

5 DOENÇAS CAUSADAS POR NEMATÓIDES - TECNOLOGIA NO MANEJO DE CONTROLE

Wellington Antonio Moreira
Mohammad Menbazuddin Choudhury

INTRODUÇÃO

Nematóides são organismos microscópicos, vermiformes, que, na sua maioria, são habitantes do solo. Como parte do complexo biótico do solo, apresentam diferentes hábitos alimentares, podendo ser bacteriófagos, micófagos, algófagos, protozoófagos, carnívoros ou predadores e parasitas de plantas superiores. Em sua maioria, os nematóides fitoparasitas sobrevivem alimentando-se do sistema radicular das plantas, sobre as quais podem desenvolver, simultaneamente ou não, ação traumática, espoliadora e tóxica.

São conhecidos vários gêneros e espécies de fitonematóides. Na literatura, estão relatados os seguintes nematóides associados à cultura do melão: *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla*, *Radopholus* sp., *Rotylenchulus reniformis*, *Helicotylenchus nannus* e *Aphelenchus avenae*.

Dentre esses, são considerados daninhos os pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, conhecidos como nematóides-das-galhas, por provocarem formação de entumescimento no sistema radicular da planta, doença conhecida como meloidoginose. Os prejuízos ocasionados por essa doença são

variáveis, havendo constatação de perdas de até 100% da produção de melão. No Submédio do Vale do São Francisco, a espécie mais comum é a *M. incognita*.

Os demais gêneros e espécies anteriormente citados não provocam galhas nas raízes e os prejuízos ocasionados ao melão são de menor significância, não sendo aqui discutidos em detalhes.

BIOLOGIA DAS ESPÉCIES DE *Meloidogyne* spp.

Reprodução

Cada fêmea de *Meloidogyne* spp. produz, em média, 400 a 500 ovos, podendo chegar em alguns casos, a até 2000. Os ovos são depositados numa substância gelatinosa, na superfície da raiz infestada, e sob condições ambientais adequadas e na presença da planta hospedeira, ocorre a eclosão, ou seja, a liberação no solo, dos juvenis de segundo estágio (J2), também denominados juvenis pré-parasitas. No caso específico do gênero *Meloidogyne*, a participação do macho para fertilização dos ovos não é obrigatória, ela ocorre por partenogênese.

Ciclo de vida

O ciclo de vida do nematóide apresenta quatro estádios juvenis até atingir a fase adulta. O primeiro estágio ocorre no ovo e a eclosão é estimulada por condições ambientais favoráveis, na presença de hospedeiro. Quando o nematóide deixa o ovo, no 2º estágio, permanece deste modo até encontrar o sítio de alimentos. O ciclo ovo-adulto dura de 28 a 30 dias.

Movimentação no solo

Os juvenis se movimentam, de modo aleatório entre as partículas do solo, até se aproximarem da raiz. A atração por exsudados radiculares se dá a uma distância de 2 a 3 cm. A distância máxima percorrida pelo nematóide no solo é de 30 cm em 1 mês e o movimento só ocorre sob condições adequadas de temperatura e umidade. O movimento de nematóides a longas distâncias só ocorre por meio da água de irrigações, de partículas de solo ou de raízes, de ferramentas e máquinas agrícolas.

Alimentação e Parasitismo

Fitonematóides obtêm seu alimento de plantas vivas, ou seja, são parasitas obrigatórios. Guiados por órgãos sensoriais, os nematóides localizam e se aproximam da raiz da planta seguindo um gradiente de excreções radiculares. Por meio do seu estilete, órgão de alimentação, a célula da planta hospedeira é perfurada, ocorrendo injeção de secreções produzidas em suas glândulas esofageanas. A ação dos nematóides sobre as plantas se manifesta de três maneiras: traumática, espoliadora e tóxica. A maior parte dos prejuízos causados às plantas provém da ação de substâncias (secreções ou saliva) liberadas no seu organismo pelo nematóide. Trata-se, pois, de ação tóxica. As secreções digestivas

liquefazem o conteúdo celular que é sugado pelo estilete e levado ao intestino pelo esôfago. As espécies do gênero *Meloidogyne* excretam substâncias que promovem o crescimento da célula em que se alimentam. As células afetadas são transformadas em células gigantes, que, em grande quantidade, formam as chamadas galhas e constituem o ponto de alimentação, desenvolvimento e reprodução do nematóide. O processo simples de alimentação (ação espoliadora) do nematóide, provavelmente, não teria tanta significância se não estivesse acompanhado pela injeção de secreções produzidas em suas glândulas esofageanas.

Os fitonematóides são, muitas vezes, parasitas especializados, isto é, podem se reproduzir somente quando se alimentam de determinados tipos de plantas, enquanto que outros são externamente polípagos, como ocorre com espécies do gênero *Meloidogyne*.

Sobrevivência e disseminação

O conhecimento da forma de sobrevivência e disseminação dos fitonematóides constitui importante fator no auxílio à aplicação das medidas de controle.

Os fitonematóides são parasitas obrigatórios, ou seja, necessitam de hospedeiro vivo para sobreviverem. Na ausência do hospedeiro, a sobrevivência do nematóide, em sua forma juvenil ou adulto, é efêmera, entretanto, na forma de ovo, pode sobreviver no solo por longos períodos.

A disseminação desses organismos dentro de uma plantação de melão irrigada pode se processar de diferentes maneiras: pela água de irrigação, principalmente no sistema de irrigação por gravidade, quando as diferentes formas do nematóide podem ser levadas a grandes distâncias; por meio de máquinas, ferramentas e implementos agrícolas e até mesmo em partículas de solo aderidas aos pés do homem e de animais de trabalho.

Complexo da doença

Outra questão muito importante nas relações que envolvem o parasitismo dos fitonematóides é sua participação no chamado complexo de doenças, no qual, de alguma forma, o nematóide toma parte no aumento da incidência de doenças, notadamente aquelas causadas por certas formas de *Fusarium*. Já a injúria causada à raiz por nematóides, no campo, é quase que invariavelmente complicada pela invasão dos tecidos infectados por bactérias e fungos causadores de podridões e o resultado final é um apodrecimento geral dos tecidos.

Diagnose da doença

Os sintomas exibidos pelas partes aéreas são, em essência, os mesmos resultantes de todas as condições que impedem que as plantas desenvolvam um sistema radicular sadio. As plantas atacadas perdem vigor, agindo os nematóides como um fator de enfraquecimento (Fig. 1). A diagnose da meloidoginose, em melão, pode ser baseada, inicialmente, na sintomatologia apresentada pela planta, acompanhada de análises de laboratório. O arranquio e a observação da presença de galhas nas raízes comprovam a diagnose da doença (Fig. 2). A determinação do nível populacional é feita em laboratório especializado, com auxílio de microscópio.



Fig. 1. Sintomas de *Meloidogyne incognita* em plantas de melão no Submédio do Vale do São Francisco.



Fig. 2. Raízes de melão com sintomas de galhas em função do ataque de *Meloidogyne incognita* no Submédio do Vale do São Francisco

Sintomas gerais no campo:

- Tamanho desigual de plantas.
- Murchamento durante as horas mais quentes do dia.
- Amarelecimento e queda prematura de folhas.
- Folhas e frutos pequenos.
- Nanismo e touceiramento de plantas.
- Sintomas exagerados de deficiência de certos elementos essenciais.
- Diminuição na produção.

Sintomas nas plantas atacadas:

- Sistema radicular muito denso ou muito pobre e deficiente.
- Formação de galhas nas raízes.
- Paralisação do crescimento.

Evidentemente que o diagnóstico seguro da doença depende da localização e da identificação do seu agente, pois os sintomas podem falhar ou ser confundidos. Todavia, a presença de galhas caracteriza os sintomas de nematóides do gênero *Meloidogyne*.

Obstáculos ao controle

Os nematóides de galhas são organismos extremamente difíceis de ser controlados, em consequência de vários obstáculos, como:

- São extremamente polífagos, isto é, são capazes de atacar e se multiplicar em grande número de espécies cultivadas ou invasoras.

- Desconhecimento por parte dos agricultores da presença dos fitonematóides nas plantações e os danos que eles podem ocasionar.
- Dificuldade em encontrar um método de controle que seja totalmente eficiente.
- Inexistência de um método econômico capaz de erradicar os nematóides do solo.
- O uso do sistema recomendado pode interferir nas práticas culturais normais.
- A rotação de culturas pode obrigar o agricultor a selecionar culturas de baixo rendimento econômico ou sem interesse comercial.
- Muitas vezes, ao mudar de cultura, consegue-se deter os prejuízos de uma espécie de nematóide, mas se existem várias espécies no solo, algumas delas podem atacar, igualmente, essa nova cultura.

Medidas gerais de controle

Considerando que a erradicação dos fitonematóides de áreas infestadas é praticamente impossível, as medidas de controle mais eficientes são aquelas que visam à prevenção. Nenhum método isolado pode, efetivamente, controlar os nematóides. A seleção do método de controle depende, sobretudo, do custo relativo dos métodos disponíveis. A condição principal é que o custo das medidas adotadas seja menor que o benefício produzido.

Neste capítulo, são apresentadas sugestões que, combinadas, possibilitarão a manutenção das populações de nematóides em níveis de convivência econômica.

Impedir a entrada e a disseminação dos nematóides nas áreas de cultivo

Todos os esforços devem ser feitos para impedir a entrada desses organismos nas áreas de cultivo. Uma vez presentes em uma plantação, disseminam-se com muita facilidade.

Métodos culturais

Consistem no emprego de operações que contribuem para a redução da população de nematóides no solo, como arações profundas, gradagens sucessivas, alqueive, rotação de culturas e cultivares resistentes.

As práticas culturais não são, por si, suficientes para proporcionar controle econômico por várias razões, como:

Alqueive

Consiste na manutenção da área sem qualquer vegetação por meio de arações, gradagens ou emprego de herbicidas (em função da condição de parasitismo obrigatório do nematóide). O alqueive apresenta duplo efeito de controle, elimina a fonte de alimento e expõe os nematóides à ação do sol e dos ventos, que os desidratam, levando-os à morte.

Destruição das plantas atacadas

Aplica-se no caso de plantas atacadas que prosseguem vegetando, cujas raízes se mantêm vivas e, assim, os nematóides presentes continuam se reproduzindo. É aconselhável, nestas condições, arrancar o sistema radicular, expondo-o à ação do sol e dos ventos.

Rotação de culturas

É de difícil aplicabilidade, considerando a capacidade polífaga desse grupo de nematóides. Todavia, nos casos possíveis e, convenientemente planejada, a rotação de culturas pode ser bastante eficiente no controle de muitos nematóides. A rotação deve incluir espécies resistentes ou imunes aos nematóides presentes na área. Portanto, para a prescrição dos planos de rotação, é

preciso conhecer a(s) espécie(s) de nematóide presente(s) e as plantas que são suscetíveis e resistentes ao seu ataque.

Culturas-armadilhas

Consistem no semeio, em solo infestado, de uma cultura altamente suscetível à espécie de nematóide presente e na conseqüente destruição das plantas antes que os nematóides penetrados atinjam a maturidade. Esse método se aplica bem aos nematóides sedentários do gênero *Meloidogyne*. O método exige acompanhamento microscópico para determinar o exato momento do enterrio da cultura.

A limitação desse método, na prática, deve-se à dificuldade quanto ao controle de laboratório que exige. Um exemplo de cultura-armadilha utilizada com êxito foi o caso do controle de *Meloidogyne apla* em cenoura, em Michigan, EUA, utilizando-se rabanete. *Meloidogyne apla* tem ciclo superior a 42 dias, naquelas condições, e o rabanete pode ser colhido com 22 dias de idade, tendo o sistema radicular pesadamente infestado com nematóides e ootecas, sem liberar juvenis pré-parasitas.

Culturas antagônicas

São culturas que permitem a penetração dos juvenis pré-parasitas, mas eles não conseguem completar seu ciclo, permanecendo em estado juvenil. Tais plantas são vantajosas em esquema de rotação, por promoverem a redução da população de nematóide no solo. Exemplos de gêneros de planta antagônicas são: *Tagetes papula* (cravo-de-defunto), *Crysanthemum* sp., algumas cultivares de *Ricinus communis* (mamoneira), *Arachis hypogaeae* (amendoim), etc.

Belcher & Hussey (1977) compararam os efeitos de *Tagetes papula* e do amendoim na redução da população de

Meloidogyne incognita. Os juvenis pré-parasitas penetraram nas raízes de *T. papula*, porém não incitaram o aparecimento de células gigantes, que são fundamentais para sua alimentação. Em 4 meses, a população existente em um canteiro de casa-de-vegetação sofreu redução de 97% pelo plantio de *T. papula* e de apenas 70% pelo plantio de amendoim, que não é hospedeiro de *M. incognita*.

Matéria orgânica

A ação de substâncias orgânicas resulta em diminuição da população de certos nematóides, com benefício para o desenvolvimento da planta. A matéria orgânica adicionada ao solo cria condições favoráveis para a multiplicação dos inimigos naturais, principalmente dos fungos presentes, resultando em redução dos nematóides. Certos produtos decorrentes da decomposição de substâncias orgânicas, tais como os ácidos graxos voláteis, podem ser nocivos aos nematóides. A torta de mamona foi utilizada com sucesso no controle de nematóides em mudas de café.

Excreções radiculares

São substâncias eliminadas pelas raízes de algumas plantas, que interferem sobre os nematóides de várias maneiras, como, por exemplo, as excreções radiculares com propriedades nematicidas. O exemplo mais conhecido foi estudado por pesquisadores holandeses, verificando que o cultivo de cravo-de-defunto em solo infestado, durante 3 a 4 meses, conduz a uma redução de até 90% de *Pratylenchus* e *Tylenchorhynchus*, devido à presença de polietilênicos nas excreções radiculares. O aspargo, após o engrossamento das raízes, produz um glicosídeo que possui efeitos tóxicos sobre certos nematóides.

Adução e tratamentos culturais

Os efeitos nocivos dos nematóides em uma plantação podem, em alguns casos, ser suavizados por meio de adubações equilibradas, irrigação e proteção contra certas doenças. Assim, as plantas bem cuidadas normalmente suportam maiores populações de nematóides sem sofrer dano econômico. O desenvolvimento e a severidade de doenças causadas por nematóides são mais pronunciados em plantas que vegetam em solos deficientes de um ou mais nutrientes essenciais, já que podem causar redução na concentração de um ou mais elementos nos tecidos foliares ou nas raízes.

Variedades resistentes

É o método mais eficiente e econômico de controle de nematóides. As limitações para o seu uso, no entanto, estão na escassez de cultivares contendo genes controladores de nematóides. A grande dificuldade de obtenção de materiais resistentes reside no fato de que os genótipos de melão atualmente disponíveis, além de mostrarem variabilidade genética muito estreita para opção de cultivo, não apresentam resistência à meloidoginose. Resultados preliminares obtidos no Ceará, onde foram avaliados 54 genótipos em relação à resistência a *M. incognita*, mostram que apenas dois (genótipos 12 e 13) comportaram-se como resistentes.

Controle biológico

A pressão da sociedade para substituir os pesticidas atuais por produtos ou por técnicas ecologicamente mais recomendáveis impulsiona a busca de métodos alternativos para o controle de fitonematóides. Vários trabalhos mostram a eficiência de muitos microrganismos, como bactérias e fungos, no controle de fitone-

matóides. A grande maioria dos fungos que capturam nematóides pertence à classe dos fungos imperfeitos e a causa real da morte desses nematóides não está completamente esclarecida, podendo resultar de injúrias mecânicas ou de toxinas liberadas pelos fungos. Um dos fungos mais pesquisados no controle de fitonematóides é *Paecilomyces lilacinus*. Porém, embora tenham sido obtidos excelentes resultados em laboratório, os de campo não têm sido animadores. Dentre as bactérias, são citadas como agentes controladores de fitonematóides: *Bacillus* spp., *Pasteuria penetrans* e outras. *Pasteuria penetrans*, apesar de poucos resultados de pesquisa em campo, tem sido apontada como o mais promissor agente de controle de vários gêneros de fitonematóides. Esse potencial é atribuído à sua habilidade de controlar fitonematóides em diversas culturas, à resistência dos endósporos à dessecação e a temperaturas extremas, à compatibilidade com vários pesticidas, fertilizantes, práticas culturais e outros organismos biocontroladores. Essa bactéria não produz substâncias tóxicas ao homem, às plantas e, aos animais. Além disso, não se conhece nenhum inimigo dessa bactéria. O parasitismo obrigatório de *Pasteuria penetrans* em nematóides e a impossibilidade, até o momento, do seu cultivo em meios de cultura artificiais, causam entraves na sua produção em massa e no conseqüente uso no campo.

Controle químico

Os nematicidas químicos são utilizados, principalmente, visando a uma resposta rápida para redução populacional abaixo do nível de dano. Para que se obtenham bons resultados com o emprego de nematicidas, é preciso conhecer, principalmente os seguintes fatores:

- As condições para ser bom nematicida.
- Os principais fatores que influenciam na sua escolha.
- O seu modo de ação.

- Características do produto.
- Equipamentos de aplicação.
- Seu uso adequado, seguindo-se as recomendações de rótulo e registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

As condições para ser um bom nematicida são: reduzir a população de nematóide para níveis não prejudiciais, proporcionar melhoria no vigor da planta e na qualidade da produção, maior benefício, tornando a planta mais resistente a outras doenças associadas aos nematóides, e melhorar a absorção de água e nutrientes do solo, por meio de um sistema radicular mais sadio e vigoroso. Os nematicidas precisam ser tóxicos aos fitonematóides, mas não à planta e ao homem; não deixar resíduo tóxico nas plantas ou no solo, com menor impacto ao meio ambiente; ser de fácil aplicação e de uso seguro além de apresentar custo/benefício favorável.

Os principais fatores que influenciam na sua escolha são a suscetibilidade da espécie cultivada ao nematóide presente, a eficiência do nematicida, a sua fitotoxicidade, o valor da cultura, a época e o método de aplicação, bem como a disponibilidade de equipamentos.

Os nematicidas podem ser fumigantes e não-fumigantes. Os últimos são constituídos pelos produtos de contato ou sistêmicos ou ambos. Os primeiros apresentam muitas desvantagens e não devem ser utilizados.

Os nematicidas não-fumigantes são solúveis em água e difundidos no solo pela percolação da água e, também, entram no corpo do nematóide pela cutícula. Os mais modernos são os sistêmicos, que são absorvidos pela planta por meio das radículas ou via foliar. Outros, como aldicarb, possuem ação sistêmica e de contato e até nematos-tática (inibição da atividade da acetilcolinesterase), provocando efeitos indiretos, como inibição da eclosão, diminuição do movimento de juvenis no solo e interferência na evolução do ciclo biológico.

Com respeito aos equipamentos e à metodologia de aplicação dos nematici-

das, o sucesso na utilização desses produtos depende, em grande parte, da sua adequada aplicação (modo e equipamento empregado).

Metodologia de coleta de amostras de solos e/ou raízes para análise de nematóides

A seguir são apresentadas as medidas para a coleta de amostras de solos e/ou raízes para análise de nematóides.

- Equipamentos necessários: enxadão, trado ou enxada, ou outro instrumento semelhante; sacos plásticos, balde, etiquetas, caneta, ficha de campo.
- Coletar as amostras de solo com a umidade natural e evitar que elas cheguem secas ao laboratório. Não esquecer que nematóides não sobrevivem em solo ou raízes secas.
- Amostrar a área caminhando em ziguezague, abrindo o solo em forma de V, com profundidade de 0 a 25 cm, coletando uma camada deste solo, que deve ser colocada no balde.
- Culturas perenes: coletar, no mínimo, dez subamostras, nos quadrantes norte, sul, leste, oeste, na projeção da copa, incluindo raízes, se possível.
- Amostrar as zonas, focos ou reboleiras que apresentam fortes sintomas, ou sintomas médios, assim como nas áreas sem sintomas.
- Viveiros de mudas: coletar, aleatoriamente, no mínimo, dez mudas para cada lote de 1000 mudas, tomando parte do solo e radículas de cada muda (sem precisar destruí-las), colocando-as no balde.
- As subamostras de solo e/ou radículas coletadas no balde devem ser muito bem misturadas, tomando-se uma amostra composta de, no mínimo, 500 g de solo e mais ou menos 10 g de radículas. Logo, deve-se coletar uma amostra composta por hectare.
- Observar que essas são apenas recomendações mínimas. Para cada caso, usar

o bom senso, na hora da coleta das amostras e, se necessário, coletar maior número de subamostras.

- Embalar em sacos plásticos, fechá-los para evitar perda de umidade, e identificá-los (cultura, local, data da coleta, proprietário, área plantada, culturas anteriores, produtos químicos utilizados, além de outros dados que julgar necessário).
 - Preencher, sempre que possível, uma ficha de campo, fazendo um croqui da(s) área(s) amostrada(s).
 - Enviar as amostras o quanto antes ao laboratório, não deixá-las expostas ao sol ou em local onde possam ser aquecidas. Se necessário, podem ser armazenadas por algum tempo na parte de baixo de uma geladeira.
-