

4 NEMATÓIDES

Wellington A. Moreira
Mirtes Freitas Lima

INTRODUÇÃO

Doenças provocadas por nematóides em videira foram relatadas pela primeira vez há cerca de 100 anos. Esses primeiros relatos, feitos no leste dos Estados Unidos, referem-se exclusivamente ao nematóide-das-galhas. Até meados dos anos 50, poucos estudos tinham sido publicados. Desde 1954, pesquisas demonstram que a videira é atacada por uma gama de espécies de nematóides, todos parasitas de raízes. Esses nematóides encontram-se mundialmente disseminados em todas as regiões onde a uva é cultivada.

A dificuldade em detectar o ataque de fitonematóides à videira ocorre, particularmente, porque os sintomas em plantas atacadas não são distintos. Todavia, os fitonematóides prejudicam a produção e causam o declínio de plantas. Mais pesquisas precisam ser feitas para que sejam determinadas com exatidão a interação nematóide-hospedeiro e desenvolvidas medidas efetivas e econômicas de controle.

No Submédio do Vale São Francisco, além de nematóides causadores de galhas (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*), outros também são observados. Todavia, a patogenicidade desses nematóides ainda não foi comprovada.

DESCRIÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE

Nematóides-das-galhas

O primeiro relato da ocorrência de nematóides causadores de galhas, associada ao gênero *Vitis*, foi feito na Flórida em 1911.

Nematóides-das-galhas são membros do gênero *Meloidogyne*. As quatro espécies importantes para a videira são *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood e *M. hapla* Chitwood. Essas espécies encontram-se, amplamente, distribuídas, na maior parte das regiões onde a uva é cultivada.

Sintomatologia

Os nematóides-das-galhas, assim como outras espécies de nematóides patogênicos à videira, não causam sintomas específicos na parte aérea das plantas. Baixa produtividade, subdesenvolvimento, amarelecimento e alta sensibilidade ao estresse podem acompanhar o ataque de nematóides, mas estas condições são frequentemente confundidas com estresse de água ou deficiência nutricional. O nematóide-das-galhas provoca redução do vigor, declínio que torna as plantas mais suscetíveis ao estresse, prejudicando a absorção de água e de nutrientes.

O sintoma do ataque do nematóide-das-galhas, em raízes de videira, é a formação de pequenos intumescimentos ou galhas em raízes novas. Grandes galhas são o resultado de múltiplas infecções. Quando as galhas são seccionadas e examinadas com auxílio de uma lente de mão, o corpo branco de fêmeas maduras é, frequentemente, detectado. Juvenis de 2º estágio e machos somente podem ser vistos após a sua extração do solo infestado e exame microscópico. Normalmente, o sistema radicular de parreirais atacados por nematóides-das-galhas é bastante reduzido e muitas raízes são mortas devido à ação dos nematóides.

Embora as espécies do gênero *Meloidogyne* produzam galhas em raízes como sintoma característico, a espécie *M. nataliei* foi relatada, em Michigan, parasitando raízes de videira, sem provocar formação de galhas.

Ciclo de vida e disseminação

O nematóide-das-galhas deposita os ovos fora do corpo, a maioria numa substância gelatinosa que pode conter até 2.000 ovos. Os juvenis têm o corpo alongado, sofrem uma ecdise e emergem do ovo no 2º estágio juvenil ou estágio migratório, também chamado juvenil pré-parasita. Eles localizam um sítio de alimentação, penetrando o córtex radicular e completam seu ciclo como endoparasitos sedentários. A resposta da planta à alimentação do nematóide é a produção de células gigantes multinucleadas. Alimentando-se no interior da raiz, o nematóide inicia, também, a sua diferenciação sexual e aqueles que vão se diferenciar em fêmeas sofrerão mais três ecdises antes de se tornarem adultos, adquirindo a forma de pêra.

O ciclo de vida de ovo a ovo ocorre em, aproximadamente, 25 dias, a 27°C, podendo produzir várias gerações no ano.

A reprodução dos nematóides-das-galhas é, em sua maioria, partenogenética. Os machos são raros ou mesmo ausentes na população. O ciclo do macho é semelhante ao da fêmea até o terceiro estágio, quando o desenvolvimento juvenil adquire a forma alongada e delgada, permanecendo assim no quarto estágio e na forma adulta.

A disseminação dos nematóides no vinhedo pode ser feita por meio de tratamentos culturais, como aração e capinas, sendo os nematóides transportados em partículas de solo, aderidas aos implementos agrícolas. Também podem ser disseminados pela água de irrigação ou enxurradas. Entre regiões ou mesmo de um país para outro, os nematóides são disseminados por mudas contaminadas.

Nematóides do gênero *Xiphinema* ("Dagger nematode")

Os gêneros *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus* pertencem à família *Dorylaimidae* e todos são de grande importância como patógenos e vetores de viroses para a videira e outras plantas.

Xiphinema spp. são os principais membros do grupo, em função da importância da virose que transmitem. São denominados *Dagger nematode* por possuírem estilete muito longo e delgado. Mais de dez espécies desse gênero estão presentes nas principais áreas de plantio de uva em todo o mundo. *X. index* é a mais bem documentada dessas espécies sendo um patógeno devastador na videira. Essa espécie afeta severamente a videira, reduzindo a produtividade e causando o declínio de pomares. Esse nematóide é vetor do vírus causador da degenerescência da videira e de suas estirpes *Yellow mosaic* e *Vein banding*.

As espécies de *Xiphinema* que têm sido relatadas associadas à cultura da uva são:

X. americanum Coob, *X. index* Thorne & Allen, *X. italiae* Meyl, *X. diversicaudatum* Martelli & Lamberti, *X. pachtaicum* (Tulagonov) Kirjanova, *X. brevicolle* Lordello & Da Costa, *X. algeriense* Luc & Kostadinov, *X. vuittenezi* Luc, Lima, Weischer & Flegg, e *X. turcicum* Luc & Dalmasso.

Além da sua capacidade patogênica, *X. index* e *X. italiae* são eficientes vetores do vírus-em-leque-da-videira ("*Grapevine fanleaf virus*" – GFLV) e a infestação desses nematóides virulíferos tem sempre um efeito devastador em parreirais, o que os tornam rapidamente antieconômicos. *X. americanum* também é amplamente distribuído, mas não ocorre na Europa, e pouco se sabe sobre sua patogenicidade. As outras oito espécies têm recebido pouca atenção e muitas são conhecidas somente em resultados de análise.

Sintomatologia

O sistema radicular de videira atacada apresenta muitas raízes necrosadas, com aspecto de vassoura-de-bruxa. A maioria dos pontos de alimentação dos nematóides localiza-se próximo às extremidades das raízes cujo desenvolvimento é interrompido logo após o início da alimentação. A proliferação de células devida à hiperplasia e ao aumento de células decorrente da hipertrofia causa, muitas vezes, uma curvatura na raiz, acompanhada por leve intumescimento. Ataques prolongados e múltiplos dessa doença podem resultar no surgimento de manchas necróticas negras que surgem em toda a extremidade da raiz.

Biologia

Nematóides do gênero *Xiphinema* são relativamente grandes e a fêmea adulta pode atingir cerca de 5 mm. Os machos são muito raros e não participam da reprodução. Sua reprodução varia muito com as condições climáticas e a fêmea pode produzir de 1 a 100 ovos. Os juvenis passam por quatro estádios de desenvolvimento antes de se tornarem adultos, o que pode levar vários meses, dependendo do local e época do ano. O ciclo de ovo a adulto é de 22 a 27 dias, na Califórnia, mas, em Israel, o período para uma completa geração pode ser de 7 a 9 meses. As razões dessa variação não são conhecidas.

A disseminação de *X. index* a curtas distâncias pode ocorrer por meio de máquinas, implementos agrícolas, ferramentas contaminadas e água de irrigação, no sistema de corrugação. A longas distâncias, a disseminação ocorre por mudas contaminadas. Nematóides do gênero *Xiphinema* são ectoparasitos que atacam, de preferência, as radículas, podendo, ocasionalmente, provocar deformação no ápice destas e até a formação de pequenas galhas quando a população é elevada. Além da

videira, *X. index* multiplica-se na figueira, no jasmim, no álamo e em outras espécies vegetais. Poucas horas após ter-se alimentado em plantas doentes, o nematóide adquire o vírus, podendo permanecer virulífero na ausência de hospedeiros por um período de até 120 dias.

Os vírus podem persistir por vários meses em nematóides adultos que têm vida longa e podem persistir, por períodos maiores ainda, em pedaços de raízes das plantas que atuam como reservatórios.

Distribuição geográfica

X. index é bastante comum na maior parte dos vinhedos do Mediterrâneo. Na Europa, essa espécie foi constatada na Alemanha, Hungria, Suíça, Grécia e Itália. Na África, foi encontrada na Tunísia e Argélia. Na Ásia, no Irã e na Turquia, e na América, nos Estados Unidos, Argentina e Chile.

No Brasil, nas regiões vitícolas, não há relatos da ocorrência de nematóides vetores de vírus. Em levantamentos conduzidos até o momento não se verificou nenhuma das espécies mencionadas como vetores. Foram encontrados nematóides do gênero *Xiphinema*, principalmente *X. brasiliensis*, porém, não há informações de que essa espécie seja vetora de vírus.

Amostras de solo coletadas em parreirais do Vale do São Francisco têm revelado a presença comum de membros do gênero *Xiphinema*. Todavia, as espécies ainda não foram identificadas, e a relação nematóide-hospedeiro não foi ainda estudada.

Nematóides do gênero *Longidorus*

É um nematóide muito longo e delgado semelhante a uma agulha, tendo por isso recebido a denominação de *Needle nematode*.

Pelo menos sete espécies de *Longidorus* ocorrem em solos de parreirais das quais duas foram descritas como causadoras de necrose e malformação em raízes de videira. As demais não foram ainda estudadas, porém nenhuma delas é relatada como vetora de vírus na cultura da uva. Queda de produtividade e do vigor da planta têm sido atribuídas à ação desses nematóides. Alta infestação causa declínio gradual da videira.

As espécies de *Longidorus* associada à videira são: *L. attenuatus* Hooper, *L. elongatus* (De Man) Thorne & Swager, *L. sylphus* Thorne, *L. diadecturus* Eveleigh & Allen, *L. iranicus* Sturhan & Barooti, *L. macrosoma* Hooper e *L. iranicus* Lamberti & Bleve-Zacheo.

Longidorus spp. são importantes vetores de várias viroses, do grupo Tobravirus, em diversas espécies de plantas. A biologia desse gênero é semelhante à do gênero *Xiphinema*.

Controle

Nenhum método isolado pode efetivamente controlar os fitonematóides. A seleção dos métodos de controle depende, sobretudo, dos seus custos relativos. A condição principal é que o custo das medidas adotadas seja menor que o benefício produzido.

As sugestões apresentadas, uma vez combinadas, podem possibilitar a manutenção da população de nematóides em níveis de convivência econômica.

Como ocorre para todos os tipos de fitonematóides, uma vez estabelecido em determinada área, a infestação é permanente. A distribuição e o uso de material de plantio infestado são, provavelmente, o caminho mais importante pelo qual as viroses transmitidas por nematóides são disseminadas para áreas não infestadas.

Exclusão

Em decorrência da fácil disseminação de nematóides numa plantação e de sua erradicação ser praticamente impossível, torna-se imperativo impedir a entrada desse nematóide em áreas ainda não infestadas.

Apesar de a infestação do solo por fitonematóides ser permanente, o parasita não é homoganeamente distribuído. Assim, muitos campos podem ser mantidos livres de nematóides. A introdução e a disseminação de pragas e doenças em muitos países podem ser evitadas, por meio de leis regulatórias. Os produtores devem requerer análise de solos para identificar as áreas infestadas e tomar precauções para a manutenção das áreas livres de nematóides. Considerando-se que o caminho mais comum e efetivo para disseminação de nematóides é por meio de mudas infestadas, os produtores devem utilizar mudas certificadas e livres de nematóides.

Práticas culturais

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

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

- 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, os prejuízos causados por determinada espécie de nematóide podem ser minimizados, mas, se existem outras espécies no solo, algumas delas podem igualmente atacar essa nova cultura.

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 do vento, que os desidrata, levando-os à morte. Pode ser praticado antes da instalação do parreiral.

Destruição das plantas afetadas

Essa medida é aplicada no caso de plantas atacadas que prosseguem vegetando e cujas raízes se mantêm vivas. Nesse caso, os nematóides presentes continuam a se reproduzir. É aconselhável, neste caso, arrancar e queimar o sistema radicular.

Rotação de culturas

É de difícil aplicabilidade, considerando a capacidade polífaga, principalmente, de nematóides-das-galhas. Todavia, quando é possível 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 as espécies de nematóides presentes e as plantas suscetíveis e resistentes ao seu ataque.

Culturas-armadilhas

É uma cultura altamente suscetível ao ataque de determinada espécie de nematóide. Sementes dessa planta devem ser plantadas em solo infestado e as plantas incor-

poradas antes que os nematóides que infestam essas plantas possam atingir a maturidade. Esse método se aplica aos nematóides sedentários do gênero *Meloidogyne*. O método exige acompanhamento técnico para determinar o exato momento do enterrio da cultura. A limitação desse método, na prática, deve-se à dificuldade de acompanhamento exigido, em laboratório. Um exemplo de cultura-armadilha utilizada com êxito foi o caso do controle de *Meloidogyne hapla* em cenoura, em Michigan, EUA, utilizando rabanete. *M. hapla* tem um 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. Exemplo de plantas antagônicas são: o cravo-de-defunto (*Tagetes papula*), *Crysanthemum* sp., algumas cultivares de mamoneira (*Ricinus communis*), amendoim (*Arachis hypogaeae*), etc.

Os efeitos do cravo-de-defunto e do amendoim na redução da população de *M. incognita* foram avaliados. Estudos indicaram que os juvenis pré-parasitas penetraram nas raízes das plantas, porém não incitam 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 cravo-de-defunto e 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 sobre o desenvolvimento da planta. A matéria orgânica adicionada ao solo cria condições favoráveis à multiplicação de inimigos naturais, principalmente, fungos, resultando em redução da população de nematóides. Alguns 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 espécies de plantas, que atuam sobre os nematóides, com propriedades nematicidas. O exemplo mais conhecido foi estudado por pesquisadores holandeses que verificaram o efeito do cultivo de cravo-de-defunto em solo infestado por nematóides dos gêneros *Pratylenchus* e *Tylenchorhynchus*. Durante 3 a 4 meses, a redução da população desses nematóides foi de até 90%, devido à presença de compostos de polietileno, nas excreções radiculares. O aspargo, após o engrossamento das raízes, produz um glicosídeo que possui efeito tóxico sobre determinadas espécies de nematóides.

Adubação e tratos culturais

Os efeitos nocivos dos nematóides em uma plantação podem, em alguns casos, ser reduzidos com adubações equilibradas, irrigação e proteção contra certas doenças. Assim, as plantas bem cuidadas, normalmente suportam maiores populações de nematóides sem sofrer danos econômicos significativos. O desenvolvimento e a se-

veridade de doenças causadas por nematóides são mais pronunciados em plantas cultivadas em solos com deficiência de um ou mais nutrientes essenciais. A infestação por nematóides pode causar redução na concentração de um ou mais elementos nos tecidos foliares ou nas raízes.

Variedades resistentes

Esse é o método mais eficiente e econômico de controle de nematóides. As limitações para o seu uso, no entanto, estão na escassez de material genético que contenha genes de resistência. Até recentemente, pesquisas para identificação de fontes de resistência em porta-enxertos a nematóides foram dirigidas somente aos nematóides-das-galhas. Os porta-enxertos *Dog Ridge e Salt Creek* (também conhecido como *Ramsey*) possuem alta resistência, quase imunidade, aos nematóides-das-galhas. Ambos apresentam excelente vigor na maioria dos solos. Infelizmente, esses são suscetíveis a *X. index* que, além de ser um patógeno, é vetor do vírus-da-folha-em-leque. Os porta-enxertos *Freedom* e *Harmony* são resistentes, mas não imunes aos nematóides-das-galhas. Esses porta-enxertos estão se tornando altamente populares na Califórnia, mas necessitam de mais pesquisas porque algumas seleções de *Harmony* foram relatadas como portadoras de um elevado número de *X. index*. Resistência múltipla é necessária, mas ainda não está disponível em nenhum porta-enxerto.

Apesar de a variedade Tropical (IAC 313) ser considerada como tolerante a nematóides, vários registros de ocorrências têm sido feitos neste material, pelo laboratório de Fitopatologia da Embrapa Semi-Árido. Esse fato é preocupante, uma vez que essa é uma variedade bastante utilizada como porta-enxerto na região. Entre oito porta-enxertos inoculados com *M. javanica*, as variedades *Harmony* e *Salt Creek* apresentaram comportamento de alta resistência.

Controle biológico (CB)

A pressão da sociedade para substituir os pesticidas por produtos, ou por técnicas ecologicamente mais recomendáveis, tem impulsionado a busca de métodos alternativos para o controle de fitonematóides. Encontram-se na literatura vários trabalhos que mostram a eficiência de microrganismos, como bactérias e fungos, no controle de fitonematóides. A maioria dos fungos que capturam nematóides pertence à classe dos Deuteromicetos. A causa 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*. Embora excelentes resultados tenham sido obtidos em laboratório, os resultados de campo não são animadores. Dentre as bactérias, são citadas como agentes controladores de fitonematóides *Bacillus* spp., *Pasteuria penetrans* e outras. *P. penetrans*, apesar de poucos resultados de pesquisa em campo, é apontada como o agente mais promissor de controle de vários gêneros de fitonematóides. Esse potencial é atribuído a sua habilidade em controlar fitonematóides em diversas culturas, resistência dos endósporos à dessecação, compatibilidade com vários pesticidas, fertilizantes, práticas culturais e outros organismos biocontroladores. Essa bactéria não produz substâncias tóxicas ao homem, às plantas ou aos animais. Além disso, não se conhece nenhum inimigo natural dessa bactéria. O parasitismo obrigatório de *P. penetrans* em nematóides e a impossibilidade, até o momento, do seu cultivo em meios de cultura artificiais, causam entraves à produção massal e o seu conseqüente uso no campo.

Controle químico

Os nematicidas químicos são utilizados, principalmente, visando a uma resposta

rápida para redução da população abaixo do nível de dano. Para que sejam obtidos bons resultados com o emprego de nematicidas é preciso que sejam conhecidos, sobretudo:

- As condições para ser bom nematicida.
- Os principais fatores que influenciam na sua escolha.
- O seu modo de ação.
- As características do produto.
- Os equipamentos de aplicação.
- Produto adequado, seguindo-se as recomendações de rótulo e registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Para ser bom nematicida, o produto deve reduzir a população de nematóides para níveis não prejudiciais, proporcionar melhoria no vigor da planta e na qualidade da produção, tornar 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 têm que ser tóxicos aos fitonematóides, mas não à planta e ao homem; não deixar resíduos nas plantas ou no solo; não causar impacto nocivo ao meio ambiente; ser de fácil aplicação, de uso seguro e apresentar custo/benefício favorável.

Em relação aos principais fatores que influenciam na sua escolha estão a susceptibilidade da espécie cultivada ao nematóide presente, a eficiência do nematicida, o valor da cultura, a fitotoxicidade do nematicida, a época e o método de aplicação, e a disponibilidade de equipamento.

Com referência ao modo de ação, os nematicidas podem ser fumigantes e não fumigantes. Os não fumigantes são constituídos pelos produtos de contato, sistêmicos ou ambos. Os fumigantes apresentam muitas desvantagens e não devem ser utilizados.

Os nematicidas não fumigantes são solúveis em água, difundidos no solo por percolação e absorvidos pelos nematóides pela cutícula. Os mais modernos são os sistêmicos que são absorvidos pelas radículas das plantas

ou via foliar. Outros, como aldicarb, possuem ação sistêmica e de contato, provocando efeitos indiretos como inibição da eclosão, diminuição do movimento de juvenis no solo e interferência na evolução do ciclo biológico.

Com relação aos equipamentos e metodologia de aplicação dos nematicidas, o sucesso na utilização desses produtos depende, enormemente, da sua aplicação adequada (modo de aplicação e equipamento).

O controle de nematóides vetores somente é eficiente pela fumigação do solo antes do plantio. A aplicação de produtos sistêmicos em plena vegetação não apresenta bons resultados, pois o nematóide só pode ser atingido pelo produto se sugar a seiva da planta e, conseqüentemente, no momento em que se dá a penetração do estilete nas células, ocorre a inoculação do vírus antes da morte do nematóide.

Outros nematóides associados à videira

Pratylenchus spp., denominados nematóides de lesão, provocam lesões escuras no sistema radicular da planta atacada, por onde

penetram e se alimentam, vivendo como endoparasitos migratórios. Várias espécies de *Pratylenchus* estão associadas à videira, em parreirais de várias regiões do mundo. A mais disseminada e mais destrutiva é *P. vulnus*, que foi registrada na Califórnia e na Austrália. *P. pratensis* foi encontrada na União Soviética. As outras espécies são *P. neglectus*, *P. pratensis* e *P. brachyurus*. Esta última, freqüentemente, é detectada em parreirais do Vale do São Francisco. Todavia, pesquisas precisam ser realizadas para averiguar a importância dessa espécie para a videira na região. As práticas para o controle desses nematóides são as mesmas empregadas para o nematóide-das-galhas.

Vários outros nematóides são citados, na literatura, associados à videira, como: *Tylenchulus semipenetrans*, *Criconemella xenoplax*, *Paratylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Hoplolaimus* spp., *Rotylenchus* spp. e *Paratrichodorus christiei*. Alguns desses foram detectados em amostra de solo coletadas no Vale do São Francisco, porém, os seus efeitos econômicos na produção da videira não são conhecidos.
