

Londrina, PR / Maio, 2024

Principais nematoides em áreas produtoras de soja no Brasil

José Mauro da Cunha e Castro⁽¹⁾, Maurício Conrado Meyer⁽²⁾, Claudine Dinali Santos Seixas⁽³⁾

⁽¹⁾Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽²⁾Engenheiro-agrônomo, doutor em Proteção de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Na safra de 2023/2024, de acordo com os dados publicados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), foram semeados 45.235.400 ha com a cultura da soja. O Brasil produziu 146.521.800 toneladas com produtividade média de 3.239 kg/ha (Conab, 2024). Um dos fatores que limita o alcance de produtividades maiores é a ocorrência de doenças e, na cultura da soja, aquelas causadas por nematoides representam perdas expressivas na produção de grãos.

Nas áreas de produção de soja no Brasil, o nematoide de cistos (NCS), *Heterodera glycines*, os nematoides de galhas, *Meloidogyne* spp., o nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, o nematoide-reniforme, *Rotylenchulus reniformis* e o nematoide da haste verde, *Aphelenchoides besseyi*, são os causadores dos maiores danos à cultura e, conseqüentemente, prejudicam a produção das lavouras, resultando em prejuízos econômicos para o agricultor.

Diversas medidas de controle devem ser reunidas para alcançar o manejo que implique em redução populacional dos nematoides no solo e manutenção da viabilidade das áreas de cultivo. A rotação/sucessão de culturas com o cultivo de plantas não hospedeiras, de plantas antagonistas e de plantas que funcionam como adubo verde figuram dentre essas medidas, mas o sucesso do manejo se torna



Foto: Maurício Conrado Meyer

Reboleira de plantas de soja com alteração de tamanho e cor por causa da infecção de nematoides nas raízes.

ainda maior quando cultivares resistentes são incluídas no programa de manejo. A seguir, as principais cultivares de soja desenvolvidas pela Embrapa e instituições parceiras serão apresentadas para adoção nos programas de manejo de nematoides em áreas destinadas à produção de soja.

Nematoide de cistos (*Heterodera glycines*)

O NCS tem ocorrência registrada em 10 estados (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA), mas não é de ocorrência generalizada. Muitas lavouras são isentas, mesmo em municípios com registro da ocorrência do nematoide. Por isso, a adoção de medidas de prevenção à disseminação do NCS é de fundamental importância como forma de preservar a produtividade das lavouras (Dias et al., 2010; Seixas et al., 2020).

As raízes de plantas de soja infectadas pelo NCS se tornam menos eficientes em absorver água e nutrientes do solo. Por causa disso, as plantas ficam com porte reduzido e manifestam sintoma de clorose na parte aérea. A combinação desses dois sintomas explica a denominação da doença por nanismo-amarelo da soja. É comum que esses sintomas apareçam em reboleiras localizadas, principalmente, próximas de estradas e carregadores. A morte das plantas infectadas pelo NCS não é rara, mas os sintomas na parte aérea podem ser pouco evidentes ou até ausentes em locais com solos férteis e boa distribuição de chuvas. Ressalta-se, portanto, a importância do exame das raízes para a correta diagnose da doença (Dias et al., 2010).

O sistema radicular infectado fica reduzido e, a partir dos 30-40 dias após a semeadura, apresenta minúsculas fêmeas do nematoide, com o formato de um limão levemente alongado e coloração branca (Figura 1). Com o envelhecimento, a coloração vai mudando para amarelo, marrom-claro e, finalmente, a fêmea morre e seu corpo se torna uma estrutura rígida de coloração marrom-escuro. Essa estrutura, chamada cisto, se desprende da raiz e fica no solo, podendo conter cerca de 200 ovos em seu interior. Dentro de cada um dos ovos, há um juvenil de segundo estágio que constitui a forma infectante do nematoide. Consequentemente, todas as medidas de controle devem se voltar para essa fase do ciclo de vida do nematoide (Dias et al., 2010).

O cisto é uma das formas mais eficientes de promover a disseminação e a sobrevivência do NCS, pois é muito leve e altamente resistente à deterioração e à dessecação. A disseminação do NCS ocorre, principalmente, pelo transporte de solo infestado aderido em equipamentos agrícolas, junto a sementes mal beneficiadas, pelo vento, pela água e até por pássaros que podem ingerir cistos junto a alimentos coletados no solo (Dias et al., 2009, 2010).

Uma vez detectado numa lavoura, o produtor precisa conviver com o NCS, pois dificilmente esse patógeno será eliminado do solo. A rotação de



Foto: Maurício Conrado Meyer

Figura 1. Fêmeas de *Heterodera glycines* em raízes de soja.

culturas com plantas não hospedeiras e o uso de cultivares resistentes são as medidas mais importantes a serem adotadas para minimizar as perdas (Dias et al., 2010). Os efeitos positivos do manejo podem ser maiores quando as duas medidas são adotadas de forma combinada.

O planejamento da rotação de culturas é relativamente simples em decorrência da limitada gama de plantas hospedeiras do NCS. Assim, o cultivo de amendoim, arroz, algodão, sorgo, mamona, milho, milheto e girassol, no verão, por uma safra, é capaz de reduzir a população do NCS e permitir o retorno da soja na safra de verão do ano seguinte (Dias et al., 2010; Dias-Arieira et al., 2023). Com a semeadura de uma cultivar suscetível, a eficiência da rotação de culturas pode permitir apenas um ciclo de produção de soja. Contudo, o cultivo de milho por dois ou três anos consecutivos pode permitir voltar com a semeadura de uma cultivar suscetível por dois anos seguidos sem que o produtor tenha riscos de perda na produção (Garcia et al., 1999). Atenção especial deve ser dada para evitar o crescimento de soja voluntária (tiguera) como forma de desfavorecer a manutenção do nematoide na área de cultivo (Seixas et al., 2020).

As cultivares de soja com resistência ao NCS não são muito numerosas. Além disso, as que possuem essa característica não são precoces e isso pode dificultar a semeadura de culturas de segunda safra e o manejo da ferrugem-asiática. A variabilidade genética do NCS é outro fator que dificulta o desenvolvimento e a manutenção da durabilidade

das cultivares resistentes. Mesmo assim, a adoção de um esquema de rotação que envolva culturas não hospedeiras, cultivar resistente e cultivar suscetível (por exemplo: milho/soja resistente/soja suscetível) é o ideal para o manejo das áreas de cultivo e para preservar a resistência das cultivares (Dias et al., 2010).

Na Tabela 1, observa-se que, dentre as cultivares convencionais, a 'BRS 531' é resistente às raças 3 e 14 e é moderadamente resistente às raças 4 e 4*. A cultivar BRS 7980 com resistência ao NCS é indicada para semeadura em locais com indicação edafoclimática favorável nos estados de Goiás, de Minas Gerais, da Bahia, de Mato Grosso e do Tocantins, além do Distrito Federal¹. A cultivar BRSMG 715A é resistente à raça 3 do NCS, podendo ser semeada em locais favoráveis, conforme a indicação edafoclimática, nos estados de São Paulo, de Minas Gerais e de Goiás².

Das cultivares transgênicas, com tolerância ao herbicida glifosato, a cultivar BRS 399RR é resistente às raças 3 e 14 e a 'BRS 774RR' é resistente à raça 3. Dentre as cultivares transgênicas IPRO, com tolerância ao herbicida glifosato e a algumas espécies de lagartas, a 'BRS 1064IPRO' se destaca pela resistência à raça 3 do NCS (BRS..., 2023). A cultivar BRS 5980IPRO é resistente ao NCS e é indicada para o cultivo em algumas regiões edafoclimáticas dos estados de Mato Grosso do Sul, de Mato Grosso, de Goiás, de São Paulo, de Minas Gerais e do Distrito Federal³ (). Por fim, daquelas cultivares transgênicas XTEND, ou seja, que apresentam tolerância aos herbicidas glifosato e dicamba, a 'BRS 2562XTD' é resistente à raça 3 desse nematoide (BRS..., 2023).

Nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.)

Dentre os nematoides formadores de galhas radiculares, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são os que causam os maiores danos em soja no Brasil. A ocorrência de *M. javanica* é generalizada entre as áreas onde se produz soja, mas *M. incognita* é mais frequentemente detectado em áreas com histórico de cultivo de algodoeiro ou de cafeeiro (Dias et al., 2010).

Segundo Dias et al. (2010), os sintomas mais comuns decorrentes da infecção das raízes da soja

por nematoides de galhas são o nanismo e o amarellecimento das plantas, normalmente, com distribuição em reboleiras dentro da lavoura (Figura 2). Manchas cloróticas ou necroses entre as nervuras, caracterizando a folha "carijó", podem ser encontradas nas plantas de soja afetadas. A redução na altura das plantas pode não ocorrer, mas intenso abortamento de vagens e amadurecimento prematuro de plantas podem ser observados na época do florescimento.

As galhas radiculares, com tamanho e número variáveis, em função da suscetibilidade e da densidade populacional do nematoide no solo, abrigam as fêmeas do nematoide e constituem o sintoma característico e preciso para a diagnose preliminar dos nematoides de galhas nas observações feitas ainda na lavoura (Dias et al., 2007).



Foto: Maurício Conrado Meyer.

Figura 2. Raízes com engrossamentos ou galhas causadas por espécies de *Meloidogyne* e reboleira com plantas que manifestam amarellecimento da parte aérea (ao fundo).

O manejo dos nematoides de galhas requer planejamento, pois a maioria das plantas cultivadas são hospedeiras das espécies que, frequentemente, ocorrem nas áreas produtoras de soja. Além disso, diversas plantas daninhas são hospedeiras dos nematoides de galhas e podem permitir a sobrevivência desses organismos no campo se não forem corretamente mantidas sob controle (Dias et al., 2010).

¹ <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/182/soja---brs-7980>

² <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5442/soja-brsmg-715a>

³ <https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4958/soja-brs-5980ipro>

Tabela 1. Cultivares de soja lançadas pela Embrapa com as respectivas indicações edafoclimáticas e resposta de resistência a nematoides.

Cultivar	Indicação para região edafoclimática (REC)	Resistência a nematoides*		
		<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Heterodera glycines</i>
BRS 284	RECs 102: SC (oeste, meio-oeste e nordeste) e PR (sudoeste); 103: SC (centro-norte e Serra Geral), PR (centro-sul) e SP (sul); 201: PR (oeste e norte) e SP (Médio Paranapanema); 202: PR (noroeste), SP (sudoeste) e MS (sul); 203: SP (centro-sul e oeste); 204: MS (centro-sul e sudoeste); 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 302: SP (norte), MG (Vale do Rio Grande) e GO (sul); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste); 304: MG (noroeste); GO (leste) e DF e 401: GO (centro) e MT (sul)	S	MR	S
BRS 511	RECs 102: SC (oeste, meio-oeste e nordeste) e PR (sudoeste); 103: SC (centro-norte e Serra Geral), PR (centro-sul) e SP (sul); 201: PR (oeste e norte) e SP (Médio Paranapanema); 202: PR (noroeste), SP (sudoeste) e MS (sul); 203: SP (centro-sul e oeste); 204: MS (centro-sul e sudoeste); 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 302: SP (norte), MG (Vale do Rio Grande) e GO (sul); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste) e 401: GO (centro)	S	MR	S
BRS 531	RECs 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 302: SP (norte), MG (Vale do Rio Grande) e GO (sul); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste) e 401: GO (centro)	S	S	R3, 14, MR4 e 4+
BRS 539	RECs 102: SC (oeste, meio-oeste e nordeste), PR (sudoeste); 103: SC (centro-norte e Serra Geral), PR (centro-sul) e SP (sul); 201: PR (oeste/norte), SP (Médio Paranapanema); 202: PR (noroeste), SP (sudoeste), MS (sul); 203: SP (centro-sul/oeste) e 204: MS (centro-sul e sudoeste)	S	MR	S
BRS 546	RECs 101: RS; 102: RS (Missões, Planalto Médio e Alto Vale do Uruguai), SC (oeste e nordeste), PR (sudoeste); 103: PR (centro-sul e nordeste); 201: PR (oeste, centro-oeste e Norte); 204: MS (centro-sul e sudoeste); 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 302: GO (sudoeste); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste) e 304: GO (leste)	MR	R	S
BRS 7781	RECs 304: GO (centro e leste), MG (noroeste) e DF e 405: BA (oeste)	S	R	S
BRS 7980	RECs 301: GO (sudoeste); 302: GO (sul); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba); 304: GO (leste) e DF; MG (noroeste); 401: MT (sudeste); 402: MT (centro-norte e oeste); 403: MT (nordeste); 405: BA (oeste) e 501: TO (oeste)	R	R	R
BRS 8381	RECs 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste), 304: MG (noroeste), GO (leste) e DF; 401: GO (centro) e MT (sul); 402: MT (centro-norte e oeste) e RO (sul); 405: BA (oeste) e 501: TO (oeste)	S	MR	S
BRSMG 534	RECs 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 302: SP (norte), MG (Vale do Rio Grande) e GO (sul); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste); 304: GO (leste), MG (noroeste) e DF e 401: GO (centro) e MT (sudeste)	MR	MR	S
BRSMG 715A	RECs 302: SP (norte), MG (Vale do Rio Grande) e GO (sul), e 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste)	S	MR	R3
BRS 399RR	RECs 102: SC (oeste, meio-oeste e nordeste) e PR (sudoeste); 103: SC (centro-norte e Serra Geral), PR (centro-sul) e SP (sul); 201: PR (oeste e norte) e SP (Médio Paranapanema); 203: SP (centro-sul e oeste), e 303: MG (Triângulo e Alto Paranaíba) e GO (sudeste)	R	MR	R3 e 14

Continua...

Tabela 1. continua...

BRS 559RR	RECs 102: PR (sudoeste) e 103: PR (centro-sul)	S	MR	S
BRS 774RR	RECs 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste); 304: GO (leste); 401: GO (centro) e MT (sul), e 402: MT (centro-norte e oeste) e RO (sudeste)	S	MR	R3
BRS 7380RR	RECs 203: SP (centro-sul e sudeste); 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 302: SP (norte), MG (Vale do Rio Grande) e GO (sudeste); 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste); 304: GO (leste), MG (noroeste) e DF; 401: GO (centro) e MT (sul); 402: MT (centro-norte e oeste); 403: MT (nordeste); 405: BA (oeste) e 501: TO (oeste)	MR	MR	MR 4 e 14, R3, 6,9, e 10
BRS 1003IPRO	RECs 102: SC (oeste, meio-oeste e nordeste) e PR (sudoeste); 103: SC (centro-norte e Serra Geral), PR (centro-sul) e SP (sul); 201: PR (oeste e norte) e SP (Médio Parapanema); 202: PR (noroeste), SP (sudoeste) e MS (sul); 203: SP (centro-sul e oeste); 204: MS (centro-Sul e sudoeste); 301: MS (centro-Norte) e GO (sudoeste); 303: MG (Triângulo e Alto Paranaíba) e GO (sudeste) e 401: GO (centro) e MT (sul)	S	MR	S
BRS 1061IPRO	RECs 102: SC (oeste e nordeste) e PR (sudoeste); 103: SC (centro-norte), PR (centro-sul e nordeste) e SP (sul); 201: PR (oeste e norte) e SP (Médio Parapanema); 202: PR (noroeste), SP (sudoeste) e MS (sul); 203: SP (centro-sul e oeste) e 204: MS (centro-sul e sudoeste)	S	MR	S
BRS 1064IPRO	RECs 201: PR (oeste, centro-oeste e norte); 202 PR (nordeste), MS (sul) e SP (sudoeste); 203: SP (centro-sul e centro-oeste); 204: MS (centro-sul e sudoeste), e 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste)	S	MR	R3
BRS 5980IPRO	RECs 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste), 302: SP (norte), MG (Vale do rio Grande) e GO (sul), 303: MG (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba) e GO (sudeste); 304: MG (noroeste), GO (leste) e DF, e 401: GO (centro) e MT (sul)	S	R	R3 MR1, 4 e 5
BRS 7080IPRO	RECs: 301: GO (sudoeste); 304: DF e 405: BA (oeste)	S	MR	S
BRS 7881IPRO	RECs 304: MG (noroeste), GO (leste) e DF; 401: GO (centro) e MT (sul) e 405: BA (oeste)	S	MR	R3
BRS 8383IPRO	MATOPIBA (Cerrado do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia) e em Mato Grosso	MR	S	S
BRS 2560XTD	RECs 103: RS (Serra do Nordeste e Planalto Superior) e PR (centro-sul)	S	MR	S
BRS 2562XTD	RECs 201: PR (oeste e norte); 204: MS (centro-sul e sudoeste); 301: MS (centro-norte) e GO (sudoeste); 304: MG (noroeste), GO (leste) e DF, e 401: GO (centro)	S	S	R3

*S: suscetível, MR: moderadamente resistente, R: resistente. **Sem especificação da(s) raça(s) a que a cultivar expressa resistência.

O conhecimento da espécie e da raça do nematoide pode determinar o sucesso do controle que tem por base a rotação e, ou a sucessão de culturas. Assim, o cultivo de plantas hospedeiras favorece o aumento da população dos nematoides de galhas e, por consequência, aumenta os danos causados à soja semeada na sequência.

De acordo com Dias et al. (2010), a rotação de culturas deve ser feita, preferencialmente, com plantas que tenham viabilidade técnica e econômica na região onde o manejo de nematoides esteja sendo necessário. Além disso, conforme seja possível, nos programas de rotação e, ou sucessão de culturas, recomenda-se escolher plantas resistentes aos nematoides de galhas que sejam utilizadas em adubação verde. Essa escolha consiste numa forma importante de aumentar o aporte de matéria orgânica e de nutrientes para o solo, de melhorar a estrutura e a retenção de água no solo, além de contribuir para a melhoria da atividade microbiana do solo, incluindo o aumento da população de microrganismos, principalmente fungos e bactérias, que atuam como antagonistas desses e de outros nematoides. Espécies de *Crotalaria* e de mucuna são as plantas mais utilizadas em adubação verde. Assim, *Crotalaria spectabilis*, *C. grantiana*, *C. mucronata* e *C. paulinea*, mucuna-preta e mucuna-cinza, além do nabo-forageiro, contribuem para reduzir as populações de *M. javanica* e de *M. incognita*. O retorno financeiro decorrente do cultivo dessas espécies pode parecer pequeno, mas pode ser expressivo se medido na forma de economia em aquisição de adubos, de nematicidas, em pagamento de horas-máquina e de mão de obra para controle de nematoides.

Em áreas infestadas por *M. javanica*, indica-se a rotação da soja com o cultivo de amendoim, algodão, mamona, milho, sorgo ou milheto resistentes. Em situações com predominância de *M. incognita*, o cultivo de amendoim, milho, sorgo ou milheto resistentes poderá garantir o alcance de bons resultados de controle (Dias et al., 2007), além de permitir, ao produtor, a obtenção de retorno financeiro com a comercialização do produto colhido.

No Brasil, existem cultivares de soja desenvolvidas pela Embrapa e por instituições parceiras que são resistentes ou moderadamente resistentes a *M. incognita* e, ou a *M. javanica* (Tabela 1). Contudo, essas cultivares não apresentam altos níveis de resistência a esses nematoides e devem, sob condições de elevadas densidades populacionais do nematoide no solo, serem utilizadas em um programa de rotação de culturas com plantas não hospedeiras ou que sejam hospedeiras pouco favoráveis ao

nematoide de galhas presente na área (Dias et al., 2010; Seixas et al., 2020).

As cultivares convencionais de soja 'BRS 284', 'BRS 511' e 'BRS 539', desenvolvidas pela Embrapa, destacam-se por apresentarem resistência moderada a *M. javanica*. A cultivar BRS 546 manifesta-se como resistente a esse nematoide (BRS..., 2023).

A cultivar BRS 267 foi lançada para o consumo de grãos verdes, também conhecidos como edamame e tem resistência às principais doenças da cultura como uma de suas características de destaque. O seu cultivo, principalmente em pequenas áreas de produção, pode ser recomendado para os estados de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo, parte sul de Mato Grosso do Sul, além de bons rendimentos terem sido observados também no Rio de Janeiro⁴.

A cultivar BRS 7980 com resistência a *M. incognita* e a *M. javanica* tem indicações edafoclimáticas para semeadura nos estados de Goiás, de Minas Gerais, da Bahia, de Mato Grosso e do Tocantins, além do Distrito Federal⁵. A cultivar BRS 8381 possui moderada resistência a *M. javanica* e é indicada para regiões edafoclimáticas favoráveis ao cultivo nos estados de Goiás, de Mato Grosso, de Minas Gerais, da Bahia e do Tocantins, além do Distrito Federal⁶. A cultivar BRSMG 715A apresenta moderada resistência a *M. javanica*, sendo indicada para semeadura em regiões edafoclimáticas favoráveis nos estados de São Paulo, de Minas Gerais e de Goiás⁷.

De forma semelhante, a cultivar BRS 7781IPRO, resistente a *M. javanica*, é indicada para cultivo em áreas de Minas Gerais, de Goiás, do oeste da Bahia e do Distrito Federal⁸. Dentre as cultivares transgênicas, com tolerância ao herbicida glifosato, a 'BRS 399RR', a 'BRS 559RR' e a 'BRS 774RR' são moderadamente resistentes a *M. javanica*, sendo a primeira resistente também a *M. incognita*. Das cultivares desenvolvidas com a tecnologia IPRO, ou seja, com tolerância ao herbicida glifosato e a algumas espécies de lagartas, 'BRS 1003IPRO', 'BRS 1061IPRO' e 'BRS 1064IPRO' apresentam resistência moderada a *M. javanica* (BRS..., 2003). A cultivar BRS 5980IPRO é resistente a *M. javanica* e é indicada para ser semeada em regiões edafoclimá-

⁴<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60157325/desenvolvida-primeira-soja-brasileira-para-ser-consumida-como-edamame-alimento-popular-no-orient>

⁵<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/182/soja---brs-7980>

⁶<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/178/soybeans---brs-8381>

⁷<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/5442/soja-brsmg-715a>

⁸<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/10229/soja-brs-7781>

ticas dos estados de Mato Grosso do Sul, de Mato Grosso, de Goiás, de São Paulo, de Minas Gerais e do Distrito Federal⁹. A cultivar BRS 7080IPRO, com moderada resistência a *M. javanica*, tem indicação edafoclimática para algumas partes dos estados de Goiás e da Bahia, além do Distrito Federal. A cultivar BRS 8383IPRO, apresenta moderada resistência a *M. incognita* e é indicada para o MATOPIBA, ou seja, em áreas de cerrado nos estados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia, além de Mato Grosso¹⁰. Apenas a cultivar BRS 2560XTD é moderadamente resistente a *M. javanica* dentre aquelas transgênicas que apresentam tolerância aos herbicidas glifosato e dicamba (BRS..., 2023).

Nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*)

Esse nematoide é amplamente disseminado no Brasil, mas faltam estudos sobre os efeitos do seu parasitismo nas diversas culturas. Há aproximadamente 15 anos, no Brasil Central, perdas na produção de soja, causadas por *P. brachyurus*, começaram a ser observadas. A expansão do cultivo da soja para áreas com solos mais arenosos, com menos de 15% de argila na composição textural, favoreceu o crescimento das populações do nematoide nas áreas de produção e levou a cultura a um patamar de maior vulnerabilidade (Dias et al., 2010).

A textura do solo encontra-se dentre os fatores mais importantes em determinar a intensidade dos sintomas observados nas plantas de soja infectadas por *P. brachyurus*. Os sintomas se manifestam em plantas que ficam com menor tamanho, que se agrupam em reboleiras, mas que permanecem com a coloração verde normal em comparação com as plantas sadias do entorno. O escurecimento parcial ou total das raízes é outro sintoma marcante da infecção da soja por *P. brachyurus* (Dias et al., 2010) (Figura 3).

A natureza menos complexa da interação entre o nematoide e a soja dificulta a obtenção de cultivares resistentes a *P. brachyurus* (Townshend, 1990), pois células de alimentação especializadas não são necessárias, conforme se verifica no parasitismo dos nematoides de galhas ou do nematoide de cistos. Além disso, as observações feitas em campos de produção de soja não têm levado à identificação

de cultivares com resposta evidente de resistência ao nematoide das lesões (Dias et al., 2010).



Foto: Maurício Contrado Meyer.

Figura 3. Plantas de soja com redução e escurecimento das raízes (à esquerda) causados pela infecção por *Pratylenchus brachyurus*.

A gama de plantas hospedeiras de *P. brachyurus* é bastante extensa e inclui aveia, milho, milheto, girassol, cana-de-açúcar, algodão, amendoim, algumas espécies empregadas na adubação verde e diversas plantas daninhas (Ribeiro et al., 2007). Isso dificulta a escolha de culturas para serem adotadas em programas de rotação/sucessão de cultivos com a soja. Assim, espécies resistentes, ou seja, com fator de reprodução inferior a 1,0 ($FR < 1,0$), a exemplo de algumas espécies de *Crotalaria* e de alguns híbridos de milheto e de sorgo podem ser escolhidos pelo produtor para controle desse nematoide nas áreas de produção de soja (Ribeiro et al., 2007; Dias et al., 2007).

Recentemente, entretanto, vem sendo observado que a cultivar BRS 7380 RR, lançada em 2015 pela Embrapa em parceria com a Fundação Cerrados, além de tolerância ao herbicida glifosato (RR), parece apresentar baixo fator de reprodução de *P. brachyurus* em suas raízes¹¹. A cultivar apresenta, ainda, resistência às raças 3, 4, 6, 9, 10 e 14 do NCS e aos nematoides de galhas (*M. incognita* e *M. javanica*), tendo sido desenvolvida para atender aos produtores de Goiás, do Distrito Federal, do oeste da Bahia, do noroeste de Minas Gerais e de Mato Grosso.

⁹<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4958/soja-brs-5980ipro>

¹⁰<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65867239/embrapa-lanca-quatro-cultivares-de-soja-mais-produtivas-para-o-centro-norte-do-brasil>

¹¹<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21357046/cultivar-brs-7380-rr-aumenta-produtividade-dos-sojicultores-do-cerrado>

Nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*)

Responsável por danos expressivos em algodoeiro, a depender da cultivar e da densidade populacional do nematoide-reniforme no solo, perdas de produção podem ser observadas na soja também. Em meados da primeira década dos anos 2000, a ocorrência mais frequente do nematoide-reniforme foi registrada em municípios de Mato Grosso do Sul, com prejuízos à produção de soja. Na mesma ocasião, nos municípios de Bela Vista do Paraíso e de Cornélio Procópio, localizados no norte do Paraná, foram registrados danos causados por esse nematoide em soja.

Os sintomas não ocorrem em reboleiras típicas e não há formação de galhas. É comum que o sistema radicular fique menor e que, em alguns pontos das raízes, seja observada uma camada de solo aderida às massas de ovos que o nematoide libera para o lado externo. Dentro da lavoura, observam-se extensas áreas com plantas subdesenvolvidas (Figura 4), cujos sintomas se confundem com aqueles causados por deficiências nutricionais ou pelo cultivo em áreas com solo compactado. A textura do solo parece ter pouca influência sobre a ocorrência do nematoide-reniforme em soja, podendo ocorrer em solos mais arenosos ou mais argilosos, sendo a espécie que normalmente predomina nos solos argilosos.

Foto: Guilherme Lafourcade Asmus.



Figura 4. Reboleira com plantas subdesenvolvidas por causa da infecção das raízes por *Rotylenchulus reniformis*.

A rotação/sucessão de culturas é a estratégia mais indicada para o controle de nematoides em soja. O algodoeiro, o amaranto e a quinoa não devem ser utilizados por serem suscetíveis ao nematoide, mas o milho, o arroz, o amendoim e a braquiária são resistentes e podem ser usados para reduzir a população de *R. reniformis* em áreas

produtoras de soja e de algodão. A braquiária constitui uma alternativa interessante para adoção pelos produtores que trabalham com a integração entre a lavoura e a pecuária. Além da braquiária, o nabo e o sorgo forrageiros, a aveia-preta, o milho e o capim-coracana podem ser semeados da forma direta no outono/inverno para promover a cobertura do solo e a redução desse nematoide na área. Sob altas densidades populacionais, deve-se recomendar, pelo menos, dois anos de cultivo com espécie não hospedeira ao nematoide (Dias et al., 2010).

Nematoide da haste verde da soja (*Aphelenchoides besseyi*)

A haste verde ou 'soja louca II' é uma doença causada por *Aphelenchoides besseyi* e se caracteriza por manter as hastes da planta com coloração verde e com retenção das folhas. Mais frequente e severa em locais quentes e úmidos, perdas de até 100% podem ocorrer nas áreas mais atacadas dentro das lavouras (Meyer et al., 2017).

O nematoide, que sobrevive no solo ou em restos culturais, migra para a parte aérea da planta em períodos com chuvas frequentes e temperaturas médias superiores a 28 °C. A alimentação acontece em tecidos vegetais novos, mas os sintomas ficam mais evidentes nos estádios reprodutivos da soja (Favoreto; Meyer, 2019).

Com a infecção pelo nematoide, as plantas apresentam folhas com coloração verde mais escura, com menor pilosidade, tornam-se afiladas e apresentam bolhas na superfície. Lesões necróticas angulares de coloração pardo-avermelhada a marrom completam os sintomas observados nas folhas. Engrossamento dos nós, caneluras e retorcimento dos entrenós do topo das plantas são os sintomas que ocorrem nas hastes (Figura 5). Abortamento e rosetamento das flores são observados nos órgãos reprodutivos das plantas, influenciando, negativamente, o potencial produtivo da lavoura. As vagens são formadas em menor número, podem sofrer deformações e apresentar lesões necróticas marrons. Os grãos dessas vagens, normalmente, permanecem verdes e apodrecem com o passar do tempo. As plantas afetadas não completam o ciclo, permanecendo verdes por causa da retenção foliar (Meyer et al., 2017).

Dentre as plantas cultivadas, o algodoeiro e os feijoeiros (comum e caupi) atuam como hospedeiras de *A. besseyi*. A trapoeraba, o cordão-de-frade, o caruru e o agriãozinho-do-pasto são plantas

daninhas que possibilitam a multiplicação do nematoide e devem ser controladas nos campos destinados ao cultivo da soja (Favoreto; Meyer, 2018).

Fontes de resistência genética ainda não foram identificadas e, por isso, recomenda-se que a semeadura da soja ocorra sobre a palhada de plantas completamente mortas, que tenham sido dessecadas com 15 a 20 dias de antecedência e que seja feito o controle de plantas daninhas no início do desenvolvimento da cultura, em pós-emergência. Além disso, sugere-se o cultivo de milho em segunda safra e evitar o cultivo de plantas hospedeiras em sucessão com a soja (Meyer; Klepker, 2015).



Foto: Maurício Comrado Meyer.

Figura 5. Planta de soja afilada, com engrossamento dos nós (em detalhe) e folhas com coloração verde mais escuro por causa da infecção por *Aphelenchoides besseyi*.

Considerações finais

Dentre as estratégias de controle de nematoides, o emprego de cultivares resistentes, quando disponíveis, representam importante medida a ser adotada. A inclusão das cultivares resistentes no programa de manejo pode tornar o sistema de produção menos oneroso, sendo, portanto, uma estratégia de grande aceitação por parte do produtor. A Embrapa, juntamente com instituições parceiras, por meio de ações contínuas de pesquisa em melhoramento

genético, desempenha importante papel na geração de cultivares resistentes a alguns dos nematoides mais prejudiciais à cultura da soja no Brasil.

Referências

BRS cultivares de soja: Centro-Sul do Brasil: macrorregiões 1, 2 e 3 e RECs 401 e 402. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 68 p. (Catálogo 02/2023 - novembro/2023).

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v.1, safra 2023/24, n°7, sétimo levantamento, abr. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 15 abr. 2024.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. de S. **Nematóides em soja**: identificação e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 7 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 76).

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. de S.; GARCIA, A.; ARIAS, C. A. A. Nematóide de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematóides de importância para a soja no Brasil. In: YUYAMA, M. M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S. A. **Boletim de pesquisa de soja 2007**. Rondonópolis: Fundação MT, 2007. p. 173-183.

DIAS-AREIRA, C. R.; MIAMOTO, A.; MACHADO, A. C. Z.; SILVA, R. A. da; ARAÚJO, F. G. de. Manejo cultural de nematoides. In: DIAS-AREIRA, C. R.; ARAÚJO, F. G. de; MACHADO, A. C. Z. (coord.). **Manejo de nematoides em grandes culturas**. Piracicaba: NPCT, 2023. p. 191-225.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Diagnose, hospedeiros e manejo de *Aphelenchoides besseyi*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35, 2018, Bento Gonçalves, RS. **Nematologia**: problemas emergentes e estratégias de manejo. Anais, palestras e resumos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2018. 1 CD-ROM.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. **O nematoide da haste verde**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 147).

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; PEREIRA, J. E.; DIAS, W. P. Rotação de culturas e manejo do solo para controle do nematoide de cisto da soja. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA. **O nematoide de cisto da soja**: a experiência brasileira. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p. 55-70.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017.

MEYER, M. C.; KLEPKER, D. Efeito do manejo de solo e sistemas de cultivo na incidência de Soja Louca II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 48.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA PÓS COLHEITA, 2., 2015, São Pedro, SP. **Fitopatologia de precisão - fronteiras da ciência: anais**. Botucatu: SBF, 2015. 1 CD-ROM.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. Avaliação da reação de espécies vegetais ao nematóide das lesões radiculares. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande, MS. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 64-65.

SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; GODOY, C. V.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A. M. R. Manejo de doenças. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 227-264. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

TOWNSHEND, J. L. Methods for evaluating resistance to lesion nematode, *Pratylenchus* species. In: STARR, J. L. (ed.). **Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes**. Hyattsville: The Society of Nematologists, 1990. p. 33-41.

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n, Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981 | Caixa Postal 4006 | Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Adeney de Freitas Bueno*

Secretário-executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Circular Técnica 202

ISSN 2176-2864 | Maio, 2024

Edição executiva: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Revisão de texto: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Normalização bibliográfica: *Valéria de Fátima Cardoso* (CRB-9/1188)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA



Todos os direitos reservados à Embrapa.