MANEJO DE NEMATOIDES NA CULTURA DO PIMENTÃO: UMA BREVE REVISÃO

Camila Marques Menegueli[1], Maria Gabriela Valim Cabral[1], Thayssa Angeli Oliveira[1], Jamilly Vitória Menegueli Alves[1], Gustavo da Silva Tavares, Fábio Ramos Alves[1], Alejandro Pio de Souza[1].

[1]Universidade Federal do Espírito santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharia, Alto Universitário, S/N, Guararema, Alegre/ES, 29500-000, camilameneguelim@gmail.com, maria.g.cabral@edu.ufes.br, thayssa.oliveira@edu.ufes.br, jamilly.alves@edu.ufes.br, Gustavo.s.Tavares@edu.ufes.br, fabio.alves@ufes.br, alejandrops621@gmail.com.

Resumo
Os nematoides-das-galhas, principalmente do gênero *Meloidogyne*, podem causar problemas na cultura do pimentão (*Capsicum annuum*), prejudicando as raízes e a produtividade das plantas. Esta revisão bibliográfica teve como objetivo analisar estratégias de manejo de nematoides na cultura do pimentão, utilizando cinco trabalhos científicos como base. Foram analisados estudos sobre cultivares resistentes, porta-enxertos, QTLs relacionados à resistência e sucessão de culturas. Os trabalhos mostram que essas estratégias podem ajudar a diminuir a reprodução dos nematoides e os danos causados às plantas. No entanto, a resistência das plantas pode variar de acordo com a espécie ou população de *Meloidogyne* spp. Dessa forma, o uso de diferentes estratégias pode contribuir para melhorar o manejo de nematoides na cultura do pimentão.
Palavras-chave *Capsicum annuum*. *Meloidogyne* spp. Nematoides-das-galhas. Resistência. Manejo.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias, Agronomia.

Introdução

O pimentão (*Capsicum annuum L.*) é uma cultura de importância agrícola e econômica, amplamente cultivada para o consumo `in natura` e para o processamento. Entretanto, sua produção pode ser comprometida pela ocorrência de diferentes problemas fitossanitários, entre os quais se destacam os nematoides-das-galhas do gênero *Meloidogyne* spp. Esses organismos são capazes de parasitar o sistema radicular das plantas, induzindo a formação de galhas e alterações no desenvolvimento das raízes, o que pode comprometer a absorção de água e nutrientes e, consequentemente, reduzir o desenvolvimento e a produtividade da cultura (OKA *et al*., 2004; GARCÍA-FORTEA, E. *et al*., 2020).

O manejo de *Meloidogyne* spp. em áreas cultivadas pode ser considerado um desafio devido à capacidade desses nematoides de sobreviver e se multiplicar no solo, além da ocorrência de diferentes espécies e da interação com as características das plantas hospedeiras. Nesse contexto, a adoção de estratégias de manejo eficientes é fundamental para reduzir as populações do patógeno e minimizar os prejuízos à cultura. Entre as alternativas disponíveis, a resistência genética das plantas apresenta destaque por possibilitar a utilização de cultivares capazes de limitar a reprodução ou os danos provocados pelos nematoides (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2007).

Além da resistência genética, diferentes estratégias têm sido estudadas para o manejo de *Meloidogyne* spp. em *Capsicum annuum*, incluindo a sucessão de culturas, a utilização de porta-enxertos e a identificação de regiões genômicas associadas à resistência. Essas estratégias podem contribuir para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais eficientes, especialmente quando utilizadas de forma integrada e considerando as características das espécies de nematoides e dos materiais vegetais (OKA *et al*., 2004; OLIVEIRA *et al*., 2009; DJIAN-CAPORALINO *et al*., 2016).

Dessa forma, esta revisão bibliográfica teve como objetivo analisar diferentes estratégias de manejo de nematoides do gênero *Meloidogyne spp.* na cultura do pimentão, com ênfase na resistência genética, no uso de porta-enxertos, na sucessão de culturas e na identificação de fatores genéticos associados à resistência, considerando os resultados e as limitações apresentados na literatura.

Metodologia

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a ocorrência os danos causados por *Meloidogyne* spp. na cultura do pimentão (*Capsicum annuum*). e medidas de controle do patógeno, como ênfase a resistência genética. Foram utilizados cinco artigos científicos relacionados ao tema, selecionados por abordarem aspectos relacionados à presença de espécies de *Meloidogyne* spp. na cultura, aos danos ocasionados e às diferentes formas de resistência genética do pimentão.

Os trabalhos analisados selecionados foram, Thies e Fery (2002), Thies et al. (2004), Barbary et al. (2016), Naik et al. (2024) e Khanal et al. (2025), de acordo com sua relevância para o tema e foram avaliados considerando principalmente a ocorrência de *Meloidogyne* spp., os efeitos dos nematoides sobre o desenvolvimento e a produtividade do pimentão e algumas fontes de resistência genética descritos nos estudos.

Resultados

Os trabalhos analisados foram baseados em diferentes estratégias de manejo de nematoides na cultura do pimentão, com destaque para o uso de cultivares resistentes, a utilização de plantas resistentes em sucessão de culturas, a identificação de QTLs associados à resistência e o uso de porta-enxertos. Os estudos também demonstraram que a resposta das plantas pode variar de acordo com a espécie de *Meloidogyne* spp. avaliada e com o material genético utilizado.

Thies e Fery (2002) avaliaram três cultivares de pimentão quanto à resistência a *Meloidogyne incognita*. Entre os materiais avaliados, a cultivar Carolina Cayenne apresentou alta resistência ao nematoide, enquanto Keystone Resistant Giant apresentou reação intermediária a suscetível e California Wonder foi classificada como suscetível. A resistência de Carolina Cayenne esteve associada à formação mínima de galhas e baixa reprodução de *M. incognita*. Dessa forma, o uso de cultivares resistentes apresentou-se como uma alternativa de manejo para reduzir os efeitos de *M. incognita* na cultura do pimentão.

Thies et al. (2004) avaliaram a utilização da cultivar ‘Charleston Belle’ como fonte de resistência a *Meloidogyne incognita*, tendo ‘Keystone Resistant Giant’ como cultivar suscetível recorrente. em um sistema de sucessão de culturas, considerando o cultivo do pimentão antes do plantio de pepino e abóbora. Segundo os autores, a utilização do pimentão resistente contribuiu para a redução dos danos causados por *M. incognita* nas culturas cultivadas posteriormente. Assim, além do efeito direto da resistência sobre o nematoide no pimentão, a escolha do material vegetal utilizado na sequência de cultivo apresentou influência sobre os danos observados nas culturas seguintes. Os resultados reforçam a importância do planejamento da sucessão de culturas como estratégia associada ao uso de materiais resistentes.

Barbary et al. (2016) investigaram a resistência do pimentão a diferentes espécies de nematoides-das-galhas, incluindo *M. incognita, M. arenaria e M. javanica*. Nesse estudo, foram identificados quatro QTLs (locus de característica quantitativa**)** relacionados à resistência de *Capsicum annuum* aos nematoides-das-galhas. Três QTLs foram localizados no cromossomo P1, apresentando efeitos contra *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica*, enquanto um QTL localizado no cromossomo P9 apresentou efeito específico contra *M. javanica*. A identificação dessas regiões demonstra que diferentes partes do material genético da planta podem estar associadas à capacidade de resistência aos nematoides. Os resultados obtidos ampliam a compreensão da base genética da resistência em pimentão e destacam a importância da identificação de regiões genômicas relacionadas a essa característica.

Naik et al. (2024) avaliaram diferentes genótipos de *Capsicum* utilizados como porta-enxertos de pimentão em cultivo protegido. Os autores afirmaram que a utilização da enxertia pode representar uma alternativa para o manejo de nematoides, especialmente por meio da utilização de genótipos que apresentam características favoráveis no sistema radicular. Dessa forma, o uso de porta-enxertos (CRS-1, CRS-2, CRS-8, CRS-11, CRS-13, CRS-15 e CRS-22) constitui uma estratégia distinta da utilização direta de cultivares resistentes, permitindo explorar características presentes nas raízes dos genótipos utilizados na enxertia.

Khanal et al. (2025) avaliaram diferentes linhagens de pimentão quanto à resposta a *M. floridensis* e notaram que o nematoide foi capaz de superar algumas fontes de resistência presentes nos materiais avaliados. Entretanto, as linhagens PA 136 e PM 217 apresentaram resistência à espécie, indicando a existência de diferenças entre os materiais genéticos quanto à resposta ao nematoide. Esses resultados demonstram que determinadas fontes de resistência podem apresentar limitações diante de diferentes espécies de *Meloidogyne* spp. ao mesmo tempo em que algumas linhagens resistentes podem ser importantes para novos estudos.

De forma geral, os estudos analisados demonstraram que o manejo de nematoides na cultura do pimentão pode envolver diferentes estratégias. A utilização de cultivares resistentes mostrou redução da formação de galhas e da reprodução de *Meloidogyne* spp., enquanto o uso de pimentão resistente em sucessão contribuiu para reduzir os danos observados em culturas posteriores. A identificação de quatro QTLs relacionados à resistência evidenciou a participação de diferentes regiões genéticas nessa característica, e a utilização de porta-enxertos demonstrou potencial como alternativa de manejo. Por outro lado, para *M. floridensis* algumas fontes de resistência podem ser superadas pelo nematoide, enquanto determinadas linhagens mantiveram resistência. Portanto, os trabalhos evidenciam diferentes possibilidades de manejo, mas também demonstram a importância de considerar a interação entre a espécie de nematoide e o material genético utilizado.

Discussão

O manejo de nematoides na cultura do pimentão pode ser realizado por diferentes estratégias, com destaque para a resistência genética, o uso de porta-enxertos e o planejamento da sucessão de culturas. De maneira geral, essas estratégias podem contribuir para reduzir a reprodução dos nematoides e os danos provocados às plantas, porém a eficiência do manejo está relacionada ao material vegetal utilizado e à espécie de *Meloidogyne* presente.

A resistência genética se destaca entre as estratégias avaliadas. Thies e Fery (2002) demonstraram que cultivares resistentes apresentaram menor formação de galhas e menor reprodução de *M. incognita* quando comparadas às cultivares suscetíveis. Dessa forma, a utilização de materiais resistentes pode representar uma alternativa de manejo, reduzindo a dependência de outras formas de controle. Entretanto, os diferentes níveis de resistência observados entre as cultivares indicam que a escolha do material deve considerar o nematoide presente na área, uma vez que a resposta pode variar entre os materiais vegetais.

Essa questão também é evidenciada por Khanal et al. (2025), que observaram que *M. floridensis* conseguiu superar algumas fontes de resistência presentes nas linhagens avaliadas. Ao mesmo tempo, algumas linhagens apresentaram resistência à espécie. Esses resultados demonstram que a resistência não deve ser considerada como uma característica uniforme entre diferentes materiais ou espécies de nematoides. Assim, uma fonte de resistência identificada para determinado nematoide pode apresentar limitações quando submetida a outra espécie, tornando importante a avaliação dos materiais frente aos diferentes nematoides que podem ocorrer na cultura.

Nesse contexto, Barbary et al. (2016) contribuíram para a compreensão da resistência ao identificarem quatro QTLs em estudos envolvendo *M. incognita, M. arenaria e M. javanica*. A identificação dessas regiões demonstra que diferentes partes do material genético da planta podem estar relacionadas à resistência. Dessa forma, o conhecimento dos QTLs pode ampliar as possibilidades de utilização de diferentes fontes de resistência e contribuir para o desenvolvimento de materiais com maior capacidade de resposta aos nematoides.

Além da resistência genética, a utilização de porta-enxertos constitui outra possibilidade de manejo. Naik et al. (2024) avaliaram diferentes genótipos de *Capsicum* como porta-enxertos de pimentão em cultivo protegido, demonstrando a possibilidade de utilizar características favoráveis presentes nesses genótipos. Essa estratégia apresenta uma abordagem diferente da utilização direta de cultivares resistentes, pois permite explorar características do sistema radicular por meio da enxertia.

A sucessão de culturas também apresentou resultados favoráveis nos trabalhos analisados. Thies et al. (2004) observaram que o cultivo de pimentão resistente antes do plantio de pepino e abóbora contribuiu para a redução dos danos causados por *M. incognita* nas culturas seguintes. Esse resultado demonstra que a escolha da cultura e do material utilizado anteriormente pode influenciar as condições para as culturas subsequentes. Nesse caso, a utilização de pimentão resistente pode ser associada ao planejamento da sucessão, contribuindo para reduzir os problemas causados pelo nematoide.

Considerando os estudos analisados em conjunto, observa-se que a utilização de uma única estratégia pode apresentar limitações. A resistência genética, embora apresente resultados positivos, pode variar entre cultivares e espécies de *Meloidogyne spp.*, como demonstrado pelos trabalhos de Thies e Fery (2002) e Khanal et al. (2025). Da mesma forma, a identificação de QTLs, o uso de porta-enxertos e o planejamento da sucessão de culturas apresentam possibilidades distintas de manejo. A utilização dessas estratégias de forma associada pode, portanto, contribuir para um manejo mais eficiente dos nematoides na cultura do pimentão.

Por fim, os estudos reforçam a necessidade de avaliar diferentes materiais vegetais diante das espécies de *Meloidogyne spp.* presentes nas áreas de cultivo. As diferenças observadas na resposta das plantas demonstram que a eficiência de uma estratégia pode depender da interação entre o material genético e a espécie do nematoide. Dessa forma, a seleção adequada de cultivares e linhagens, o conhecimento das fontes de resistência, a utilização de porta-enxertos e o planejamento da sucessão de culturas constituem alternativas que podem ser consideradas no manejo dos nematoides em pimentão.

Conclusão

Existem diferentes formas de manejar os nematoides na cultura do pimentão.

O uso de cultivares resistentes pode diminuir a reprodução dos nematoides e os danos às plantas.

Os estudos com QTLs também são importantes para encontrar novas fontes de resistência.

O uso de porta-enxertos e o plantio de cultivares resistentes antes de outras culturas podem ajudar no manejo dos nematoides no sistema de produção. Porém, as diferentes espécies de *Meloidogyne* spp. podem apresentar respostas diferentes às fontes de resistência.

Assim, o uso de mais de uma estratégia pode melhorar o manejo dos nematoides no pimentão.

Referências

BARBARY, A.; DJIAN-CAPORALINO, C.; MARTEU, N.; FAZARI, A.; CAROMEL, B.; CASTAGNONE-SERENO, P.; PALLOIX, A. Plant genetic background increasing the efficiency and durability of major resistance genes to root-knot nematodes can be resolved into a few resistance QTLs. Frontiers in Plant Science, v. 7, p. 632, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.00632.

DJIAN-CAPORALINO, C. et al. Plant genetic background increasing the efficiency and durability of major resistance genes to root-knot nematodes can be resolved into a few resistance QTLs. *Frontiers in Plant Science*, 2016.

DJIAN-CAPORALINO, C. et al. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) *Me* resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. *Theoretical and Applied Genetics*, 2007.

GARCÍA-FORTEA, E. et al. Overview of biotic stresses in pepper (Capsicum spp.): sources of genetic resistance, molecular breeding and genomics. International Journal of Molecular Sciences, v. 21, n. 7, art. 2587, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms21072587

KHANAL, C.; RUTTER, W.; ALAM, M. S.; ALARCON-MENDOZA, I. Meloidogyne floridensis has a unique virulence profile against root-knot nematode resistant and susceptible pepper (Capsicum annuum) lines. Journal of Nematology, v. 57, n. 1, 2025. DOI: 10.2478/jofnem-2025-0007.

NAIK, S. A. T. S.; HONGAL, S. V.; HANCHINAMANI, C. N.; MANJUNATH, G. G. Grafting bell pepper onto local genotypes of Capsicum spp. as rootstocks to alleviate bacterial wilt and root-knot nematodes under protected cultivation. Agronomy, v. 14, n. 3, p. 470, 2024. DOI: 10.3390/agronomy14030470.

OKA, Y.; OFFENBACH, R.; PIVONIA, S. Pepper rootstock graft compatibility and response to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Journal of Nematology*, v. 36, n. 2, p. 137–141, 2004.

OLIVEIRA, A. R. et al. Resistência de pimentas a nematóides de galha e compatibilidade enxerto/porta-enxerto entre híbridos de pimentão e pimentas. *Horticultura Brasileira*, 2009.

THIES, J. A.; DAVIS, R. F.; MUELLER, J. D.; FERY, R. L.; LANGSTON, D. B.; MILLER, G. Double-cropping cucumbers and squash after resistant bell pepper for root-knot nematode management. Plant Disease, v. 88, n. 6, p. 589–593, 2004. DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.6.589.

THIES, J. A.; FERY, R. L. Host plant resistance as an alternative to methyl bromide for managing Meloidogyne incognita in pepper. Journal of Nematology, v. 34, n. 4, p. 374–377, 2002.

Agradecimentos

Os articulistas deste estudo agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo fornecimento do ensino de qualidade; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de bolsa de iniciação científica, mestrado e doutorado.