Capítulo 9 - Nematoides

Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira
Juliana Magrinelli Osório Rosa
Ricardo Gioria
Kátia Regiane Brunelli Braga

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

OLIVEIRA, C.M.G., ROSA, J.M.O., GIORIA, R., and BRAGA, K.R.B. Nematoides. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. *Hortalças-fruto* [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 315-338. ISBN: 978-65-86383-01-0.

<https://doi.org/10.7476/9786586383010.0011>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Nematoides

Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira, Juliana Magrinelli Osório Rosa, Ricardo Gioria e Kátia Regiane Brunelli Braga

1 Introdução

O filo Nematoda é muito diverso quanto à riqueza de espécies, sendo um dos grupos de metazoários mais abundantes na Terra. Estima-se que os nematoides correspondam a 90% de todos os organismos multicelulares (JAIRAJPURI; AHMAD, 1992). Além disso, Lamshead (1993) estimou que o número de espécies de nematoides em habitats marinhos pode atingir um milhão, embora apenas cerca de vinte e sete mil já tenham sido descritas em todos os habitats (HUGOT; BAUJARD; MORAND, 2001). Os nematoides são essencialmente organismos aquáticos, a maioria dos quais de tamanho microscópico (0,3-3,0 mm), vivendo nos mais diversos ambientes, dos oceanos ao microscópico filme de água que recobre partículas de solo. Com base nos diferentes hábitos alimentares, os nematoides podem ser divididos em diferentes grupos (tróficos) funcionais (parasitos de plantas, parasitos de animais, fungívoros, bacteriófagos, carnívoros, onívoros e outros que se alimentam de eucariotos unicelulares). Entretanto Moens, Yeates e De Ley (2004) defenderam o uso de uma classificação universal visando englobar tanto os nematoides marinhos quanto os terrestres.

Economicamente, um dos mais importantes grupos funcionais é o de nematoides parasitos de plantas que habitam o solo ou as estruturas vegetais, tais como folhas, caules e, principalmente, raízes. As perdas anuais, considerando-se a redução da produção e da qualidade das culturas, além dos custos das práticas de manejo adotadas para controle, foram estimadas em aproximadamente 12 % (SASSER; FRECKMAN, 1987), que correspondem a prejuízos superiores a US\$125 bilhões à agricultura mundial (CHITWOOD, 2003). Dentre os gêneros de nematoides economicamente mais daninhos, estão *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus* (SASSER; FRECKMAN, 1987). Contudo é consenso entre os fitossanitaristas que os nematoides causadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) estão entre os mais importantes. Esse patógeno está disperso em vários ambientes em todo o mundo, causando perdas às principais culturas agrícolas (LOPES; FERRAZ, 2016).

Aproximadamente 100 espécies são conhecidas dentro do gênero e a maioria possui ampla gama de hospedeiros. No Brasil, várias espécies têm sido relatadas em associação às principais plantas cultivadas, mas *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são reconhecidamente as espécies mais importantes, principalmente em função dos prejuízos causados e da ampla distribuição geográfica.

Outro grupo que merece atenção é nematoide das lesões radiculares, gênero *Pratylenchus*, principalmente as espécies *Pratylenchus brachyurus* e *P. penetrans* que, apesar de provocarem problemas considerados secundários em hortaliças frutosas, atualmente vêm crescendo as perdas relacionadas a esses nematoides em diversas culturas.

As olerícolas estão entre as plantas mais atacadas por esses dois gêneros. Existe uma expressiva preocupação do setor agrícola para desenvolvimento de cultivares e de técnicas de manejo, visando ao controle desses agentes, principalmente *Meloidogyne*. Dentro desse grupo de plantas, culturas como abóbora, abobrinha, berinjela, moranga, melão, pepino, pimenta, pimentão e tomate estão entre as mais prejudicadas pelos nematoides fitoparasitos. Os nematoides causam perdas principalmente na forma de redução de produção ou afetando a qualidade dos frutos produzidos, podendo alcançar níveis de perda de até 100% em altas infestações no início do plantio.

De acordo com Lopes e Ferraz (2016), os danos causados por nematoides variam em função da densidade populacional inicial do patógeno no solo, da suscetibilidade do hospedeiro e das condições ambientais. No entanto, em muitos casos, poucos ovos ou juvenis de segundo estágio do nematoide de galhas no solo, na época da implantação da cultura, são suficientes para reduzir a produção a níveis não econômicos. Além disso, na tentativa de minimizar o prejuízo e de controlar o nematoide, o agricultor acaba tendo gastos adicionais com a aplicação de fertilizantes, de defensivos e outras práticas empregadas a fim de se conviver com os nematoides parasitos de plantas já estabelecidos na área.

Em razão dos danos, da frequência e da distribuição no país, os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* serão alvo deste capítulo.

2 Etiologia

2.1 Nematoides das galhas radiculares – *Meloidogyne* spp.

Os nematoides causadores de galhas radiculares são endoparasitos sedentários em que, dos ovos depositados pelas fêmeas, eclodem juvenis de segundo estágio (J_2), que apresentam corpo filiforme. Esses J_2 penetram nas raízes das plantas (Figura 1), estabelecem um sítio permanente de alimentação formado por células nutritoras (ou células gigantes) e tornam-se obesos. Após sofrerem três ecdises, atingem o estágio adulto. Os machos são esbeltos e móveis e não parasitam as plantas, entretanto as fêmeas adquirem formato de pera e passam a produzir os ovos, que são depositados numa matriz gelatinosa, formando a massa de ovos (Figura 2). Cada fêmea produz, em média, 500 ovos, mas há relatos de até 2.000 ovos contidos nessa matriz gelatinosa, sendo assim uma espécie muito prolífera. As espécies desse gênero mais importantes são *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* (*M. mayaguensis*), consideradas como altamente prejudiciais às culturas de abóbora, abobrinha, berinjela, moranga, melão, pepino, pimenta, pimentão e tomate com notável distribuição geográfica no país.

Figura 1 - Juvenil de *Meloidogyne incognita* raça 3 junto ao sistema vascular, no cilindro central, na raiz de tomateiro.

Foto: Thatiane Yoshie Kanazawa e Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira.

Figura 2 - Diferentes estádios de desenvolvimento (ovos, juvenis e fêmeas) de *Meloidogyne javanica* extraídos de raízes de tomateiro.

Fonte: Os autores.

As espécies *M. incognita* e *M. javanica* são polífagas e cada uma tem mais de 1.000 espécies de plantas hospedeiras conhecidas. Assim, quase qualquer cultura que anteceda abóbora, abobrinha, berinjela, melão, pepino, pimenta, pimentão e tomate pode aumentar a população desses nematoides. Além disso, temperaturas médias de 28 °C, solos mais arenosos e ausência de rotação de cultura favorecem o ataque dos nematoides desse gênero. Assim, perdas podem ser agravadas em sistema protegido (estufa), variando de 15% a 44% de redução na produção de frutos de tomateiros e de até 100% no cultivo do pepino, devido ao favorecimento na reprodução dos nematoides no local (CHARCHAR; ARAGÃO, 2005).

Essas condições também são observadas em outra espécie de nematoide das galhas, *M. enterolobii*, que vem causando preocupação no segmento agrícola, por tratar-se de espécie que está disseminada em várias regiões brasileiras, de alta virulência, polífaga e com potencial de multiplicação superior a *M. incognita*. Atualmente, vem sendo registrados níveis de danos significativos em plantas portadoras de genes *Mi*, *Me* e *N* que conferem resistência a outras meloidoginoses, entretanto não conferem resistência a *M. enterolobii*. Nenhuma hortaliça frutosa atualmente apresenta genes de resistência efetivos no controle de *M. enterolobii*. No ano de 2001, essa espécie foi inicialmente relatada no país como *M. mayaguensis*, porém, após alguns estudos taxonômicos, verificou-se tratar da espécie *M. enterolobii*. Com base no fenótipo da isoenzima esterase, *M. enterolobii* foi relatada no município paulista de Reginópolis parasitando tomateiros cvs. Andréa e Débora, que são portadores do gene *Mi* e resistentes a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*. As plantas infectadas apresentavam inúmeras galhas e ausência de raízes finas, com sintomas reflexos na parte aérea (clorose, desenvolvimento insatisfatório e redução na qualidade e na quantidade de frutos).

Ainda com relação a *M. enterolobii*, cabe ressaltar que, entre as plantas mais atacadas por essa espécie, estão diversas plantas olerícolas, principalmente tomate e pimentão, além de goiabeira, fumo, soja, café e várias plantas ornamentais. Continuamente vem aumentando o número de espécies de plantas parasitadas por esse nematoide que está agravando os prejuízos no setor agrícola. Tendo em vista ainda o pouco conhecimento sobre o manejo rotacional de áreas infestadas por *M. enterolobii*, medidas de erradicação devem ser empregadas para redução das fontes de inóculo, na tentativa de diminuir sua disseminação.

2.2 Nematoides das lesões radiculares – *Pratylenchus* spp.

Pratylenchus brachyurus é a principal espécie dos nematoides das lesões que parasita as hortaliças frutosas, especialmente melão e pimentão. É uma espécie de clima tropical, bem adaptada às condições climáticas brasileiras e amplamente disseminada. Os nematoides das lesões radiculares são endoparasitos e migradores e todas as suas fases de desenvolvimento pós-emergentes do ovo são consideradas como infestantes. A penetração nos tecidos ocorre entre as células epidérmicas (penetração intercelular) ou através de uma célula (penetração intracelular) (Figura 3). Após penetrarem nas raízes, os nematoides nutrem-se das células e causam lesões. Um agravante desse fato é que, através dessas aberturas ou ferimentos, pode haver penetração de fungos e de bactérias patogênicas. Cada fêmea de *Pratylenchus* deposita, em média, 80 ovos.

Figura 3 - Penetração de *Pratylenchus brachyurus* nos tecidos radiculares de pimenta cv. Biquinho.

Fonte: Os autores.

Sintomatologia e danos

Os sintomas de galhas apresentados nas raízes (Figuras 4 e 5) e a diminuição do número de raízes finas em olerícolas são visíveis. As galhas são protuberâncias que ocorrem nas raízes infestadas pelos nematoides do gênero *Meloidogyne*, daí o nome vulgar desses parasitos (nematoides das galhas). As galhas se formam no local de alimentação das fêmeas. Abrindo-se cuidadosamente uma galha e observando-se atentamente, é possível visualizar uma ou mais dessas minúsculas fêmeas (Figuras 6 e 7).

Figura 4 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne incognita* nas raízes de tomateiro.

Fonte: Os autores.

Figura 5 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne javanica* nas raízes de tomateiro híbrido Absoluto.

Foto: Juliana Magrinelli Osório Rosa.

Figura 6 - -Fêmea de *Meloidogyne incognita* raça 3 na raiz de tomateiro.

Foto: Thatiane Yoshie Kanazawa e Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira.

Kanazawa & Oliveira (2008)

Kanazawa & Oliveira (2008)

Figura 7 - Fêmea de *Meloidogyne incognita* raça 3 no interior de uma galha formada na raiz de tomateiro.

Foto: Thatiane Yoshie Kanazawa e Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira.

Para os nematoides do gênero *Pratylenchus*, os sintomas nas raízes são caracterizados por lesões necrosadas causadas pela alimentação e pelo caminhar do nematoide (Figura 8) e pela diminuição das radículas. Ambas as deformações comprometem a absorção e a translocação de nutrientes, afetam a fisiologia da planta e predispõem as plantas ao ataque de outras doenças (bacterianas e fúngicas).

Figura 8 - Raízes de pimenta cv. Biquinho com lesões necrosadas provocadas por *Pratylenchus brachyurus*.

Fonte: Os autores.

3 Abóbora, abobrinha e morangas

Abóboras, abobrinhas e morangas (*Cucurbita moschata*, *C. maxima*, *C. pepo* e *C. moschata* x *C. maxima*) são cultivadas em todo o Brasil, com destaque nos estados de Minas Gerais, Bahia e São Paulo. As cucurbitáceas são consideradas hospedeiras favoráveis, principalmente dos nematoides causadores de galhas, sendo as espécies *M. incognita* e *M. javanica* as mais danosas a essa cultura. Os sintomas decorrentes da infecção de *Meloidogyne* são caracterizados pela formação de galhas bem desenvolvidas (Figura 9). Ocorre a má formação das plantas e o amarelecimento das folhas, que pode ser notada, em campo, no aparecimento de áreas com reboleiras, como consequência do parasitismo desses organismos. Além disso, a infestação dos nematoides predispõe à ocorrência de outros patógenos, como fungos e bactérias, causadores de doenças nas cucurbitáceas, agravando ainda mais o desenvolvimento.

Os danos e as perdas causados por nematoides nas abóboras, nas abobrinhas e nas morangas não têm sido cientificamente determinados. Mesmo em áreas comerciais, não há relatos exatos de perdas econômicas pela presença de nematoides do gênero *Meloidogyne*. É razoável supor que, no

caso da abobrinha, cujos frutos são colhidos imaturos, o ciclo rápido (ao redor de 80 dias) contribua para que os danos não cheguem a patamares econômicos. Além disso, grande parte das abóboras possui tolerância ao ataque de nematoides e, mesmo na presença de galhas, não se nota uma redução considerável na produção.

Figura 9 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne incognita* nas raízes de abóbora.

Fonte: Os autores.

4 Berinjela

Cultivada principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais e no Sul do Brasil, a berinjela (*Solanum melongena*), apesar da rusticidade, apresenta suscetibilidade principalmente às espécies de nematoides das galhas, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. enterolobii* e *M. hapla*. As galhas, por sua vez, são menores quando comparadas às demais olerícolas. Na parte superior da planta, os sintomas são expressos por clorose, murcha, diminuição no tamanho dos frutos, nanismo e redução do estande das plantas (Figura 10), levando à queda na produtividade dessa cultura. Estudos recentes conduzidos por Hussain et al. (2015) demonstram que, após a avaliação de três níveis populacionais de *M. incognita* (500, 1.000 e 2.000 J2/kg de solo) na cultivar Pusa púrpura longa, *M. incognita* foi patogênica à planta de berinjela em níveis mais altos. Dois mil J2 de *M. incognita* /kg de solo foram capazes de causar reduções no comprimento radicular e no peso da parte aérea, de 24% e 29%, respectivamente.

Figura 10 - Nanismo e redução de estande de plantas de berinjela causados por *Meloidogyne javanica*.

Fonte: Os autores.

Segundo Pinheiro et al. (2013), algumas fontes de resistência já foram relatadas nas espécies selvagens de berinjela, como *S. toxicarium*, *S. khasianum*, *S. torvum* e *S. sisymbriifolium*; entretanto estudos para encontrar resistência aos nematoides das galhas não foram ainda devidamente avaliados nos bancos ativos de germoplasma.

5 Melão

No Brasil, as principais regiões produtoras de melão ficam nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. No município de Assu, RN, a ocorrência de *M. incognita* e *M. javanica* tem limitado a produção de melão, com perdas que podem chegar a 100% (PINHEIRO; AMARO, 2010). O sintoma típico é a presença de galhas nas raízes (Figura 11), que coalescem e afetam a absorção e a translocação de nutrientes, além de predispor as plantas ao ataque de doenças.

Figura 11 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne incognita* nas raízes de melão.

Fonte: Os autores.

Baseando-se em experimento conduzido em condições de campo, na Califórnia, Estados Unidos, Ploeg e Phillips (2001) relataram que *M. incognita* reduz o número de frutos colhidos de melão cv Durango, com perdas na produtividade de até 65%, embora não afete o tamanho dos frutos. Os autores determinaram ainda que o limite de tolerância (T) é 0,48, ou seja, de apenas 1 juvenil de *M. incognita* por 200 cm³ de solo (Figura 12). Além disso, observaram a diminuição na severidade dos danos de *M. incognita* em plantas de melão com idade mais avançada quando comparadas às plantas inoculadas mais jovens, com a mesma densidade de nematoides.

Figura 12 - Relação entre a população inicial (Pi) de *Meloidogyne incognita* e a produtividade relativa do melão cv. Durango.

Fonte: Ploeg e Phillips (2001).

O primeiro relato de lesões causadas por *P. brachyurus* em meloeiro no Brasil foi feito por Torres et al. (2004), ocorrendo em solos naturalmente infestados, de um campo de produção comercial no município de Baraúnas, RN. No entanto, anteriormente, em condições controladas, Machado e Inomoto (2001) observaram que o melão cv. Valenciano foi uma das olerícolas mais suscetíveis a *P. brachyurus*, com fator de reprodução igual a 6,75, confirmando o estudo prévio de Charchar e Huang (1981). De acordo com Pinheiro e Amaro (2010), *P. brachyurus* pode parasitar tanto os pelos radiculares como as raízes fibrosas do melão (Figura 13), reduzindo a capacidade da planta de absorver nutrientes do solo, resultando em sintomas reflexos na parte aérea caracterizados pelo desenvolvimento insatisfatório, pelas folhas cloróticas e pela diminuição no rendimento do meloeiro.

Figura 13 - Penetração de *Pratylenchus brachyurus* nos tecidos radiculares de melão.

Fonte: Os autores.

6 Pepino

O pepino é uma planta da família Cucurbitaceae, pertencente ao gênero *Cucumis*, espécie *C. sativus*, cultivada principalmente na região Sudeste, sendo o Estado de São Paulo responsável por mais de 50% de sua produção. Está entre as olerícolas mais cultivadas no país, entretanto não se adapta a cultivo em baixas temperaturas, necessitando de temperaturas superiores a 20°C para seu desenvolvimento (ROBINSON; DECKER-WALTERS, 1999).

O pepino é a cucurbitácea cultivada com maiores danos provocados por nematoides. Considerando os estudos de Huang e Viana (1980), altos níveis populacionais (por exemplo, 20.000 e 100.000 ovos de *M. incognita*/litro de solo) são capazes de ocasionar 100% de mortalidade de plântulas, após um mês da semeadura. Mesmo em níveis menores (1.000 ovos de *M. incognita*/L de solo), pode ocorrer redução superior a 50% na produção de frutos de pepino.

Quando atacadas pelos nematoides, as plantas apresentam subdesenvolvimento na parte aérea e murcha da planta nos períodos mais quentes. Ocorre sintoma de amarelecimento foliar e as raízes apresentam galhas bem definidas, com diminuição nas raízes secundárias.

Alguns marcadores moleculares ligados ao gene *Mj* têm sido avaliados para o desenvolvimento de cultivares resistentes (DEVTRAN et al., 2011). Para o cultivo de pepino, principalmente em área protegida, porta-enxertos de abóboras tolerantes ao ataque de nematoide são vastamente utilizadas no Brasil. Por terem sistema radicular vigoroso e reduzida taxa de reprodução para espécies de *Meloidogyne*, eles garantem produtividade aos pepinos, mesmo em solos contaminados com nematoides. Atualmente os híbridos de abóboras mais utilizados como porta-enxerto para pepino são Keiji, Fuerza, Pontent, TSX 10350 e Tropical.

Figura 14 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne enterolobii* em raiz de pimenta cv. Biquinho.

Fonte: Os autores.

7 Pimenta e Pimentão

Dentre as dez olerícolas mais consumidas no Brasil, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) e as pimentas correspondem à terceira espécie de Solanaceae mais cultivada no país, ficando atrás somente da batata e do tomate. Os principais estados produtores são São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco. Considerado um dos maiores produtores de pimentões, o Estado de São Paulo vem sofrendo perdas consideráveis nas cultivares comerciais devido à presença de *M. incognita* e *M. enterolobii*, este último ainda com ausência de cultivares resistentes.

Inúmeros são os genes de resistência a nematoides já relatados em *Capsicum* sp. Os estudos tiveram início já na década de 50 e atualmente são relatados, por exemplo, os seguintes genes: *N* (resistência a *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica*); *Me1* (resistência a *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e a algumas populações de *M. hapla*); *Me2* (resistência a *M. javanica*); *Me3* (resistência a *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e a algumas populações de *M. hapla*); *Me4* (resistência a algumas populações de *M. arenaria*) e *Me5* (resistência a *M. javanica* e a algumas populações de *M. arenaria*). Com relação a *M. enterolobii*, Oliveira (2007) relatou uma possível fonte de resistência em *C. frutescens*, porém nenhum resultado prático foi, até o momento, observado visando ao controle desse nematoide pelo uso dessa resistência em função da incompatibilidade para a enxertia.

Os sintomas mais comumente observados são galhas irregulares com massas de ovos evidenciadas em todo sistema radicular (Figura 14), provocados principalmente por *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. Outro sintoma bem característico a esse cultivo é o apodrecimento das raízes, uma vez que os nematoides intensificam a entrada de fungos e de bactérias considerados patógenos secundários, como *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* sp. *Verticillium* sp e *Rastonia* sp. (PINHEIRO, 2017).

As plantas infestadas têm seu desenvolvimento comprometido, tornando-se raquíticas, apresentando amarelecimento e uma alta desfolha na planta, resultando na redução da produtividade.

Na cultura do pimentão, a presença de *M. enterolobii* ocorreu no ano de 2006, quando o porta-enxerto de pimentão ‘Silver’ e tomateiros ‘Andréia’ e ‘Débora’, considerados resistentes às principais espécies de *Meloidogyne* (*M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria*), apresentaram sintomas de galhas e comprometimento em seu desenvolvimento vegetativo (CARNEIRO et al., 2006).

Em levantamento para observação das espécies de *Meloidogyne* e de seus sintomas, realizado nas regiões produtoras de olerícolas, nos municípios de Arealva, Bauru, Botucatu, Manduri, Pirajuí e Taguaí, pode-se observar que as maiores densidades de *M. incognita* e *M. enterolobii* foram obtidas em pimentão, causando grande variação no tamanho (Figura 15) e diminuição da produção de frutos. Os valores de densidade populacional, em alguns locais, atingiram altos índices de até 292.800 J₂ + ovos / 10 gramas de raízes e 3.750 J₂ / 250 cm³ de solo (ROSA; WESTERICH; WILCKEN, 2013).

Com relação aos nematoides das lesões, pelos danos provocados, *P. brachyurus* e *P. penetrans* são importantes para as pimentas e os pimentões. Essas espécies levam ao apodrecimento das raízes devido à sua alimentação e ao caminhamento, causando grandes áreas necrosadas nas raízes (Figura 16). As plantas também têm seu crescimento vegetativo reduzido, apresentando frutos de menores tamanhos.

Figura 15 - Plantas de Pimentão com redução no estande e murcha causados por *Meloidogyne incognita*, em cultivo protegido.

Fonte: Os autores.

Figura 16 - Sistema radicular de pimenta cv. Biquinho com lesões necrosadas provocadas por *Pratylenchus brachyurus*.

Fonte: Os autores.

Pratylenchus brachyurus já foi relatado parasitando pimenta malagueta na Bahia (SHARMA; LOOF, 1977). Na cultura do pimentão, Pinheiro, Pereira e Guimarães (2016) observaram que, em cultivos em ambiente protegido, no Distrito Federal, o principal sintoma devido à infestação por *P. brachyurus* é a presença de lesões escuras e necróticas nas raízes parasitadas, que se tornam apodrecidas e corticosas após a infecção de outros microrganismos de solo. De acordo com os autores, as plantas infectadas apresentam atraso no desenvolvimento, com drástica redução do crescimento em relação às não infectadas. Na parte aérea, ocorre murcha e desenvolvimento reduzido da planta e dos frutos. No entanto, em experimentos desenvolvidos em condições controladas por Machado e Inomoto (2001), o pimentão cv. Cascadura Ikeda comportou-se como resistente a *P. brachyurus*, com fator de reprodução menor do que um, podendo ser utilizada como fonte de resistência nos programas de melhoramento genérico da cultura.

Em estudo realizado na Nigéria por Khan (1994), foi observado que, dentre 30 diferentes olerícolas, a berinjela, o quiabeiro e a pimenteira foram as melhores hospedeiras de *P. brachyurus*, aumentando em 30 vezes a densidade populacional, após 75 dias da inoculação.

8 Tomate

O tomate está entre as mais importantes olerícolas cultivadas no Brasil, sendo os estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás os maiores produtores. Os sintomas de campo causados pelos nematoides das galhas normalmente ocorrem em reboleiras. Em plantios iniciais, altas infestações podem levar à morte das mudas e, nas plantas sobreviventes, a produção é fortemente afetada em relação à quantidade e à qualidade dos frutos, inviabilizando o cultivo nessas áreas. Os nematoides das galhas são considerados os patógenos mais prejudiciais ao tomateiro, inviabilizando áreas na presença de altos níveis populacionais. As espécies *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* são as mais prejudiciais, entretanto *M. arenaria* e *M. hapla* também podem causar perdas significativas quando incidem nessa cultura. Perdas superiores a 27% podem ser causadas por nematoides das galhas na produção do tomate em campo aberto (KAUR; SHARMA; SULTAN, 2011). Nos cultivos protegidos, as perdas econômicas variam de 14% a 44% (CHARCHAR; ARAGÃO, 2005).

As plantas de tomate infestadas podem ser reconhecidas por uma condição peculiar apresentada na parte aérea, ou seja, as plantas murcham mesmo que o solo esteja úmido. Também apresentam folhas amareladas e normalmente crescem pouco em relação a uma planta sadia (Figura 17). Nem sempre, porém, os sintomas de campo são observados, devido à pesada adubação que a cultura recebe, ajudando assim a mascarar os efeitos dos nematoides na parte aérea.

Figura 17 - Plantas de tomateiro com desenvolvimento insatisfatório devido ao ataque de *Meloidogyne javanica*.

Fonte: Os autores.

Grande parte dos híbridos de tomate presentes no mercado atualmente apresenta resistência aos nematoides das galhas. Alguns dos principais híbridos disponíveis para os diferentes segmentos de mercado com resistência a *M. incognita* e *M. javanica* encontram-se na Tabela 1. A maioria apresenta o gene *Mi 1* oriundo de *Lycopersicon peruvianum* (WATTS, 1947). Esse gene confere resistência a *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e a algumas populações de *M. hapla*. Cabe ressaltar que ainda não há cultivares de tomate resistentes a *M. enterolobii* que possibilitem a produção em áreas infestadas com essa espécie. Até o presente momento, só foram relatados alguns casos de resistência em acessos de tomateiros, ou seja, plantas ainda não comerciais e algumas cultivares de tomate que demonstraram ser menos suscetíveis ao parasitismo de *M. enterolobii*, mas que ainda elevariam a população dessa espécie na área infestada.

Tabela 1 – Híbridos de tomate com expressão econômica (abril/2018) no Brasil resistentes a *M. incognita* e *M. javanica*

Híbrido	Segmento
Aguamiel	Saladete (Italiano)
Arendel	Salada
Batalha	Salada
Carina Star	Saladete (Sta Cruz)
Carina Ty	Saladete (Sta Cruz)
Compack	Salada
Dominador	Salada
Itaipava	Salada
Pai Pai	Saladete (Italiano)
Pizzadoro	Saladete (Italiano)
Plutão	Saladete (Italiano)
Protheus	Salada
Ravanea	Saladete (Italiano)
Santy	Salada
Santyno	Saladete (Sta Cruz)
Totalle	Saladete (Italiano)
Valerin	Salada
Vento	Salada

Fonte: Os autores.

Embora em proporções menores quando comparadas ao nematoide das galhas, *P. brachyurus* e *P. penetrans* são as principais espécies dentro do gênero *Pratylenchus* a causarem danos em tomateiro. Os sintomas diretos são lesões escurecidas nas raízes dos pimentões e das pimentas e diminuição do sistema radicular. Segundo Pinheiro, Pereira e Guimarães (2016), plantas infectadas apresentam drástica redução do desenvolvimento da parte aérea e queda da produção.

9 Identificação das espécies de *Meloidogyne* e *Pratylenchus*

Rotineiramente, a identificação das espécies de importância agrícola do gênero *Meloidogyne* é feita por caracteres morfológicos, examinando a região perineal da fêmea. Porém há casos em que os padrões perineais assemelham-se e causam incerteza na identificação da espécie, resultando em táticas de manejo inadequadas e maior disseminação e reprodução do nematoide.

Por exemplo, a configuração perineal de *M. enterolobii* não é uma característica confiável para a sua identificação, pois apresenta uma elevada variabilidade e alguns espécimes podem possuir um padrão perineal semelhante ao de *M. incognita* (Figura 18).

Figura 18 - Comparação dos padrões perineais de *Meloidogyne* sp. (A) *Meloidogyne incognita*; (B) *M. paranaensis*; (C) *M. enterolobii* (*M. mayaguensis*), padrão relatado na descrição da espécie (Flórida/US) e (D) *M. enterolobii* com variação de padrão perineal intraespecífica.

Fonte: Os autores.

Todavia a sobreposição dessa característica entre espécies e a influência do ambiente na sua expressão têm motivado vários pesquisadores a buscar métodos alternativos para auxiliarem na taxonomia morfológica tradicional. Dentre esses métodos, incluem-se análise eletroforética de proteínas e isoenzimas em gel de poliacrilamida e análise de DNA. Em virtude de ser um método relativamente simples, a análise de isoenzimas tem sido empregada para trabalhos de rotina (Figura 19).

Figura 19 - Fenótipos específicos de esterase para identificação de espécies de *Meloidogyne*. Linhas pontilhadas indicam bandas fracas.

Fonte: Os autores.

Eletroforese de isoenzimas é uma técnica de grande valia para caracterizar as espécies de *Meloidogyne* que já foram estudadas bioquimicamente e possuem padrões isoenzimáticos. Estudos podem ser realizados viabilizando e facilitando os levantamentos no campo, determinando a frequência e a distribuição relativa das espécies, detectando populações misturadas para proceder à purificação dessas populações antes de conduzir estudos em resistência de plantas ou especificidade de hospedeiros e caracterizar fenótipos atípicos, ou seja, espécies ainda não descritas.

No caso do gênero *Pratylenchus*, de acordo com Gonzaga et al. (2016), os principais caracteres utilizados para a identificação de espécies de *Pratylenchus* são os seguintes: comprimento do corpo (L); largura da região labial; altura da região labial; comprimento do estilete; largura dos nódulos basais do estilete; altura dos nódulos basais do estilete; distância da abertura dos ductos da glândula dorsal esofagiana aos nódulos basais do estilete (DGO); maior largura do corpo (l); distância da região labial à vulva; distância da região labial ao poro excretor; comprimento do esôfago; comprimento da sobreposição do esôfago ao intestino; distância da espermateca à vulva; largura do corpo na vulva; distância da vulva ao ânus; comprimento do saco pós-uterino; largura do corpo na região anal; comprimento da cauda; número de anéis na cauda; largura/ altura da região labial; a (comprimento do corpo dividido pela maior largura); b (comprimento do corpo dividido pelo comprimento do esôfago); c (comprimento do corpo dividido pela cauda); c' (comprimento da cauda dividido pela largura do corpo na região anal); V (distância da extremidade anterior à vulva, como percentagem do comprimento total do corpo). Além disso, os autores providenciaram uma chave dicotômica para identificação das mais importantes espécies de *Pratylenchus* que ocorrem no Brasil.

A taxonomia clássica, baseada em estudos morfológicos e morfométricos, com auxílio de microscópio de luz, tem sido tradicionalmente utilizada na diagnose de nematoides das lesões. No entanto, devido ao número limitado de características taxonômicas e ao declínio no interesse

em taxonomia clássica, observa-se um esforço crescente direcionado para o desenvolvimento de diagnóstico de espécies de *Pratylenchus* baseado em técnicas moleculares.

10 Manejo/Controle

Controle preventivo: são sempre mais eficientes e econômicos que os tratamentos curativos. Incluem-se o uso de mudas isentas de nematoides e plantio em área não infestada. A análise nematológica da área, avaliando o solo e as raízes da cultura anterior, fornece importantes informações para o agricultor. No caso de cultivos irrigados, evitar o uso de água contaminada. O manuseio e a assepsia de implementos e de máquinas agrícolas merecem atenção especial, principalmente ao serem empregados em áreas infestadas. A desinfestação é mandatória antes de serem utilizados em outras áreas de plantio. O trânsito de máquinas e de pessoas de áreas infestadas para áreas sadias deve ser monitorado constantemente.

Rotação de cultura: é o método mais acessível à maioria dos produtores e visa à diminuição do nível populacional dos nematoides, utilizando-se o cultivo de plantas não hospedeiras em áreas infestadas por nematoides. Sugere-se, em áreas infestadas por *M. javanica*, a rotação com algodoeiro e amendoim. Outra opção é a utilização de híbridos de milho resistentes a *M. javanica*, como AG 9020, AG 8021 e DKB 566; porém é preciso lembrar que muitos outros são suscetíveis. Ressalte-se que a correta identificação da espécie de *Meloidogyne* é importante no caso de uso de milho como cultura de rotação, pois quase todos os híbridos disponíveis no mercado são suscetíveis a *M. incognita*. Para áreas infestadas com *M. incognita* ou com infestação conjunta de *M. javanica* e *M. incognita*, o amendoim e as braquiárias (*Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*) são indicados. Também alguns adubos verdes, como *Crotalaria spectabilis* e *C. breviflora*, são bastante eficazes para o controle dos nematoides das galhas, reduzindo a população e favorecendo as condições físico-químicas do solo. Gramíneas como milho, milheto e *Brachiaria* devem ser evitadas em áreas com presença de *Pratylenchus* por serem hospedeiras principalmente de *P. brachyurus*.

Deve-se evitar o plantio de cultivares suscetíveis. Culturas como ervilha, quiabo, soja, feijão aumentam a maioria das espécies dos nematoides das galhas e, por isso, não são indicadas para rotação de cultura. Todavia algumas culturas olerícolas são bem aceitas para o programa de rotação de cultura, desde que se conheça a espécie de *Meloidogyne*, para a escolha de uma cultivar resistente. Algumas olerícolas, como as brássicas (couve-flor, brócolis, couve-manteiga, couve chinesa, repolho e rúcula), principalmente para *M. enterolobii*, e o alface são bem aceitos em rotação, uma vez que reduzem a multiplicação da maioria das espécies de *Meloidogyne*.

Controle químico: em áreas infestadas por espécies de *Meloidogyne*, o controle químico, embora de altíssimo custo e alta toxicidade, constitui-se em alternativa eficiente de controle. Os principais nematicidas com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento podem ser consultados no seguinte link: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Cultivares resistentes: uma das formas mais importantes de controle dos nematoides é uso de cultivares resistentes (Tabela 1). Para culturas onde não há híbridos disponíveis ou variedades resistentes, porta-enxertos têm sido usados no intuito de reduzir os danos provocados por esses vermes.

Tamanho das mudas: entre as técnicas para minimizar os efeitos dos nematoides, vale ressaltar alguns estudos em que a utilização de mudas em estágios mais desenvolvidos vem demonstrando resultados satisfatórios em campos infestados com nematoides. Como um dos exemplos, podemos citar o estudo realizado por Oliveira et al. (2018) que avaliaram a patogenicidade de *M. enterolobii* em três diferentes idades de mudas de pimentão cv. Orazio (um, três e cinco pares de folhas verdadeiras). Nesse estudo, observou-se um limite de tolerância de 2.500 nematoides para mudas

menores, com um e três pares de folhas, e um limite de tolerância de 8.500 nematoides para mudas mais desenvolvidas, com cinco pares de folhas. O rendimento mínimo da planta (m) foi de 0,445, 0,809 e 0,965, respectivamente, demonstrando que as plantas tiveram uma redução de 55,5, 19,1 e 3,5% em seu desenvolvimento (Figura 20). Portanto uma muda com cinco pares de folhas, denominada de 'mudão', mostrou-se mais tolerante, podendo ser considerada no manejo de áreas infestadas com *M. enterolobii* (Figuras 21 e 22).

Figura 20 - Relação entre a população inicial (P_i) de *Meloidogyne enterolobii* e a massa seca da parte aérea (YR) de pimentão cv. Orazio, após 60 dias.

Fonte: Os autores.

Figura 21 - Sintomas do parasitismo em diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne enterolobii* em mudas de pimentão cv. Orazio com um (A), três (B) e cinco (C) pares de folhas verdadeiras, após 60 dias.

Fonte: Os autores.

Figura 22 - Desenvolvimento do sistema radicular e sintomas de galhas provocadas por *Meloidogyne enterolobii* (Pi=10.000) em mudas de pimentão cv. Orazio com um (A), três (B) e cinco (C) pares de folhas verdadeiras, após 60 dias.

Fonte: Os autores.

Outras práticas culturais: a adição de material orgânico melhora as propriedades físico-químicas do solo, favorecendo o crescimento das plantas e tornando-as mais tolerantes. Também propicia o crescimento das populações de inimigos naturais dos nematoides. A decomposição da matéria orgânica libera compostos altamente tóxicos aos fitonematoides.

A erradicação de plantas daninhas, principalmente durante o pousio ou durante a rotação com planta não hospedeira, evita que os nematoides das galhas sobrevivam ou multipliquem nessas plantas.

A enxertia é outra técnica consagrada para obtenção de resultados satisfatórios no campo. Essa técnica, bastante utilizada em cultivos de tomate, pimentão e pepino, possibilita que cultivares comerciais sejam associados a porta-enxertos resistentes a determinadas espécies de nematoides, resultando em uma boa produtividade em áreas infestadas.

11 Coleta e envio de amostras para análise nematológica

Nem sempre é possível reconhecer e diagnosticar a presença de fitonematoides exclusivamente pela observação dos sintomas. Para tanto, é imprescindível a realização de análise laboratorial.

Considerando que os principais nematoides parasitam órgãos vegetais subterrâneos (principalmente as raízes), o bom senso prevalece na coleta e no envio de amostras nematológicas. Para culturas anuais, pelo menos 10 subamostras por hectare devem ser coletadas, totalizando uma amostra composta de aproximadamente 0,5 a 1,0 kg de solo (com a umidade natural) e 20 g de raízes. Preferencialmente, as raízes devem ser encaminhadas envolvidas na mistura de solo para

não ressecar. As amostras (solo + parte vegetal) devem ser acondicionadas em sacos plásticos resistentes e encaminhadas com brevidade para análise. Além disso, devem ser corretamente identificadas com as seguintes informações: local e data de coleta, nome da planta, propriedade e proprietário, endereço para envio do resultado e telefone para contato.

12 Referências

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes meloidoginose no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 81-86, 2006.

CHARCHAR, J. M.; ARAGÃO, F. A. S. Reprodução de *Meloidogyne* spp. em cultivares de tomate e pepino sob estufa plástica e campo. **Nematologia Brasileira**, Jaboticabal, v. 29, p. 243-249, 2005.

_____; HUANG, C. S. Círculo de hospedeiras de *Pratylenchus brachyurus*. II: hortaliças. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, p. 57-65, 1981.

CHITWOOD, D. J. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 59, p. 748-753, 2003.

DEVTRAN, Z. et al. AFLP and SRAP markers linked to the *mj* gene for root-knot nematode resistance in cucumber. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, no. 1, p. 115-119, 2011.

GONZAGA, V. et al. (2016). Gênero *Pratylenchus*. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (Org.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium, 2016. p. 71-98.

HUANG, C. S.; VIANA, B. F. Relação entre níveis de inóculo pré-plantio de *Meloidogyne incognita* com o desenvolvimento do pepino. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 5, p. 401-402, 1980.

HUGOT, J. P.; BAUJARD, P.; MORAND, S. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. **Nematology**, Orlando, v. 3, p. 199-208, 2001.

HUSSAIN, M. A. et al. Effect of inoculum density of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on damage potencial in eggplant. **Mycopath**, Lahore, v. 13, no. 1, p. 33-36, 2015.

JAIRAJPURI, M. S.; AHMAD, W. D. **Free-living predaceous and plant-parasitic nematodes**. New Delhi: Oxford and IBH Publishing, 1992.

KAUR, D. N.; SHARMA, S. K.; SULTAN, M. S. Effect of different chemicals on root knot nematode in seed beds of tomato. **Plant Disease Research**, Saint Paul, v. 26, no. 2, p. 170-170, 2011.

KHAN, F. A. Effect of soil organic amendments on the development of *Pratylenchus brachyurus* and growth and yield of okra. **Afro Asian Journal of Nematology**, Luton, v. 4, p. 84-87, 1994.

LAMBSHEAD, P. J. D. Recent developments in marine benthic biodiversity research. **Oceanis**, v. 19, no. 6, p. 5-24, 1993.

LOPES, E. A.; FERRAZ, S. Importância dos fitonematoides na agricultura. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (Org.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium, 2016. v. 1, p. 14.

- MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Host status of eighteen vegetable crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Nematopica**, Florida, v. 31, no. 2, p. 259-265, 2001.
- MOENS, T., YEATES, G. W.; DE LEY, P. Use of carbon and energy sources by nematodes. **Nematology Monographs and Perspectives**, Leiden, v. 2, p. 529-545, 2004.
- OLIVEIRA, D. C. **Enxertia de plantas de pimentão em *Capsicum* spp. no manejo de nematóides de galha**. 2007. 134 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- OLIVEIRA, S. A. et al. Do the stage of plant and initial population of root knot nematode influence on sweet pepper development? **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, 2018. No prelo.
- PINHEIRO, J. B. **Nematoides em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- _____; AMARO, G. B. **Ocorrência e controle de nematoides nas principais espécies cultivadas de cucurbitáceas**. Brasília, DF: Embrapa, 2010. p. 1-7. (Circular técnica, 88).
- _____; PEREIRA, R. B.; GUIMARÃES, J. A. **Manejo de nematoides na produção integrada de pimentão**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. (Circular técnica, 148).
- _____ et al. **Ocorrência e manejo de nematoides na cultura do jiló e berinjela**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. (Circular técnica, 125).
- PLOEG, A. T.; PHILLIPS, M. S. Damage to melon (*Cucumismelo* L.) cv. Durango by *Meloidogyne incognita* in Southern California. **Nematology**, Orlando, v. 3, no. 2, p. 151-157, 2001.
- ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS, D. S. **Cucurbits**. Cambridge: Cab International, 1999.
- ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Nematoides das galhas em áreas de cultivo de olerícolas no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 37, n. 1-2, p. 15-19, 2013.
- SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology, the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. v. 7, p. 14.
- SHARMA, R. D.; LOOF, P. A. A. Nematodes of the cocoa region Bahia, Brazil. VII. Nematodes associated with vegetables. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, Piracicaba, v. 2, p. 125-133, 1977.
- TORRES, G. R. C. et al. *Pratylenchus brachyurus* em *Cucumis melo* no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, no. 6, p. 668-669, 2004.
- WATTS, V. M. The use of *Lycopersicon peruvianum* as a source of nematode resistance in tomates. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 49, p. 233-234, 1947.