

Capítulo 19

***Globodera rostochiensis* (Woll.) (Tylenchida: Heteroderidae)**

JADIR BORGES PINHEIRO, GIOVANI OLEGÁRIO DA SILVA,

RAPHAEL AUGUSTO DE CASTRO E MELO

Identificação da praga

O nematoide-dourado-da-batata (*Globodera rostochiensis*) afeta negativamente plantas da família *Solanaceae*. Esta espécie desenvolve cistos de coloração com tons de amarelo e marrom nas raízes das espécies suscetíveis (Figura 1).

Globodera rostochiensis foi primeiramente descrita por Wollenweber em 1923 como *Heterodera rostochiensis*. No ano de 1959, Skarbilovich criou o subgênero *Globodera* para acomodar as várias espécies de nematoides com cistos arredondados. Em 1975, Behrens elevou *Globodera* a nível de gênero (Cabi, 2018). São parasitas radiculares que podem ocorrer em hastes subterrâneas, estolões, raízes e tubérculos de batata.

A capacidade de distinguir *Globodera rostochiensis* e *Globodera pallida*, um do outro e de outras espécies

de *Globodera*, é importante para fins de quarentena, além de ser uma componente chave no manejo da maioria dos nematoides-dourados-da-batata. Tradicionalmente, a identificação das espécies de nematoides-dourados-da-batata é feita pela morfologia dos juvenis de segundo estádio (J2) (Figura 2 a e b) e por cistos maduros. O comprimento do estilete do J2 é um dos caracteres juvenis mais confiáveis que podem ser medidos e usados para separar as espécies de nematoides-dourados-da-batata. A região posterior das fêmeas contém caracteres relevantes para identificação da espécie. A identificação das espécies de nematoides-de-cistos da batata pode ser feita pelo número de estrias presentes no períneo, que é a região compreendida entre a vulva e o ânus (Silva; Santos, 2007).

Outra característica marcante na diferenciação destas duas espécies refere-se à cor das fêmeas e ocorre quando presas aos tecidos pela parte anterior. As fêmeas de *G. rostochiensis* desenvolvem-se passando por uma fase amarelo-dourada antes de apresentarem coloração castanha, cuja característica origina o nome comum de “nematoide-dourado”. As fêmeas de *G. pallida* são de cor branca ou creme antes de adquirirem a cor castanha (Mai et al., 1990).

Foto: Bonsak Hammeraas



Figura 1. Fêmeas de *Globodera rostochiensis* em raízes de cultivar de batata resistente (R01).



Figura 2. No detalhe: a região anterior mostrando o estilete, metacorpo e a glândula esofágiana dorsal (A). Juvenis de segundo estádio (J2) e ovos (B).

Embora haja grande risco de transmissão via batata-semente, *G. rostochiensis* até o momento não foi detectado no Brasil. De acordo com Charchar (1997), em levantamento de nematoides realizados na cultura da batata em 118 áreas localizadas em 26 municípios pertencentes aos estados do RS, SC, PR, SP, MG, GO e DF, principais produtores no país, em nenhuma amostra houve a presença dos nematoides formadores-de-cisto. Porém, trata-se de um grupo de elevado destaque, pois existe relato de sua ocorrência em nações vizinhas como: Argentina, Venezuela, Peru, Colômbia, Chile, Equador e Bolívia (Lordello, 1973). Dessa maneira, o Brasil vive sob constante ameaça da introdução destas espécies, o que certamente aumentaria ainda mais a preocupação dos bataticultores com problemas fitossanitários.

Posição taxonômica

- **Domínio:** Eukaryota.
- **Reino:** Metazoa.

- **Filo:** Nematoda.
- **Ordem:** Rhabditida.
- **Família:** Heteroderidae.
- **Gênero:** Globodera.
- **Espécie:** *Globodera rostochiensis*.

Sinonímias

Nematoide-dourado, nematoide-da-raiz-da-batata, nematoide-de-cisto-dourado-da-batata, nematoide-dourado-da-batata.

Hospedeiros

Os principais hospedeiros de *G. rostochiensis* são restritos às solanáceas, principalmente batata, tomate e berinjela, mas um grande número de plantas daninhas do gênero *Solanum* também é hospedeiro (Sullivan et al., 2007). O compêndio de espécies invasivas (Cabi), cita 169 espécies de hospedeiros, a grande maioria da família Solanaceae (Cabi, 2018).

Distribuição geográfica da praga

Em relação a sua origem, existem evidências de que este patógeno se originou nas regiões andinas do Peru, local de origem da batata onde evoluiu paralelamente com o seu hospedeiro principal. O nematoide-dourado já foi relatado em mais de 65 países (Cabi, 2018). A mistura de espécies, principalmente com *Globodera pallida*, a disseminação e o nível de infestação nos países variam muito, de modo que em algumas áreas existe a infestação com as espécies *G. rostochiensis* e *G. pallida*. Enquanto que o nematoide-dourado é raro em outras regiões e países, como a América do Norte, a Austrália, Índia, Rússia e China. Outros já erradicaram infestações baixas, como exemplo Israel. São nematoides de regiões com clima predominantemente temperado, porém podem ocorrer em regiões tropicais com altitude elevada. *Globodera rostochiensis* predomina em países europeus, onde foi introduzido em tubérculos de batata-semente (Figura 1) (Cabi, 2018).



Foto: Marcelo Negrini

Figura 1. Distribuição geográfica de *Globodera rostochiensis*.

Fonte: Elaborada com dados do Cabi (2018).

Biologia da praga

Ciclo biológico da praga

Os ovos contidos nos cistos são o estádio persistente do ciclo de vida deste nematoide; os cistos contêm cerca de 500 ovos. Alguns ovos são capazes de sobreviver dentro do cisto por mais de 30 anos, muito embora depois deste período poucos serão viáveis. O período de incubação depende de uma combinação de fatores como umidade, temperatura, aeração e pH do solo. A temperatura ótima para o desenvolvimento é de aproximadamente 15 °C, com maior proporção de adultos em uma população submetida a um acúmulo de 650 a 830 graus-dia de temperaturas acima de 4,4 °C (Cabi, 2018).

Os juvenis, assim como na maioria dos outros nematoides-de-cisto, penetram a raiz do hospedeiro próximo à ponta da raiz. Deste local estes se movem até se estabelecer em um sítio de alimentação onde induz a formação das células de alimentação denominadas de sincícios. Os juvenis de segundo estádio (J2) que penetram a região do periciclo das células da planta têm maior probabilidade de se tornarem machos, enquanto aqueles que penetram a região procambial tendem a se tornar fêmeas. Dentro de poucas horas seguintes à colonização, os juvenis realizam provas para

selecionar células, pela inserção do estilete nestas. Com esta inserção, logo são secretados produtos das glândulas do esôfago nas células do hospedeiro. A célula vegetal sofre então alterações para suprir grandes quantidades de nutrientes para o nematoide em desenvolvimento (Golinowski et al., 1997). Ao finalizar seu ciclo de vida, que tem duração de 38 a 48 dias, dependendo da temperatura do solo (Chitwood; Buherer, 1945), após sua morte a resistente cutícula permanece com ovos no seu interior, constituindo o cisto, estrutura responsável por sua sobrevivência nas diversas condições ambientais, podendo permanecer viável no solo por vários anos.

Durante o seu parasitismo, as fêmeas rompem o córtex radicular e emergem à superfície, mantendo apenas a região anterior embutida nos tecidos e exibindo o restante do corpo fora da raiz. Os nematoídes formadores de cistos do gênero *Globodera* reproduzem por anfimixia (reprodução cruzada). Os machos são vermiformes, migradores e não se alimentam. As fêmeas liberam feromônio sexual que atrai os machos para cópula.

Estratégias reprodutivas da praga

O ciclo de vida dura cerca de 38 a 48 dias, durante este período os machos vermiformes deixam a raiz do hospedeiro e fertilizam quantas fêmeas seja possível antes de morrerem, também a mesma fêmea pode ser fertilizada por vários machos. A morte dos machos ocorre geralmente depois de 10 dias.

Na ausência de uma cultura hospedeira adequada, as infestações do solo de *G. rostochiensis* podem persistir por 20 a 30 anos (Turner, 1996). Uma vez que os juvenis de segundo estádio (J2) desenvolvem dentro dos cistos, eles entram em uma forma extrema de dormência, conhecida como diapausa. Após o plantio, com a estimulação adequada, ou seja, temperatura, umidade e liberação de exsudados radiculares pelas plantas, a maioria dos juvenis então eclodem.

Tipo de dispersão

O nematoide-dourado-da-batata é considerado originário da região dos Andes na América do Sul, de onde se espalhou para a Europa com batatas levadas àquele continente. A facilidade com que foi transportada pelos

continentes prova que é uma praga com grande adaptabilidade a diferentes ambientes. Os cistos formados que aderem às raízes, estolões e tubérculos do hospedeiro e às partículas de solo durante o transporte dão origem a novas infestações onde o clima e a fonte de alimentos estão favoráveis e disponíveis.

Os meios secundários de dispersão ocorrem por movimento de máquinas e implementos agrícolas e movimento de trabalhadores, neste último caso são carreados por botas e sapatos. Os cistos também podem ser dispersos com o vento durante tempestades. A chuva que provoca inundações e escorramento de água dos campos para trincheiras ou canais de irrigação também redistribuem cistos para áreas adjacentes ou irrigadas.

Mecanismos de sobrevivência em condições adversas

Este tipo de nematoide produz estruturas de resistência chamadas cistos; estes podem conter cerca de 500 ovos. Alguns juvenis em ovos são capazes de sobreviver dentro do cisto por mais de 30 anos, muito embora depois deste período poucos serão viáveis. Como a maioria dos nematoídeos, o nematoíde-dourado possui quatro estádios juvenis e um estádio adulto, e é o juvenil de 2º estádio (J2) que invade as raízes do hospedeiro. O J2 é atraído pela ponta da ponta da raiz em crescimento, que libera gradientes químicos que se difundem no solo, provavelmente usando órgãos dos sentidos (anfídios) localizados na região anterior (da cabeça). O J2 penetra então na raiz, próximo ao ponto de crescimento, ou no local de emissão de uma raiz lateral, cortando as paredes celulares epidérmicas com seu estilete e deixando uma trilha de células destruídas. Eventualmente, ele se alimenta nas células do periciclo, córtex ou endoderme. O estilete do nematoíde perfura a parede celular, com o cuidado de não romper a plasmalema, até formar um tubo de alimentação. Este tubo atua como um filtro de partículas pela ação da bomba esofágiana. Esta interação especial consiste em aumentar o volume de células da raiz e a quebra de suas paredes para formar as células gigantes ou nutridoras denominadas de sincícios. O nematoíde permanece se alimentando pelo sincício até que o desenvolvimento esteja completo, o que pode levar até 3 meses. A disponibilidade de nutrientes parece afetar o desenvolvimento sexual dos juvenis, de modo que fêmeas adultas somente serão produzidas em um ambiente de alta disponibilidade de nutrientes, enquanto que os machos adultos podem desenvolver-se sob condições de

estresse nutricional. Com nutrição suficiente, os juvenis sedentários passam do terceiro e quarto estádio juvenil para adulto. O quarto estádio juvenil (J4) permanece enrolado dentro da cutícula, emerge do sistema radicular após a ecdise e atinge o estádio adulto de macho. Os machos não se alimentam após o 3º estádio (J3). Embora os machos adultos pareçam ter um aparelho de alimentação completo. Os machos adultos são vermiformes, com cerca de 1 mm de comprimento e uma vez no ambiente do solo eles sobrevivem por cerca de 10 dias (Evans, 1970). No terceiro estádio juvenil (J3), as fêmeas começam a se desenvolver e isto se torna mais pronunciado no quarto estádio juvenil (J4). O período de desenvolvimento das fêmeas leva cerca de um mês a seis semanas após a entrada dos juvenis nas raízes, quando estas emergem do córtex radicular, prontas para o acasalamento. O próprio corpo da fêmea se transforma no cisto, contendo os ovos, visto que não há a formação de sacos de ovos, ou massas gelatinosas para depósitos de ovos (Cabi, 2018).

Condições edafoclimáticas ideais para o desenvolvimento

O período de incubação dos ovos depende de uma combinação de fatores como suscetibilidade do hospedeiro, umidade, temperatura, aeração e pH do solo. E a temperatura ótima é de aproximadamente 15 °C, com maior proporção de adultos em uma população submetida a um acúmulo de 650-830 graus dia acima de 4,4 °C (Evans, 1977).

Adaptabilidade: plasticidade

Como é um nematoide que se adapta mais a locais frios, assim, há a possibilidade de causar danos principalmente na região Sul do Brasil. Apesar de não haver registros de sua introdução no Brasil, *G. rostochiensis* pode se adaptar a regiões mais frias e com altitudes elevadas do país, regiões tipicamente adaptadas à produção de batata no país.

Sintomas, sinais e danos

As perdas podem ser expressivas dependendo da infestação do nematoide-dourado-da-batata. Podem ocorrer perdas em torno de 15% a 100%, com sintomas reflexos na parte aérea. Entretanto, os nematoides-

dourados-da-batata, podem não causar sintomas imediatos na parte aérea e permanecer por anos no solo, sem que ocorra a detecção de sua presença. Inicialmente, os cultivos de batata apresentam sintomas de fraco desenvolvimento. As plantas podem apresentar clorose e murchamento nas horas mais quentes do dia. Para se ter certeza de que estes sintomas são causados pelos nematoídes-dourados-da-batata e obter um indicativo de densidade populacional, amostras de solos podem ser coletadas ou as fêmeas ou cistos podem ser observados diretamente nas raízes dos hospedeiros. Um exame cuidadoso das raízes revela a presença de pequenos corpos esféricos que medem entre 0,5 mm a 1 mm de diâmetro, cuja coloração é de amarelada. Estes cistos desprendem facilmente das raízes. Em solos bastante infestados, as plantas têm seu sistema radicular reduzido e frequentemente crescem pouco, por deficiência nutricional e estresse hídrico.

O nível de dano econômico para as perdas na colheita por *G. rostochiensis* é inferior a 20 ovos g⁻¹ solo (Evans; Stone, 1977). O nematoíde reduz o tamanho dos sistemas radiculares de modo que o volume de solo que as plantas são capazes de explorar é pequeno e, portanto, a absorção de nutrientes e de água, são reduzidos. Os danos pelo nematoíde-dourado se dão principalmente pela redução das taxas de absorção de nutrientes e indução de deficiências crônicas de nutrientes (Trudgill, 1980). Evidências sugerem que *G. rostochiensis* afeta a quantidade total de minerais absorvidos pelas plantas e transcolados até a parte aérea. Os elementos cujas absorções são mais afetadas são o fósforo (P), o potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca) (Evans; Trudgill, 1978). A concentração de nitrogênio (N) geralmente não é afetada, mas as concentrações de sódio (Na), Mg e Ca podem ser aumentadas. O nematoíde-dourado-da-batata diminui significativamente a quantidade de K na matéria seca (Trudgill et al., 1975). Dessa maneira, estes danos podem ser atenuados pela adição de fertilizantes.

Os danos mecânicos causados pela invasão do nematoíde-dourado na raiz não se dão somente pela formação de ferimentos nas raízes, mas também pela formação de porta de entrada para outros patógenos, como exemplos têm-se as perdas potencializadas em áreas infestadas pelo nematoíde e por *Rhizoctonia solani* e pelo nematoíde e por *Verticillium dahliae*. Além disso, a redução das taxas de fotossíntese e senescência prematura, às vezes associada com patógenos de podridão da raiz, diminuem ainda mais o rendimento da cultura.

Métodos de controle

O manejo em curto prazo para *G. rostochiensis* tem como objetivo principal evitar perdas significativas de produção e qualidade dos tubérculos e, a longo prazo, reduzir infestações no solo, que aumenta os problemas para cultivos sucessivos.

É difícil erradicar o nematoide-dourado-da-batata após o estabelecimento em uma área. Assim, a integração de algumas medidas de manejo pode reduzir os problemas causados pelo nematoide-dourado-da-batata.

Prevenção: A prevenção é sempre a melhor forma de controle de patógenos de solo, em especial os nematoides. Devido ao fato de os nematoides se moverem lentamente no solo onde a distância percorrida por eles, ao ano, provavelmente, não excede uns poucos metros (Agrios, 2005), sua principal forma de disseminação é passiva, por meio de solo, água ou batata-semente contaminadas. A prevenção preserva a área de cultivo livre desses patógenos, pois, uma vez introduzidos na propriedade, o produtor terá que conviver com o problema, já que sua erradicação é praticamente impossível. É importante lembrar que o Brasil é um dos poucos países da América do Sul, onde não foi registrada a presença do nematoide-dourado-da-batata. Dessa maneira, a aplicação de medidas quarentenárias em material vegetal proveniente de outros países, com restrição à entrada destes patógenos no país é de extrema relevância. Para prevenir a infestação por nematoide-dourado-da-batata em áreas não infestadas vários métodos são usados; incluindo legislação acerca da movimentação de batata, semente e solo. Protocolos da Organização Européia e Mediterrânea para a Proteção de Plantas (EPPO) para estes nematoides requerem que os solos dos campos de batata-sementes sejam amostrados para atestar que estão livres de cistos viáveis. A quarentena é uma medida importante, apesar de onerosa, para limitar os danos por organismos causadores de doenças, como os nematoides, sendo que técnicas de identificação e prevenção aliadas à legislação são atualmente empregadas em vários países. As barreiras físicas, por exemplo, oceanos e montanhas, ajudam a confinar as pragas localmente, mas o comércio, principalmente de batata-semente é provavelmente a chave para explicar a disseminação dessas doenças. O uso de batata-semente certificada, livre de nematoides fitoparasitas, é essencial

para manter este grupo de patógeno fora da área de cultivo. Com isso, reduz-se drasticamente a possibilidade de se introduzir nas lavouras tanto nematoides já presentes no Brasil, quanto os nematoides exóticos, que apresentam alto risco de introdução em caso de desvio de batata-consumo, eventualmente importada, para uso como batata-semente. Apesar de quarentenários, os nematoides formadores de cistos são de ocorrência em países vizinhos do Brasil como Argentina, Venezuela, Peru, Colômbia, Chile, Equador e Bolívia, representando sérios riscos de sua introdução no Brasil (Santos, 2003; Silva; Santos, 2007). A não constatação destes nematoides no Brasil e a facilidade com que se disseminam por meio de tubérculos infestados ou solo aderente a eles fazem com que a batata importada seja cuidadosamente examinada por autoridades que têm competência para tal. Órgãos governamentais como a Estação Quarentenária de Germoplasma Vegetal (EQGV), da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e o MAPA funcionam como barreiras à introdução de novos patógenos no país, por meio de análises nematológicas e determinação de medidas de quarentena aplicadas ao germoplasma proveniente do exterior (Tenente; Manso, 1983).

Rotação de culturas: A rotação de culturas para manejo desse patógeno é dificultada, pois é necessário não cultivar batata durante vários anos na mesma área em que ocorreram os problemas. A rotação de culturas é frequentemente usada para reduzir a população do nematoide-dourado-da-batata *G. rostochiensis*, já que os maiores hospedeiros destas espécies são restritos à família Solanaceae, cujos maiores cultivos comerciais são a batata, o tomate e a berinjela. Quando estas plantas são cultivadas sob monocultura por várias safras em solo infestado, a população destes nematoides pode aumentar e os rendimentos destes cultivos serem prejudicados. Para reduzir a população de nematoides, cultivos não hospedeiros como aveia são alternados entre cultivos de hospedeiros. O declínio anual do nematoide-dourado-da-batata no solo é variável, dependendo das espécies não hospedeiras utilizadas. Se a redução da população pela rotação em si não for significativa, então outros métodos de controle podem ser necessários como o uso de cultivares resistentes, cultivos armadilha, ou nematicidas. A rotação de culturas pode ser uma prática econômica e sustentável, com taxas médias de declínio entre culturas de batata. No entanto, sob certas condições econômicas, isso pode apresentar limites inaceitáveis na produção global de batata. Geralmente, oito anos entre as culturas de batata são necessárias

para garantir que a população no plantio permaneça abaixo de cinco ovos por grama de solo, limite ideal para os cultivos.

Culturas armadilha: têm sido utilizados com sucesso na redução de populações do nematoide-dourado-da-batata. A batata é cultivada visando fazer com que os juvenis penetrem nas raízes e se desenvolvam em jovens adultos. Pelo monitoramento da temperatura do solo, a fertilização e formação de novos ovos podem ser evitadas ao destruir o cultivo entre 6 a 7 semanas depois do plantio. O uso de clones de batata resistentes, como cultivo armadilha tem sido usado eficientemente na Irlanda do Norte. E há relatos do uso de linhagens de outra solanácea hospedeira, *S. sisymbriifolium*, com o mesmo objetivo.

Solarização do solo: é um bom método para controlar nematoídes sob condições de climas quentes. O solo é coberto por duas camadas de polietileno, permitindo que o solo comece a aquecer rapidamente. Tem sido relatado que a solarização por 62 dias reduziu a população de *G. rostochiensis* em 95% (Mani et al., 1993). Este método pode ter algum efeito em profundidades de até 10 cm, mas devido ao custo, poderia ser mais eficiente se empregado em pequenas áreas, como estufas.

Controle Biológico: Parasitas naturais e o controle biológico estão sendo estudados intensivamente como forma natural de controlar nematoídes sem o uso de nematicidas, que são altamente tóxicos e nocivos ao meio ambiente. *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum*, *Fusarium oxysporum* e *Cylindrocarpon destructans* são espécies de organismos com potencial efeito nos nematoíde-dourado-da-batata, muito embora até o presente existam poucos produtos biológicos comerciais para controlar *G. rostochiensis*. Um exemplo de limitações a este respeito é a replicação dos resultados obtidos em ambientes controlados, quando testados a campo, por uma série de dificuldades não totalmente entendidas, mas poderia haver interferência, por exemplo, de fatores relacionados à ecologia e à fisiologia dos nematoídes ou a relação com os hospedeiros. Progressos na área de controle biológico requerem melhor entendimento da dinâmica de populações de nematoídes e seus hospedeiros, envolvendo uma série de fatores como a ação de exsudatos das raízes, tipo de solo, modo de parasitismo do organismo controle, ou ainda fase do ciclo do nematoíde que é mais suscetível à infecção.

Controle Químico: Com relação ao controle químico, nematicidas fumigantes têm sido usados para ajudar a reduzir a densidade de nematoides em solos com altas infestações. Estes são injetados no solo, controlando os nematoides com certa eficiência, mas apresentam riscos ao meio ambiente e sua eficácia depende do tipo de solo, conteúdo de umidade, drenagem e temperatura. Também existem nematicidas não fumigantes, como os organofosforados e os carbamatos. Estes são mais efetivos quando usados na forma de grânulos incorporados a cerca de 15 cm abaixo da superfície do solo. Entretanto, deve ser lembrado que os nematicidas são produtos altamente tóxicos, com risco de contaminação ao homem e ao meio ambiente.

Resistência genética: é uma forma eficiente de lidar com estes nematoides, mas o uso contínuo de qualquer cultivar de batata resistente traz o risco de selecionar uma população de nematoides virulentos, talvez até um tipo não reconhecido previamente, especialmente onde misturas populacionais desconhecidas de espécies e / ou patótipos ocorrem no mesmo local. Portanto, é aconselhável utilizar uma cultivar diferente (resistente ou tolerante) a cada ano para evitar esse problema. Nas variedades resistentes, ocorre o mecanismo de hipersensibilidade (HR), em que os juvenis de segundo estádio (J2) invadem as raízes da planta, entretanto não conseguem estabelecer um sítio de alimentação ou um sincício com sucesso. Nessa situação, os machos são mais propensos a serem produzidos do que as fêmeas, uma vez que os machos têm menos necessidades de nutrientes em comparação com as fêmeas. No entanto, mesmo com o plantio de cultivares resistentes podem haver sinais de ataque. Em relação a resistência de cultivares, nem todas são igualmente danificadas pelo nematoide-dourado-da-batata. Aquelas que possuem alto grau de resistência sofrem menos danos dos efeitos parasitários de *G. rostochiensis*. Cultivares tolerantes podem suportar altos níveis populacionais do nematoide-dourado-da-batata, que ameaçam os cultivos da batata. Portanto, essas cultivares não devem ser cultivadas sem outras medidas integradas para controlar o aumento da população de *G. rostochiensis*. Algumas variedades resistentes aos nematoides formadores de cisto (*Globodera* spp.), podem reduzir a população do nematoide no solo em torno de 50% (Cabi, 2018). Entre as variedades comerciais da Europa e América do Norte, há disponibilidade de excelentes fontes de resistência a *G. rostochiensis* (Mai et al., 1990).

Métodos de produção de material propagativo

A batata, por ser propagada a partir de tubérculos, ou seja, de clones, é propensa ao acúmulo de doenças, como vírus, bactérias, fungos e os próprios nematoides. Porém, uma das tecnologias de produção de batata-semente que mais evoluiu e disseminou na cadeia produtiva foi a utilização da biotecnologia na produção de minitubérculos e plantas em laboratório e telado. O processo se inicia com a retirada de tecidos meristemáticos de batata que são propagados em laboratório. Esta técnica é denominada cultura de tecidos. Estes tecidos meristemáticos são multiplicados e originam pequenas plantas, cada planta pode ser cultivada em vaso com substrato ou solo, ou mesmo em meio hidropônico, originando um ou dois pequenos tubérculos, os chamados minitubérculos, e estes podem ser utilizados para a produção em campo de sementes. Essa tecnologia proporciona a obtenção de batata-semente com elevada qualidade fitossanitária, podendo ser superior à semente importada, se utilizada de forma adequada. Esta é uma técnica plenamente viável do ponto de vista econômico, mesmo com seu custo elevado, e existem vários laboratórios comerciais no país que comercializam minitubérculos obtidos desta forma (Silva et al., 2016).

Processo pós-colheita/transformação primária

É importante evitar o comércio de batatas tanto para consumo como sementes, com resíduos de solo, pois isso evita a disseminação e dispersão dos cistos do nematoide de uma região para outra.

Acondicionamento e transporte

Como os cistos podem ser dispersos quando aderidos aos tubérculos ou ao solo, mesmo com solo seco, qualquer forma de transporte de tubérculos ou utilização de maquinários em áreas infestadas precisam de todo cuidado para evitar a dispersão deste inóculo. Dessa maneira, a limpeza de máquinas, caixas e qualquer utensílio que seja utilizado no acondicionamento dos tubérculos de batata são fundamentais para evitar seu transporte e disseminação a longas distâncias.

Vias de ingresso

Geralmente os nematoides-de-cisto aumentam em número com o tempo, comumente em reboleiras. Quando o solo de áreas infestadas é movimentado, por exemplo, com maquinário agrícola, implementos e trabalhadores rurais, os cistos podem aderir a partículas de solo e são facilmente transferidos para áreas não infestadas. Isso pode ocorrer em todos os níveis, local ou internacionalmente. Transporte de plantas colhidas e tubérculos também requerem extremos níveis de cuidado para prevenir a dispersão. Materiais embalados também podem conter cistos, que podem ser introduzidos em ambientes favoráveis para a contaminação.

O vento também pode causar a dispersão dos cistos em solo seco e partes de plantas entre diferentes áreas. Movimentação de água também pode trazer riscos de transporte de cistos para áreas próximas.

É sabido que os nematoides-de-cisto são capazes de passar pelo trato digestivo de animais e serem excretados intactos. Também as partículas de solo transportadas nos cascos de animais podem mover cistos para outras áreas.

Todavia, provavelmente a maior causa de introdução de *G. rotoschiensis* para diferentes países é não intencional, com o advento de comércio e transportes de tubérculos contaminados.

Inspeção e detecção

Conforme citado anteriormente, os nematoides-de-cisto-da-batata, bem como outros nematoides-de-cisto, não causam sintomas específicos de infestação. Inicialmente, cultivos podem mostrar sintomas de fraco desenvolvimento e as plantas podem apresentar clorose e murchamento. Quando os tubérculos são colhidos há perdas de rendimento e os tubérculos serão menores. Para ter certeza de que estes sintomas são causados por nematoides-de-cisto e para ter indicação da população, amostras de solo podem ser retiradas ou as fêmeas ou cistos podem ser observados diretamente nas raízes dos hospedeiros. Pesquisas de números e distribuição dos nematoides-de-cisto são pré-requisitos para tomadas de decisões quanto ao seu manejo. Amostras podem ser retiradas do campo para saber se o

nematoide-de-cisto está presente ou não no campo para fins estatutários ou para determinar a extensão da infestação e pode inclusive determinar qual espécie está presente. O exame das raízes infestadas mostra a presença de fêmeas globosas de coloração branca, amarela e dourado ou marrom, dependendo do estádio de desenvolvimento adulto do nematoide.

Situação regulatória no mundo

Como esta é uma praga de grande importância econômica e que pode ser facilmente transportada de áreas infestadas para outras não infestadas, mesmo entre diferentes países, cuidados especiais regidos por legislações são amplamente empregados, incluindo legislação acerca da movimentação de batata-semente e solo. Como exemplo, podem ser citados os Protocolos da Organização Européia e Mediterânea para a Proteção de Plantas (EPPO), os quais requerem, para estes nematoides, que os solos dos campos de sementes de batata sejam amostrados para atestar que estão livres de cistos viáveis. No Brasil, a legislação exige que os países exportadores de batata-semente emitam uma declaração atestando que o material está isento de pragas quarentenárias, inclusive dos nematoides-de-cisto. No entanto, toda esta certificação é baseada em amostragem, não sendo possível analisar todos os tubérculos-semente enviados para o país, portanto há riscos de entrada desta e de outras pragas quarentenárias no país enquanto a importação de material propagativo é permitida.

Antecedentes de interceptações

A batata foi primeiramente domesticada e cultivada por povos dos Andes provavelmente há mais de 8.000 anos. Quando o Peru foi colonizado pela Espanha em 1531, a batata já era fonte importante de alimento para aquele povo. A batata foi levada para a Europa em algum período no Século XVI na Espanha. Outra introdução ocorreu na Inglaterra por volta de 1590, mas não da mesma fonte. A partir destas introduções, a batata se dispersou pela Europa e por outras partes do mundo. No Século XIX, a batata havia sido cultivada e dispersada por longas áreas geográficas pelo comércio e movimento de pessoas. Com o advento da grande epidemia da requeima-da-batata (*Phytophthora infestans*), na metade do Século XIX, muitas pessoas na Europa sofreram com a fome, particularmente o povo Irlandês que naquela época era dependente

da batata como seu alimento básico. Não há relatos de danos causados pelo nematoide-dourado-da-batata naquela época, mas se não era reconhecido ou se ainda não havia sido introduzido não se sabe. Porém, como a batata era tão importante fonte de alimentos para a Europa, foi realizada busca por fontes de resistência na sua origem, a América do Sul. O novo material genético foi utilizado para cruzamentos com variedades locais adaptadas a dias longos e mais adaptadas às condições Europeias. É bem provável que os nematoídes-de-cisto foram introduzidos na Europa com este novo material genético por volta de 1850. Em 1881, Kuhn reportou pela primeira vez danos de nematoídes-de-cisto em batata, embora naquela época tenha sido descrito como o nematoide da beterraba *Heterodera schachtii*. Os trinta anos entre 1881 e a introdução do novo material genético, muito provavelmente com solo e cistos aderidos, foi suficiente para os nematoídes-de-cisto causarem danos importantes nos campos e culturas. Em 1923, Wollenweber descreveu o nematoide-de-cisto em batata como uma nova espécie *Heterodera rostochiensis*. Posteriormente, *H. pallida* foi descrito por Stone em 1973 como uma segunda espécie de nematoide-de-cisto ocupando quase que idêntico nicho, mas tendo significativas diferenças fisiológicas, morfológicas e bioquímicas. Na América do Norte, *G. rostochiensis* foi primeiramente descoberto em Long Island, New York em 1941. O nematoide provavelmente foi introduzido aderido a equipamentos militares que retornaram da Europa depois de Segunda Guerra Mundial – este campo cultivado com batatas foi constituído no local de um antigo campo militar.

No começo da década de 1970, cientistas do México descobriram uma infestação de *G. rostochiensis* no estado de Guanajuato (Iverson, 1972). Foi relatado também na África do Sul em 1971 (Kleynhans, 1998).

Dois dos mais recentes casos de *G. rostochiensis* ocorreram em Quebec, Canadá em 2006 e em Mallorca, Espanha, neste mesmo ano, portanto demonstrando a importância do contínuo cuidado com regulações fitossanitárias e medidas de quarentena (Cabi, 2018).

Probabilidade de introdução e dispersão no Brasil

O Brasil é um grande importador de batata-semente, e estas são originadas de diferentes regiões do mundo, principalmente Europa, mas também

América do Norte e América do Sul, incluindo países onde este tipo de nematoide existe. Como precaução, o Brasil exige que o país exportador realize análises e emita certificado garantindo que o material é isento de riscos, mas todas estas análises, inclusive aquelas realizadas a partir de amostras retiradas de contêiner nos portos, são feitas por amostragem, não sendo possível avaliar todos os tubérculos-semente que entram no país. Dessa forma, enquanto a importação de batata-semente é permitida, existem permanentes riscos destas e de outras pragas quarentenárias entrarem no país.

Potenciais consequências econômicas para o Brasil

Como esta é uma praga que se adapta mais a locais frios, há possibilidade de causar danos principalmente na região Sul do País. Os três estados do Sul são grandes produtores de batata, correspondendo a cerca de pouco mais de 40% da área com batata no país (IBGE, 2017), e também destacam-se como grandes produtores de batata-semente.

O atual custo de perdas causadas por *G. rostochiensis* é difícil de determinar, mas os nematoides-de-cisto-da-batata (incluindo *G. pallida*) causam extensos danos, principalmente em regiões mais frias e quando raças mais virulentas ocorrem. A situação é pior com *G. pallida*, em que existe poucas cultivares resistentes. Os danos podem ser correlacionados com o número de ovos por unidade de solo, e é refletido no rendimento dos tubérculos. Infestações severas podem resultar em rendimentos inferiores à quantidade de batata-semente plantada.

Para citar um exemplo de pesquisas realizadas em um país da América do Sul, o Chile, onde estudos foram realizados nas condições de verão, comparando diferentes densidades de ovos por grama de solo, em condições controladas, foi verificado que quanto maior a quantidade de ovos maior as perdas em rendimento, com níveis de inóculo de 12, 32 e 128 ovos/grama de solo e reduções no rendimento de 20%, 50% e 70%, respectivamente (Greco; Moreno, 1992).

Referências

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. Boston: Elsevier, 2005. 921p.

CABI. ***Globodera rostochiensis***. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International, 2018. Disponível em: <www.cabi.org/isc>. Acesso em: 03 ago. 2018.

CHARCHAR, J. M. Nematoides associados à cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) nas principais regiões de produção do Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 49-59, 1997.

CHITWOOD, B. G.; BUHRER, E. M. Summary of soil fumigant tests made against the golden nematode of potatoes (*Heterodera rostochiensis*, Wollenweber), 1942-1944. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v. 12, p. 39-41, 1945.

EVANS, K. Longevity of males and fertilization of females of *Heterodera rostochiensis*. **Nematologica**, v. 16, p. 369-374, 1970.

EVANS, K.; STONE, A. R. A review of the distribution and biology of the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. **PANS**, v. 23, n. 2, p. 178-189, 1977.

EVANS, K.; TRUDGILL, D. L. Pest aspects of potato production, Part 1. Nematode pests of potatoes. In: HARRIS, P.M. (Ed.). **The Potato Crop**. Chapman and Hall, London, 1978, 730 pp.

GOLINOWSKI W.; SOBCZAK, M.; KUREK, W.; GRYMASZEWSKA. 1997. The structure of Syncytia. In: FENOLL, C.; GRUNDLER, F. M. W.; OHL, S. A. (Ed.). **Cellular and Molecular Aspects of Plant Nematode Interactions**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997. p. 80-97.

GRECO, N; MORENO, I. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring potato in Chile. **Nematropica**, v. 22, p. 165-173, 1992.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2016**: informações sobre culturas temporárias. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp>>. Acesso em: 04 set. 2017.

IVERSON, L.G.K. **Golden nematode-infestation found in Mexico**. Plant Disease Reporter, v. 49, p. 281, 1972.

KLEYNHANS, K. P. N. Potato cyst nematodes (*Globodera* species) in Africa. In: MARKS, R. J.; BRODIE, B. B.). **Potato cyst nematodes, biology, distribution and control** Wallingford. UK: CAB International, p. 347-351, 1998.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. São Paulo: Nobel, 1973. 197p.

MAI, W. F.; BRODIE, B. B.; HARRISON, M. B.; JATALA, P. Nematodes. In: HOOKER, W. J. (Ed.). **Compendium of Potato Diseases**. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society, 1990. p. 93-101,

MANI, A.; PRAKASH, K. S.; ZIDGALI, T. A. Comparative effects of soil solarization and nematicides of three nematode species infecting potato. **Current Nematology**, v. 4, n. 1, p. 65-70, 1993.

SANTOS, J. M. Os nematoides na cultura de batata. **Revista Batata Show**, v. 3, n. 7, p. 8-10, jul., 2003.

SILVA, A. R.; SANTOS, J. M. **Nematoides na Cultura da Batata no Brasil**. 1. Ed. São Paulo: Associação Brasileira da Batata - ABBA, 2007. 55 p.

SILVA, G. O. da; HIRANO, E.; PEREIRA, A. da S.; CARVALHO, A. D. F de. Produção de batata-semente. In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. (Ed.). **Hortaliças de Propagação Vegetativa – Tecnologia de Multiplicação**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 63-97,

STONE, A. R. *Heterodera pallida*. **Commonwealth Institute of Helminthology Descriptions of Plant Parasitic Nematodes**, v. 2, n. 4, p.16-17, 1973.

SULLIVAN, M. J.; INSERRA, R. N.; FRANCO, J.; MORENO-LEHEUDE, I.; GRECO, N. Potato cyst nematodes: plant host status and their regulatory impact. **Nematropica**, v. 37, p. 193–201, 2007.

TENENTE, R. C.; MANSO, E. S. B. G. C. Nematoides formadores de cistos em batata. Brasilia, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1983. 5 p. (EMBRAPA-CENARGEN. Comunicado Técnico, 6).

TRUDGILL, D. L.; EVANS, K.; PARROTT, D. M. Effects of potato cyst nematodes on potato plants. II. Effects on haulm size, concentration of nutrients in haulm tissue and tuber yield of a nematode resistant and a nematode susceptible potato variety. **Nematologica**, v. 21, p. 183-191, 1975.

TRUDGILL, D. L. Effects of *Globodera rostochiensis* and fertilisers on the mineral nutrient content and yield of potato plants. **Nematologica**, v. 26, p. 243-254, 1980.

TURNER, S. J. Population decline of potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*) in field soils in Northern Ireland. **Annals of Applied Biology**, v. 129, p. 315-322, 1996.