%)
Abacaxi	14,9	Ervilha	13,2
Algodão	10,7	Feijão	10,9
Amendoim	12,0	Goiaba	10,8
Arroz	10,0	Grão de bico	13,7
Aveia	4,2	Inhame	17,7
Banana	19,7	Mamão	15,1
Batata	12,2	Mandioca	8,4
Batata-doce	10,2	Melão	13,8
Berinjela	16,9	Milho	10,2
Beterraba	10,9	Painço	11,8
Cacau	10,5	Pimenta	12,2
Café	15,0	Quiabo	20,4
Cana	15,3	Soja	10,6
Caupi	15,1	Sorgo	6,9
Cevada	6,3	Tabaco	14,7
Chá	8,2	Tomate	20,6
Citros	14,2	Trigo	7,0
Coco	17,1	Uva	12,5

#### 4. Gerenciamento eficaz de solos infestados com nematoides

O gerenciamento de nematoide em cafeeiro conilon é antes de mais nada preventivo. Por exemplo, com o uso de mudas com garantia de sanidade e isenção de nematoide. A legislação Federal IN nº 35, de 29 de novembro de 2012 regulamenta que qualquer material genético de cafeeiro

deve estar isento de nematoides do gênero *Meloidogyne*. A legislação do Estado de São Paulo (Resolução SAA nº 47, de 11 de outubro de 2018) está mais de acordo a luz dos conhecimentos atuais e dispõe que 1) o substrato usado no enchimento da embalagem para a produção de mudas não deve conter solo de qualquer origem, devendo ser armazenado e manipulado sem contato com o solo e livre de águas invasoras; 2) o substrato deve ter boa porosidade, ser isento plantas invasoras e de nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. e das espécies *Pratylenchus jaehni* e *Pratylenchus coffeae*. Assim observa-se que cada Estado de São Paulo está gerenciando com segurança a sua cafeicultura.

Em áreas de cultivo com solos infestados, o gerenciamento desses solos se dará como o uso de outras ferramentas. Para tanto, a detecção da presença de nematoide no solo e o reconhecimento precoce dos sintomas na planta se fazem necessários.

#### **4.1. Sintomatologia**

Devido as peculiaridades do Estado do Espírito Santo, o foco será dado ao gênero *Meloidogyne*, gênero predominante nas lavouras de conilon do Espírito Santo (Barros, et al, 2014). Das mais de 17 espécies de *Meloidogyne* que parasitam cafeeiro no mundo, seis espécies ocorrem nos cafezais brasileiros: *M. coffeicola*, *M. exigua*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. paranaensis* e mais recentemente *M. izalcoensis* (Stefanelo, et al., 2018). Dentre estas, se destaca *M. exigua*, por ocorrer em praticamente todas as regiões produtoras de café arábica, além de *M. incognita* e *M. paranaensis*, por ocasionar os maiores prejuízos, tanto em *C. arabica* quanto *C. canephora* (Campos; Villain, 2005). Para esse gênero pode-se classificar em sintomas decorrentes da interação (nematoide/planta) em sintomas reflexos ou indiretos (observados na parte aérea) e sintomas diretos ou típicos (observados no sistema radicular).

Sistema radicular - Na interação *Meloidogyne* spp. e *Coffea* sp. a estrutura interna da raiz é sempre modificada no local de alimentação do parasito, com a formação de células gigantes, que são adaptações celulares altamente especializadas, induzidas e mantidas pelo nematoide (Bird, 1974). Segundo Endo (1971), uma das primeiras respostas das plantas hospedeiras aos nematoides do gênero *Meloidogyne* é a formação de galhas em suas raízes, porém, nem todas as espécies desenvolvem galhas pronunciadas no cafeeiro. Na interação de *M. incognita* e *M. paranaensis* com o cafeeiro conilon, observam-se os mesmos sintomas que aqueles exibidos quando esses parasitos interagem com *C. arabica*. Por exemplo, o clone 12V da cultivar Vitória-Incaper 8142, quando parasitado por *M. incognita* ou *M. paranaensis* apresenta as deformações radiculares como os engrossamentos (Figura 1), principalmente nas raízes mais velhas e lignificadas (Figura 1), intercalando engrossamentos com partes sadias (Figura 1). Rachaduras, fendilhamentos e escamações com descolamento dos tecidos corticais (descorticamento) podem também ser observados (Figura 1C) além da redução no sistema radicular.

**Sintomas na parte aérea** - Em experimentos de campo instalado em 2010 no município de Sooretama-ES, em solo argiloso naturalmente infestado com *M. paranaensis*, são observadas murcha nas horas mais quente do dia nos clones suscetíveis. No Estado do Espírito Santo há apenas constatações de danos causados por *M. incognita* e *M. paranaensis* e ambos sintomas são similares no cafeeiro conilon. Esses sintomas ocorrem em reboleiras (Figura 2A), declínio das plantas e queda prematura das folhas e da produção, assim como sintomas de deficiências minerais (Figura 2C e D).



**Figura 1.** Sintomas da interação *Meloidogyne paranaensis* e raízes de cafeeiro conilon, clone 12V. A e B: Sistema radicular com deformações e engrossamento em raízes de diferentes espessuras; C: Rachaduras e fendilhamento nas raízes mais grossas e lignificadas. E: Vista superior de solo infestado com *M. paranaensis* apresentando ausência de raízes absorventes – ao centro, caule de cafeeiro recepada 450 dias após a inoculação. F: Vista superior de solo desinfestado apresentando raízes absorventes superficiais. F: Raiz de cafeeiro com 3,5 anos de plantio parasitada e com ausência de raízes adventícias. G: engrossamento nas raízes mais superficiais do cafeeiro. (Imagens: Lima, I.M)

Esses sintomas são mais frequentemente observados e com maior severidade na fase de enchimento e maturação dos frutos, ou seja, do meio para o final do ciclo produtivo.

Devido a reduzida quantidade de folha nos ramos plagiotrópicos produtivos e vegetativos ou queda prematura dessas folhas há exposição precoce dos frutos a radiação ocasionando escaldaduras e a planta tendem a reduzir o ciclo produtivo com o amadurecimento precoce e nos frutos (Figura 2). Esses frutos, após o beneficiamento, apresentam elevada quantidade de frutos classificados boia, pretos ou secos. Esses frutos,

quando ficam aderidos às rosetas, tendem a secar do ápice para a base do ramo plagiotrópico (Figura 2).

Observa-se que clones suscetíveis que apresentam por dois ciclos produtivos quantidade elevadas de juvenis de segundo estágio (J2) no solo se tornam fracas, depauperadas e chegaram a morrer após a colheita ou a poda programada. Geralmente após a poda os brotos que serão os ramos ortotrópico são menos vigorosos que o esperado e tendem a secar com o tempo (Figura 2).

Em áreas capixabas, onde as lavouras e/ou talhões atacados tornam-se gradativamente anti-econômicos, ocorre a erradicação das plantas, as quais geralmente são substituídas por outras culturas ou outros clones.



**Figura 2.** Sintomas indiretos do parasitismo *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro conilon, clone 12V, com 42 meses de plantio. A: vista geral da área com reboleiras apresentando plantas mortas ou depauperadas e subdesenvolvidas; B: Queda prematura das folhas e exposição dos frutos a radiação solar provocando escaldadura. C: Planta podada com emissão de poucos ramos ortotrópico e morte do mesmo. E: morte de planta na fase de enchimento de fruto. (Imagens: Lima, I.M)



## 4.2. Uso de resistência genética

Até o momento não existe uma variedade de conilon com resistência a *Meloidogyne*. Na ausência de uma variedade com resistência genética, uma opção prática e econômica é o uso de porta-enxerto resistente. O Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER- avalia desde de 2010 a viabilidade técnica e econômica dessa alternativa de manejo de nematoides.

Após nove anos de avaliação à campo, é possível comprovar os efeitos benéficos da enxertia no stand final de plantas/ha (Tabela 2). O Stand final esperado seria de 3333 plantas/ha, e o uso do porta-enxerto com clone resistente proporcionou a manutenção do stand em 87% no clone suscetível, o nematoide foi capaz de reduzir 45% o número de plantas/ha no clone 1V (altamente suscetível).

**Tabela 2.** Stand final de plantas/ha na colheita de 2018

Muda clonal	Clones							
	1V		12V		13V		Porta-enxerto	
Sem enxerto	1599.8	bB	2933.0	aA	2666.4	aAB	2666.4	aAB
Enxertada	2933.0	aA	2533.0	aA	2133.1	aA	2933.0	aA
CV (%)	25.79							

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para linhas classificação com letras minúsculas e colunas classificação com letras maiúsculas.

Considerando uma produtividade de 70 sacas de 60 Kg/ha, verifica-se que em clones suscetíveis, como clone 1V, a uma redução de até 85%. E a enxertia proporcionou, quando comparada a planta sem enxerto, um ganho de 75% na produção. O clone 12V, foi o destaque da área. Apesar de apresentar suscetibilidade, em relação a *M. paranaensis*, esse clone manteve uma produção considerada adequada (tabela 3).

**Tabela 3.** Produção de café conilon (sacas de 60 KG/ha) – safra 2017/2018.

Muda clonal	Clones							
	1V		12V		13V		Porta-enxerto	
Sem enxerto	10.7	bC	72.27	aA	41.7	aB	64.6	aA
Enxertada	41.97	aBC	61.27	aAB	24.9	aC	68.0	aA
CV (%)	26,99							

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para linhas classificação com letras minúsculas e colunas classificação com letras maiúsculas.

A percepção do efeito do nematoide sobre a planta é observado já na produtividade de café maduro colhido/ha. As plantas enxertadas não apresentam diferenças significativas entre sim, porém a produção de café maduro em plantas clonais foi influenciada pelos graus de resistência de cada material genético. Mas ainda assim, observa-se que a poda programada de ciclo teve influência no comportamento dos materiais. O clone 13V, que a princípio demonstra resistência a *M. paranaensis*, apresentou fraco desempenho após a poda programada.

### 4.3. Nematicidas

No sistema de produção atual, o manejo de nematoides na cafeicultura de conilon é depende principalmente de nematicidas aliado a rotação de culturas.

Na década atual, saiu de comercialização a molécula carbofuran que compunha o principal nematicida químico, porém foi registrada mais uma de abamectina e a molécula fluensulfona. Na linha dos nematicidas químicos existe a previsão de serem lançados nos próximos anos, as moléculas fluazaindolizine, fluopyran e tioxazafen, todas estão em fase de registro no Ministério da Agricultura (MAPA). Mas para o manejo de

nematoides em cafeeiro, efetivamente existe três moléculas registradas (Cadusafos, Abamectina e Fluensulfona)

Destaca-se que os mecanismos de ação dos nematicidas químicos nem sempre são facilmente detectados por envolver diferentes sítios de atuação no nematoide ou ter efeitos combinados. Cabe salientar que o uso de nematicidas pode não resultar na promoção de danos irreversíveis aos nematoides, principalmente se a exposição ao produto for curta ou em baixa concentração.

É interessante ressaltar que o controle químico reduz a população de nematoides somente até 60-70 dias após a aplicação na cultura, permitindo o crescimento populacional do patógeno, com o fim do efeito residual dos produtos. No entanto, quando se utiliza essas moléculas, é comum observarem, por exemplo, na cultura da soja o incremento de três a cinco sacas/ha. Tais resultados são frutos do adequado estabelecimento inicial das plântulas, que respondem em produtividade e não da redução direta da população do patógeno no solo. Assim esses dados de produtividade não podem ser transferidos para culturas perenes como cafeeiro, onde a interação entre nematoide e planta se dá por períodos longos.

Stirling (1991) já alertava que a falta de confiabilidade e a eficácia relativamente baixa dos antagonistas de nematoides são grandes obstáculos para o uso do controle biológico no manejo de fitonematoides. Desde então as pesquisas, a readequação do mercado agrícola e a escassez de nematicidas químicos no período, acarretou uma qualificação dos nematicidas biológicos disponibilizados aos agricultores.

A eficácia de um produto biológico vai depender do potencial antagonista inerente de cada isolado ou cepa, mas também da forma na qual o produto é utilizado (Timper, 2011). Essa conscientização é fundamental na eficácia do manejo de nematoide em cafeeiro conilon, ou seja, deve ser considerado a época de aplicação e concentração do produto

utilizado. Pois o produto será aplicado no solo, onde os nematoides passam parte de sua vida, e esse ambiente é considerado o mais complexo dos ambientes. Ali, vários fatores tais como plantas hospedeiras, temperatura, umidade, aeração, textura, matéria orgânica e a microbiota do solo afetam o desenvolvimento, crescimento e estabelecimento microbiano.

Para uso efetivo na cafeicultura, dentre as bactérias, o gênero com maior sucesso para o controle biológico de nematoides é o *Bacillus*, com as espécies mais utilizadas *B. subtilis*, *B. methylophilus*, *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*. Os fungos mais comumente encontrados em produtos comerciais são *Purpureocillium lilacinum* (*Paecilomyces lilacinus*), *Pochonia chlamydosporia* e espécies de *Trichoderma*.

Os produtos à base de rizobactérias tem como principais características a indução de resistência sistêmica e a produção de toxinas, mas colonizam somente raízes ativas, nesse caso podendo permanecer por curto tempo na rizosfera. Alguns fungos colonizam bem as raízes e de se estabelecem no solo, principalmente os que apresentam fase saprofítica, mas não há dados do estabelecimento desses agentes de controle após o uso de fungicida de solo.

## 5. Considerações

A resistência genética é a alternativa mais econômica no manejo de nematoides, mas ainda não está disponível aos cafeicultores e, portanto, a prevenção e o manejo correto do solo deve ser aplicado

A cafeicultura de conilon exige o uso de diferentes clones/ha e o manejo de nematoides deve se basear na utilização de estratégias que proporcionem melhoria do ambiente para a cultura e, conseqüentemente, contribuam para aumentar a tolerância dos clones ao parasitismo. Nesse sentido, especialmente em áreas infestadas com nematoides, o solo nunca

deve apresentar condições químicas, físicas e biológicas desfavoráveis ao bom desenvolvimento do sistema radicular.

E considerando que o cultivo de conilon possui um alto custo de investimento/safra, a confiabilidade no manejo escolhido é essencial, pois a falha em reduzir as populações de nematoides pode levar a maiores perdas monetárias do que se nenhuma ação fosse tomada para controlar o nematoide.

Quanto maior o custo de entrada, maior a expectativa de um controle bem-sucedido do nematoide e, conseqüentemente, aumento do rendimento. No caso de controle parcial, por exemplo de um antagonista, pode ser combinado sequencialmente ou simultaneamente com outras opções de gestão para conseguir um controle aceitável dos nematoides.

## Referencias

- Sikora, R.A., Coyne, D., Hallmann, J. & Timper, P. Reflections and challenges: nematology in subtropical and tropical agriculture. In R.A. Sikora, D. Coyne, J. Hallmann and P. Timper, **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 3rd ed., p. 1-19, 2018.
- Bertrand, B., Marraccini, P., Villain, L., Breitler, J.-C. Etienne, H. Healthy tropical plants to mitigate the impact of climate change – as exemplified in coffee (d. o. Chapitre, Trans.). In: Torquebiau, E. (ed.) **Climate Change and Agriculture Worldwide**. Springer, Heidelberg, Germany, pp. 83–95, 2016.
- Villain L., Lima Salgado S.M., Trinh P.Q. Nematode parasites of coffee and cocoa In: Sikora Richard A. (ed.), Coyne Danny (ed.), Hallmann Johannes (ed.), Timper Patricia (ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford : CABI, p. 536-583. .. 2018
- Noe, J. and Sikora, R.A. Effects of tropical climates on the distribution and host–parasite relationship of plant parasitic nematodes. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. CAB International, Wallingford, UK, pp. 583–597, 1990
- Sasser, J.N. and Freckman, D.W. A world perspective on nematology: the role of the society. In: Veech, J.A. and Dickson, D.W. (eds) **Vistas on Nematology. Society of Nematologists Inc**, Hyattsville, Maryland, pp. 7–14, 1987.
- Barros, A.F.; Oliveira, R.D.L.; 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.

- Stefanelo, Daniela & Santos, M.F.A.; Mattos, V.; Braghini, M.T.; Mendonça, J.S.F.; Cares, J. E; Carneiro, R.M.D.G.. *Meloidogyne izalcoensis* parasitizing coffee in Minas Gerais state: the first record in Brazil. **Tropical Plant Pathology**. 44, 2018.
- Campos, V. P.; Villain, L. Nematodes parasites of coffee and cocoa. In: Luc, M.; Sikora, R. A.; Bridge, J. (Ed). **Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 2nd ed. Wallingford: CAB. p.529-579, 2005.
- Bird, A. F. Plant response to root-knot nematode. **Annual Review of Phytopathology**, 69-85. 1974
- Endo, B. Y. Nematode induced syncytia (giant cell). Host parasite relationships of Heteroderidae. In: Zuckerman, W. F & RHODE R. A. (Org) **Plant Parasitic Nematodes**. V. 2New York, Academic Press., p. 91-117, 1971.
- Stirling GR **Biological control of plant-parasitic nematodes: progress, problems and prospects**. CAB International, Wallingford, 1991
- Timper P. Utilization of biological control for managing plant-parasitic nematodes. In **Biological control of plant-parasitic nematodes** (eds J Me´rillon, K Ramawat), pp. 259– 289. New York, NY: Springer, 2011