



**Universidade de Brasília - UnB**  
**Instituto de Ciências Biológicas - IB**  
**Departamento de Fitopatologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia**

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PULSES (GRÃO-DE-BICO, ERVILHA E LENTILHA), PIMENTAS E BATATA-DOCE AO NEMATOIDE-DAS-GALHAS (*Meloidogyne enterolobii*)**

**THÁVIO JÚNIOR BARBOSA PINTO**

Brasília – DF

2022

**THÁVIO JÚNIOR BARBOSA PINTO**

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PULSES (GRÃO-DE-BICO, ERVILHA E  
LENTILHA), PIMENTAS E BATATA-DOCE AO NEMATOIDE-DAS-GALHAS  
(*Meloidogyne enterolobii*)**

Dissertação apresentada à Universidade de  
Brasília como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em Fitopatologia pelo  
Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia.

**Orientador**

Prof. Juvenil Enrique Cares, Ph.D

**Coorientador**

Jadir Borges Pinheiro, DSc

Brasília – DF

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

Pinto, Thávio Júnior Barbosa.

Reação de genótipos de pulses (grão-de-bico, ervilha e lentilha), pimentas e batata-doce ao nematoide-das-galhas (*Meloidogyne enterolobii*). / Thávio Júnior Barbosa Pinto. Brasília, 2022.

103p.

Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília.

1. *Capsicum* spp., *Cicer arietinum*, *Ipomoea batatas*, nematoide, *Pisum sativum*, resistência genética.

I. Universidade de Brasília. PPG/FIT.

II. Reação de genótipos a *Meloidogyne enterolobii*.

A Deus, pela dádiva da vida. E a minha família,  
dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tudo que tenho e sou, pois até aqui Ele me sustentou, e eu sigo fielmente acreditando que Ele me carrega no colo.

À minha rainha, Eliete Magna Pinto, por sempre me apoiar, ser minha base e meu exemplo de força. Obrigado pelo amor, carinho e por sempre acreditar em mim. Vencemos mais uma etapa.

Ao meu irmão caçula, Matheus Junior Barbosa Pinto, meu alter ego e, ao mesmo tempo, meu antagonista, obrigado por me incentivar nessa jornada. Você é meu alicerce, irmão.

Aos meus amados tios e segundo pais, Erica Lima e Wilson Matos, por todo apoio mais uma vez, espero ser sempre motivo de orgulho para vocês. Não seria possível sem a ajuda de vocês, essa conquista também é de vocês, serei sempre grato.

Ao meu pai, Jean Junior Barbosa, que nesse período nos perdoamos e vivemos em paz com isso. Obrigado pela admiração.

Às minhas vovós, Vera e Rosa, pelo enorme amor, cuidado e por vibrarem em cada conquista minha, as senhoras são minhas rochas. Obrigado por entenderem a minha ausência, sinto saudades todos os dias.

Ao meu grande amigo, Dwillian Firmiano Cunha, pela presença em todos os momentos alegres e tristes durante esse período da minha vida, sua companhia foi fundamental e você faz parte disso tudo.

Aos amigos Ana, Mariana, João Lucca, Carol, Carlos Ragassi e a minha equipe de trabalho Leandro, Miguel, Felipe, Erciso e Regis, pelo apoio, convívio e disposição.

Ao meu querido coorientador e amigo, Jadir Borges Pinheiro, que sempre confiou e acreditou na minha pessoa desde que tive a imensa oportunidade de conhecê-lo, me passando ricos conhecimentos e conselhos, me dando forças todos os dias, tenho eterna gratidão.

Ao meu orientador, Juvenil Enrique Cares, pela sua incrível orientação, paciência, atenção e por ser sempre solícito. Tenho profunda admiração pela sua pessoa e pelo seu empenho e reconhecimento profissional.

Ao Professor, Valdir Ribeiro Correia, por fazer parte dessa banca e mais uma vez está presente na concretização de um sonho. Tenho imenso apreço pois estive me apoiando desde o início da minha caminhada profissional.

Ao membro interno da banca, Professor Cleber Furlaneto e o membro suplente, Dr. Dilson da Cunha Costa, por aceitarem o convite e pelos valiosos ensinamentos compartilhados nos momentos em que estive com vocês.

À Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia e aos professores do PPG/FIT por repassar conhecimentos e experiências para minha formação.

À Embrapa Hortaliças pela infraestrutura e todo amparo que me foi disponibilizado.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram a vencer essa etapa.

Do meu coração, minha sincera gratidão!

Trabalho realizado junto ao Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Prof. Juvenil Enrique Cares e Dr. Jadir Borges Pinheiro, com apoio do Departamento de Fitopatologia da UnB e da Embrapa Hortaliças.

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PULSES (GRÃO-DE-BICO, ERVILHA E LENTILHA), PIMENTAS E BATATA-DOCE AO NEMATOIDE-DAS-GALHAS**  
*(Meloidogyne enterolobii)*

**THÁVIO JÚNIOR BARBOSA PINTO**

DISSERTAÇÃO APROVADA em 28/09/2022 por:

---

Prof. Valdir Ribeiro Correia  
Examinador Externo

---

Prof. Cleber Furlanetto  
Examinador Interno

---

Prof. Juvenil Enrique Cares  
Orientador (Presidente)

BRASÍLIA – DISTRITO FEDERAL  
BRASIL  
2022



## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>RESUMO GERAL</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	7
<b>CAPÍTULO 1: Revisão de literatura</b> .....	11
1. Pulses .....	12
2. Pimentas <i>Capsicum</i> spp. ....	14
2.1 <i>Capsicum annumm</i> .....	18
2.2 <i>Capsicum chinense</i> .....	18
3. A cultura da batata-doce.....	19
4. Nematóide-das-galhas ( <i>Meloidogyne enterolobii</i> ).....	21
5. Resistência genética .....	23
6. Manejo .....	25
7. Referências bibliográficas .....	27
<b>CAPÍTULO 2: Reação de genótipos de pulses (grão-de-bico, ervilha e lentilha) a <i>Meloidogyne enterolobii</i></b> .....	42
<b>RESUMO</b> .....	43
<b>ABSTRACT</b> .....	44
1. INTRODUÇÃO .....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.1. Localização dos experimentos .....	47
2.2. Origem e identificação do inóculo .....	47
2.3. Instalação e condução dos experimentos .....	47
2.4. Avaliação dos experimentos .....	48
2.5. Variáveis ambientais .....	49
2.6. Análise estatística .....	49
3. RESULTADOS .....	50
4. DISCUSSÃO .....	55
5. CONCLUSÕES .....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
<b>CAPÍTULO 3: Reação de genótipos de pimentas a <i>Meloidogyne enterolobii</i></b> .....	62
<b>RESUMO</b> .....	63
<b>ABSTRACT</b> .....	64
1. INTRODUÇÃO .....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	66
2.1. Localização dos experimentos .....	66
2.2. Origem e identificação do inóculo .....	66
2.3. Instalação e condução dos experimentos .....	67
2.4. Avaliação dos experimentos .....	68
2.5. Variáveis ambientais .....	68
2.6. Análise estatística .....	68

3. RESULTADOS .....	69
4. DISCUSSÃO .....	72
5. CONCLUSÕES .....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
<b>CAPÍTULO 4:</b> Reação de genótipos de batata-doce a <i>Meloidogyne enterolobii</i> .....	78
RESUMO .....	79
ABSTRACT .....	80
1. INTRODUÇÃO .....	81
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	83
2.1. Localização dos experimentos .....	83
2.2. Origem e identificação do inóculo .....	83
2.3. Instalação e condução dos experimentos .....	83
2.4. Avaliação dos experimentos .....	84
2.5. Variáveis ambientais .....	84
2.6. Análise estatística .....	85
3. RESULTADOS .....	85
4. DISCUSSÃO .....	87
5. CONCLUSÕES .....	89
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	90
<b>CONCLUSÕES FINAIS</b> .....	93
<b>ANEXOS</b> .....	95

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>CAPÍTULO 2:</b> Reação de genótipos de pulses (grão-de-bico, ervilha e lentilha) a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	
<b>Tabela 1.</b> Genótipos de ervilha, grão-de-bico e lentilha avaliados em ambos experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022. ....	48
<b>Tabela 2.</b> Reação de genótipos de pulses (ervilha, grão-de-bico e lentilha) ao nematoide <i>Meloidogyne enterolobii</i> em casa de vegetação aos 65 dias após inoculação para ambos os experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022.....	52
<b>CAPÍTULO 3:</b> Reação de genótipos de pimentas a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	
<b>Tabela 3.</b> Genótipos de <i>Capsicum</i> avaliados nos dois experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022.....	67
<b>Tabela 4.</b> Agrupamento de médias para o experimento 1: Reação de <i>Capsicum chinense</i> a <i>Meloidogyne enterolobii</i> , Embrapa Hortaliças, 2022.....	70
<b>Tabela 5.</b> Agrupamento de médias para o experimento 2: Reação de <i>Capsicum annum</i> a <i>Meloidogyne enterolobii</i> , Embrapa Hortaliças, 2022.....	72
<b>CAPÍTULO 4:</b> Reação de genótipos de batata-doce a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	
<b>Tabela 6.</b> Reação de genótipos de batata-doce a <i>Meloidogyne enterolobii</i> . Embrapa Hortaliças, 2022.....	86

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO 1:</b> Revisão de literatura	
<b>Figura 1.</b> Ciclo de vida de <i>Meloidogyne</i> spp. (nematoide-das-galhas) em hortaliças. Ilustração: Vanessa Reyes .....	23
<b>CAPÍTULO 2:</b> Reação de genótipos de pulses (grão-de-bico, ervilha e lentilha) a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	
<b>Figura 2.</b> Cultivar de ervilha 'Itapuã'. <b>A, B:</b> avaliação aos 65 dias após inoculação no experimento 1. <b>C, D:</b> avaliação sem inoculação no experimento 2 .....	52

## RESUMO

PINTO, Thávio Júnior Barbosa. Reação de Genótipos de Pulses (Grão-de-bico, Ervilha e Lentilha), Pimentas e Batata-doce ao nematoide-das-galhas (*Meloidogyne enterolobii*). 2022. (104p.) Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

*Meloidogyne enterolobii* é uma espécie de nematoide emergente no Brasil. Essa espécie tem sido considerada a mais agressiva entre os nematoides-das-galhas e vem causando danos às hortaliças e outras culturas de importância econômica inclusive na presença de resistência genética a outras espécies desse gênero. A resistência genética em plantas, sempre que disponível, é a forma mais eficiente e econômica de controle dos nematoides-das-galhas. Nesse sentido, a busca por fontes de resistência é de extrema importância para o controle desse nematoide. Culturas de importância econômica, incluindo as hortaliças leguminosas (pulses) ervilha (*Pisum sativum* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* Medik.), além de hortaliças convencionais como pimenta (*Capsicum* spp.) e batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), são afetadas drasticamente por esse nematoide. Avaliou-se a reação a *M. enterolobii* de 14 genótipos de ervilha, 6 de grão-de-bico, 1 de lentilha, 27 de pimenta da espécie *Capsicum chinense*, 7 da espécie *C. annuum* e 8 de batata-doce. Todos os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com 6 repetições e cada planta sendo inoculada com 5000 ovos e eventuais juvenis de 2º estágio (J2). Para reação de genótipos de pulses e de batata-doce a *M. enterolobii*, os experimentos foram repetidos duas vezes em tempos distintos. Em relação à reação de pimentas, foram instalados dois experimentos, um para *C. chinense* e outro para *C. annuum*. Sessenta e cinco dias após a inoculação (DAI) das culturas de ervilha, grão-de-bico, lentilha e pimentas e aos noventa DAI da batata-doce foram avaliadas as seguintes variáveis nematológicas: índice de galhas (IG), índice de massa de ovos (IMO), número de ovos por grama de raiz (NOGR) e fator de reprodução (FR). Nenhum dos genótipos de ervilha, grão-de-bico, lentilha e pimentas avaliados apresentaram resistência a *M. enterolobii*. Entretanto, 3 genótipos de batata-doce (BGBD 1399, MD 1609024 e MD 1610036) foram classificados como resistentes. Diante da importância e das perspectivas de expansão dessas culturas no Brasil, os resultados deste estudo contribuem significativamente para o conhecimento da sua reação a essa espécie de nematoide, assim como identificam potenciais fontes de resistência para programas de melhoramento visando o

desenvolvimento de cultivares e atendendo a necessidade contínua de pesquisas para seleção de genótipos com resistência a *M. enterolobii*.

**Palavras-chaves:** *Capsicum*, *Cicer arietinum*, *Ipomoea batatas*, nematoide, *Pisum sativum*, resistência genética.

---

Orientador - Prof. Juvenil Enrique Cares – Universidade de Brasília

Coorientador – Dr. Jadir Borges Pinheiro – Embrapa Hortaliças

## ABSTRACT

PINTO, Thávio Júnior Barbosa. Reaction of pulses genotypes (Chickpeas, Peas and Lentils), Peppers and Sweet potatoes to the root-knot nematode (*Meloidogyne enterolobii*). 2022. 104p. Dissertation (Master's degree in Plant pathology) – University of Brasília, Brasília, DF, Brazil.

*Meloidogyne enterolobii* is an emerging nematode species in Brazil. This species is considered the most aggressive among the root-knot nematodes and causes damage to vegetables and other crops, even with genetic resistance to other *Meloidogyne* species. Genetic resistance, whenever available, is the most efficient way to control root-knot nematodes. Therefore, searching for resistance sources is extremely important for controlling this nematode. Crops such as leguminous (pulses), peas (*Pisum sativum* L.), chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medik.), and vegetables such as pepper (*Capsicum* spp.) and sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), are drastically affected by this nematode. The reaction against *M. enterolobii* of 14 pea, 6 chickpea, 1 lentil, 27 *Capsicum chinense* pepper, 7 *C. annuum* pepper and 8 sweet potato genotypes were evaluated. All experiments were carried out under greenhouse, in a completely randomized design with 6 replicates and each plant being inoculated with 5,000 eggs + J2. The assays with pulses and sweet potato genotypes were repeated once. For the reaction of peppers, two experiments were carried out, one for *C. chinense* and another for *C. annuum*. At 65 days after inoculation (DAI) of pea, chickpea, lentil and pepper and at 90 DAI of sweet potato, the following variables were evaluated: gall index (GI), egg mass index (EMI), number of eggs per gram of root (NEGR) and reproduction factor (RF). None of the pea, chickpea, lentil and pepper genotypes showed resistance to *M. enterolobii*. However, 3 sweet potato genotypes (BGBD 1399, MD 1609024 and MD 1610036) were classified as resistant. Given the importance and prospects for expansion of these crops in Brazil, our results contribute to the knowledge of these crops reactions to this nematode species and to identify potential genetic resistance sources for future breeding programs aimed to develop cultivars with resistance to *M. enterolobii*.

**Key words:** *Capsicum*, *Cicer arietinum*, *Ipomoea batatas*, nematode, *Pisum sativum*, genetic resistance.

---

Advisor – Prof. Juvenil Enrique Cares – Universidade de Brasília

Co-Advisor – Dr. Jadir Borges Pinheiro – Embrapa Hortaliças

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da população mundial e a conseqüente necessidade de aumento da produção alimentícia para suprir a demanda social tem provocado forte pressão sobre a produção agrícola global. Dessa forma, o aumento da produtividade e a introdução de novas espécies nos sistemas de cultivos contribuem para o atendimento da demanda crescente por alimentos em nível mundial (Macedo & Nishizaki Junior, 2017).

As leguminosas exercem papel importante na dieta de milhões de pessoas ao redor do mundo. O ano de 2016 foi declarado, pela Organização das Nações Unidas, como o Ano Internacional das Leguminosas (em inglês, “International Year of Pulses”), tendo como propósito elevar a consciência da população sobre a importância desses alimentos tanto para a saúde e nutrição quanto para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental (ONU, 2016).

Assim, as pulses estão inseridas nesse grupo de leguminosas, pois compreendem as espécies onde os grãos são colhidos secos para o consumo, com destaque para as culturas da ervilha (*Pisum sativum* L.), lentilha (*Lens culinaris* Medik.) e grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).

Em termos de produção nacional de pulses, foi a partir do ano de 2016 que o grão-de-bico apresentou dados de produção significativos e a área plantada cresceu mais de 1.000% em 2018, chegando a 9.000 hectares (Nascimento, 2017). A produção de ervilha no ano de 2019 foi estimada em 4,3 mil toneladas e os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Goiás e Distrito Federal lideraram a produção nacional (FAO, 2019). Na região do Cerrado, a lentilha alcança produtividade entre 1.200 a 1.500 kg/ha, porém, a área cultivada ainda é muito pequena. E para suprir a demanda de lentilha destinada ao consumo, em 2021, o país importou cerca de 15,6 mil toneladas no valor de US\$ 13,7 milhões (SECEX, 2022). Notavelmente, as safras destas leguminosas vêm crescendo a cada ano, conseqüentemente, esse fato influencia diretamente na demanda por grãos de alta qualidade.

Em relação à batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], essa hortaliça é a quinta mais consumida no Brasil e a única com expressivo aumento na demanda, impulsionada sobremaneira por sua inclusão em cardápios saudáveis. Isso é comprovado devido ao aumento do consumo per capita entre os anos de 2008 a 2018, que foi de 640 gramas para 1,24 kg por pessoa/ano, enquanto a batata inglesa manteve seu consumo nesse mesmo período e as demais hortaliças apresentaram queda (IBGE, 2021).

Já as culturas das pimentas (*Capsicum* spp.) representam a principal especiaria originária das Américas (Lutz & Freitas, 2008), sendo cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo (Wahyuni et al., 2013). Pertencentes à família *Solanaceae*, apresenta ampla variabilidade genética quanto à forma, tamanho, cor, sabor e pungência dos frutos e são consumidos frescos ou podem ser transformados em variados subprodutos (Medina-Lara et al., 2008).

Segundo Reifschneider (2000), as espécies de *Capsicum* compreendem um grupo altamente diversificado, classificadas em 33 espécies domesticadas, silvestres e semi-domesticadas, no entanto, apenas cinco são domesticadas: *C. annuum* L. var. *annuum*; *C. frutescens* L.; *C. baccatum* var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh; *C. pubescens* L. e *C. chinense* Jacquin (Kim et al., 2014).

As doenças estão entre os fatores que influenciam no rendimento das pulses e na qualidade dessas culturas, especialmente, os nematoides fitoparasitas. Dentre eles, se destacam os fitonematoides dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, todos presentes em regiões de clima tropical e subtropical (Decraemer & Hunt, 2013). Várias espécies de *Meloidogyne* foram identificadas causando danos em ervilha, como *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (Café Filho et al., 1989); em grão-de-bico os relatos são das espécies *M. javanica*, *M. incognita*, *M. artiellia* Franklin, 1961 (Vieira et al., 2001), ao passo que em lentilhas destaca-se *M. javanica* (Sharma et al., 2000).

Apesar da importância das leguminosas, informações relacionadas ao parasitismo de nematoides às cultivares de ervilha, grão-de-bico e lentilha são escassas no Brasil. Nesse contexto, a identificação de cultivares resistentes aos principais nematoides que podem causar problemas nessas culturas são de extrema necessidade, visto que, ainda não existem muitos estudos disponíveis na literatura sobre o potencial de multiplicação do patógeno ou o efeito deste nessas culturas.

A batata-doce embora considerada uma espécie de planta rústica, é uma hospedeira suscetível a diferentes patógenos. Esse fator influencia diretamente nas características de textura, coloração e firmeza dessas raízes que são comercializadas e, conseqüentemente, interferem na escolha dos consumidores (Camargo, 2013; United States Department of Agriculture, 2017), com destaque para os nematoides-das-galhas (NG) do gênero *Meloidogyne*. Os NGs causam grande estresse biótico em áreas de produção, resultando em perdas de rendimento e diminuição da qualidade das raízes no armazenamento (Villordon & Clark, 2018).

No Brasil, as espécies de NG mais importantes em cultivos de batata-doce são *M. incognita* e *M. javanica* (Chaves et al., 2013; Carmona et al., 2020). No entanto, *M. enterolobii* Yang & Eisenback, 1983 (sin. *M. mayaguensis* Ramah & Hirschmann, 1988) vem ganhando destaque devido à sua capacidade de infectar plantas resistentes a outras espécies de NG.

Embora a resistência genética seja um componente importante de um programa de manejo integrado, há poucos estudos sobre o nível de resistência de genótipos de batata-doce a *M. enterolobii* (Wendimu, 2021). A maioria dos acessos avaliados são considerados suscetíveis (Carmona, et al., 2020; Schwarz et al., 2021), incluindo cultivares reconhecidamente resistentes a outras espécies de NG (Brito et al., 2020).

O nematoide-das-galhas, *M. enterolobii* tem sido detectado em diferentes regiões geográficas do mundo. No Brasil, inicialmente foi relatado em pomares de goiabeiras em 2001 e desde então vem causando grandes prejuízos em ampla gama de hospedeiros (Carneiro et al., 2001; Castro, 2019). Evidenciada por sua alta taxa de reprodução e agressividade, essa espécie tem sido capaz de superar genes de resistência a outras espécies de *Meloidogyne* (Tigano et al., 2010), no entanto, até o momento não há informações sobre a reação de várias cultivares de ervilha, lentilha e grão-de-bico a esse nematoide, bem como a escassez de informações sobre o desenvolvimento de plantas resistentes de batata-doce e pimentas a essa espécie de NG.

Várias estratégias de manejo têm sido utilizadas, entretanto, os problemas causados pelos NGs para a agricultura nas últimas duas décadas têm sido abordados através do controle químico (Peiris et al., 2021). Ainda que eficaz, o alto custo e a toxicidade dos produtos nematicidas dificultam seu uso. Por outro lado, alguns dos produtos recomendados para essas e outras culturas vêm sendo retirados do mercado, devido a questões ambientais e de saúde humana (Peiris et al., 2021). Nesse sentido, a resistência genética, sempre que disponível, é o método de controle mais indicado, devido à sua eficiência, além de ser economicamente sustentável e ambientalmente seguro.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a reação de genótipos de pulses (grão-de-bico, ervilha e lentilha), batata-doce e pimentas (*Capsicum* spp.) ao nematoide-das-galhas, *M. enterolobii*.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Avaliar a reação de 6 genótipos de grão-de-bico, 14 de ervilha e 1 de lentilha, a *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação.

2. Avaliar a reação de 27 genótipos de *Capsicum chinense* e 7 genótipos de *C. annuum* a *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação.

3. Avaliar a reação de genótipos de batata-doce a *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação.

4. Selecionar genótipos com  $FR < 1,0$  para o manejo de *M. enterolobii* em campo.

# CAPÍTULO 1

---

REVISÃO DE LITERATURA

## 1. Pulses

O incremento de produtividade e a introdução de novas espécies nos sistemas de cultivo são estratégias cruciais para ampliar e diversificar a oferta de alimentos bem como para criar novas opções comerciais aos produtores. Nesse contexto, ressalta-se a importância das leguminosas que fixam o nitrogênio do ar, por meio da simbiose, reduzindo assim a utilização de adubos nitrogenados sintéticos na lavoura e ainda melhorando a qualidade nutricional dos solos. Nesse cenário, surgem as hortaliças leguminosas/pulses a ervilha (*Pisum sativum*), o grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e a lentilha (*Lens culinaris*), grãos bastante difundidos em várias partes do mundo, principalmente devido ao seu alto valor nutritivo.

A palavra pulses é originária do termo em Latim “*puls*” que significa caldo ou sopa grossa sendo usado em referência as sementes secas de espécies ricas em proteínas (Trancoso et al., 2021). Dada a sua importância na segurança alimentar de diversas populações, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura declarou 2016 como o Ano Internacional das pulses (ONU, 2016).

O cultivo de grão-de-bico, por exemplo, vem se expandindo nos últimos anos devido, principalmente, a disponibilização de novas cultivares e de novas tecnologias de cultivo pela Embrapa Hortaliças e parceiros, tornando o Brasil autossuficiente. No entanto, devido ao estabelecimento de acordos comerciais, o Brasil ainda importa grãos do tipo “Kabuli”, principalmente do México e Argentina.

A maior parte da produção mundial é feita com as cultivares do grupo “Desi”, que possuem sementes de tamanho pequeno em formato angular, tegumento rugoso e colorações de diversas matizes de marrom, amarelo, verde e preto, correspondente a cerca de 85% da área cultivada no mundo, possuindo a predileção de consumo em países árabes e na Índia, sendo comercializado sob a forma de farinhas ou grãos secos partidos. Por outro lado, o grupo Kabuli tem como principais características a coloração, variando de branco a bege, tegumento liso e maior tamanho de grão, sendo o mais consumido fora do mundo árabe, inclusive no Brasil, sob a forma de grãos secos inteiros, ou embalados após reidratação. O consumo in natura ou na forma processada tem aumentado no Brasil nos últimos anos (Nascimento, 2022). Segundo relatório do SECEX/DECEX (Secretaria de Comércio Exterior/Departamento de Operações de Comércio Exterior) no ano de 2018 o Brasil importou cerca de 8 mil toneladas de grão-de-bico a um custo FOB de US\$ 9 milhões.

Além do grão-de-bico, a ervilha seca é outra hortaliça leguminosa no âmbito das pulses. Como curiosidade, a ervilha consiste em um alimento de importância histórica, com vários relatos bíblicos de seu consumo, sendo também o modelo genético estudado por Mendel.

Embora pouco consumida no Brasil, essa espécie possui grande importância na alimentação humana. Isto ocorre, pois, a ervilha possui elevado teor de proteínas, vitaminas do complexo B, minerais (cálcio, ferro, fósforo e potássio). Ademais, é um alimento rico em lisina, sendo dessa forma um bom complemento aos cereais na dieta humana. A ervilha seca é consumida principalmente sob a forma de grãos secos e partidos, ou enlatados a partir da reidratação de grãos inteiros. Boa parte da ervilha seca/partida consumida no país tem sido importada da Argentina (Nascimento et al., 2016b).

No contexto das pulses, a lentilha é uma leguminosa, cuja produção mundial anual foi superada apenas pelo feijoeiro comum, ervilha e grão-de-bico. De forma similar à ervilha, a lentilha é uma das espécies vegetais mais antigas em cultivo pelo homem. Na alimentação, é uma importante fonte de proteínas, além de minerais como cálcio e ferro. Também possui na sua constituição os aminoácidos essenciais isoleucina e lisina. As principais classes comerciais de lentilhas são definidas a partir da combinação entre as cores do tegumento e do cotilédone e o tamanho dos grãos.

Dessa forma, a lentilha de tegumento verde, cotilédone amarelado e com grãos de diversos tamanhos, é comercializada inteira no continente americano e na região do Mediterrâneo. Por sua vez, as lentilhas de tegumento vermelho e cotilédones alaranjados são comercializadas no subcontinente indiano na forma de grãos inteiros, sem tegumento e partidas sem tegumento. O Brasil tem importado praticamente toda a lentilha consumida, principalmente do Canadá (Vieira & Lima, 2016).

Além da adaptação potencial ao cultivo em diferentes regiões do Brasil, as culturas da ervilha, grão-de-bico e lentilha movimentam importantes divisas no país. Assim, em um estudo realizado em 2018 pela Secretaria de Comércio Exterior vinculada ao Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços observou-se que a importação desses produtos movimentou cerca US\$ 35 milhões. Depreende-se que parte desse valor pode ser absorvido através da produção nacional de ervilha, grão-de-bico e lentilha.

Para que as oportunidades advindas do plantio dessas leguminosas, possam ser aproveitadas pelo agronegócio brasileiro, torna-se necessária a superação de diferentes obstáculos agronômicos. O primeiro obstáculo a ser suplantado consiste na superação dos atuais patamares de produtividade das culturas da ervilha, grão-de-bico e lentilha.

Além da superação dos limiares de produtividade, outro desafio a ser solucionado pelas novas variedades de ervilha, grão-de-bico e lentilha é o menor ciclo do plantio à colheita. A precocidade na produção é um elemento chave, uma vez que o ciclo é determinante para a adequação da cultivar ao calendário agrícola de uma região.

Além da produtividade e da precocidade, outro fator que permite uma elevação na escala de produção das culturas da ervilha, grão-de-bico e lentilha é a adaptação à colheita mecanizada (Holtz & Reis, 2013). Conforme apontado anteriormente, o programa de melhoramento genético de ervilha, grão-de-bico e lentilha proposto pela Embrapa Hortaliças terá três objetivos transversais às espécies que são a produtividade, precocidade e a adaptação a colheita mecanizada.

Do ponto de vista específico da ervilha, o oídio provocado pelo fungo *Erysiphe pisi* DC (Nascimento et al., 2016a) é a principal doença relacionada a essa cultura. Com relação ao grão-de-bico, o estudo da reação de genótipos ao ataque do nematoide-das galhas (*M. incognita*, *M. javanica* e principalmente *M. enterolobii*) e as pragas *Helicoverpa armigera* Hübner, 1805 e *H. zea* Boddie, 1850 (Nascimento et al., 2016a) são importantes componentes do sistema de produção dessas culturas.

O Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças (Embrapa Hortaliças-CNPH) tem sido pujante nas pesquisas em melhoramento genético das culturas da ervilha, grão-de-bico e lentilha. O Centro desenvolveu variedades de ervilha destinadas a grãos secos denominadas de: Amélia, Dileta, Flávia, Kodama, Luiza, Maria, Marina e Viçosa. Após uma série de avaliações realizadas no período de 2011 a 2013, o Centro fez o lançamento da cultivar de grão-de-bico BRS Aleppo no ano de 2014, que representou o início do segundo momento da pesquisa com pulses na Embrapa Hortaliças.

Em 2016, disponibilizou a variedade de grão-de-bico para dupla aptidão (grãos secos/enlatados) denominada BRS Cristalino. Em 2018, lançou a BRS Toro que possui como principal característica o vigor no crescimento vegetativo. Conforme mencionado anteriormente, desde 2013 tem se observado um grande aumento na área plantada de grão-de-bico no Brasil (W. Nascimento, comunicação pessoal, 22 de julho de 2022).

## **2. Pimentas *Capsicum* spp.**

Apesar do centro de origem do gênero *Capsicum* ser o continente americano, as pimentas ganharam o mundo e atualmente dominam o mercado mundial de especiarias picantes (DeWitt & Bosland, 2009). Estima-se que cerca de 1/3 da população mundial consome pimentas. A produção média mundial de *Capsicum* (pimentas e pimentões) em 2018 foi de aproximadamente 4,2 milhões de toneladas de produtos secos e 36,8 milhões de toneladas de produtos frescos, cultivados em cerca de 3,8 milhões de hectares (FAO, 2019).

O cultivo de pimentas é conduzido predominantemente por pequenos produtores, em sistema de produção familiar, além de ser uma excelente opção para geração de renda em

assentamentos rurais (Ribeiro et al., 2017). O mercado brasileiro de pimentas é muito diversificado, além de serem consumidas frescas, os frutos são matéria-prima para as indústrias de molhos, conservas, flocos desidratados com as sementes (calabresa) e pó (páprica), indústrias farmacêuticas e também utilizadas como ornamentais.

Além das qualidades gustativas (aroma e sabor), as pimentas (*Capsicum* spp.) são muito valorizadas por suas propriedades farmacológicas relacionadas aos componentes que causam a pungência (capsaicinoides). Os frutos de *Capsicum* doces e picantes também são fontes importantes de antioxidantes naturais, vitamina C, carotenoides (pró-vitamina A), vitaminas do complexo B e vitamina E (Ribeiro et al., 2020).

No setor agrícola, a maior exigência de padrões de qualidade dos produtos orienta ainda mais para a necessidade de se assegurar a competitividade por meio de aumento da produtividade, de inovação tecnológica, tanto pela capacidade de criar e manter mercado bem como de agregar valor à produção por meio do processamento de produtos agrícolas (Ribeiro et al., 2015). O desenvolvimento de cultivares de *Capsicum* spp. mais produtivas e com características agronômicas e industriais desejáveis, atende os crescentes critérios de qualidade e preços exigidos pelos mercados, permitindo a competitividade deste agronegócio. Em adição, as pimentas são plantadas por um grande número de pequenos produtores urbanos e rurais em todo país para uso próprio e para a produção de molhos artesanais e produtos “gourmet” (de alto valor agregado), portanto com uma importância socioeconômica relevante.

Entre as pragas que afetam as pimenteiros (*Capsicum* spp.), se destacam o ácaro-branco, *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae), e a broca-do-fruto-da-pimenta, *Symmetrischema dulce* Povolný (Lepidoptera: Gelechiidae), destacam-se em razão da sua ocorrência frequente e das perdas de produção severas que ocasionam na maioria das áreas produtoras do Brasil (Venzon et al., 2006a; Moura et al., 2013).

O cultivo de *Capsicum* spp. tem sido severamente afetado por diversas enfermidades de diferentes etiologias e também por falta de adaptação às diferentes condições abióticas. Entre as doenças de importância econômica, destacam-se a mancha e queda foliar causadas por espécies de *Xanthomonas*, murcha de planta causada por bactérias do complexo *Ralstonia*, os mosaicos causados por diferentes espécies de potyvirus (*Potato virus Y* – PVY e *Pepper yellow mosaic virus* – PepYMV transmitidos por pulgões), a doença “vira-cabeça” causada por espécies de tospovirus (*Tomato spotted wilt virus* – TSWV, *Groundnut ringspot virus* – GRSV; *Tomato chlorotic spot virus* – TCSV), oídio causado pelo fungo *Oidiopsis haplophylli* Rulamort, murcha-de-fitóftora causada pelo oomiceto *Phytophthora capsici* Leonian e o nematoides-das-galhas, e ainda artrópodes-pragas.

A doença mancha bacteriana, causada por bactérias do gênero *Xanthomonas* spp., causa sérios danos em áreas de cultivo de *Capsicum* em várias regiões do mundo, particularmente durante as estações de elevadas precipitação e temperatura (Potnis et al., 2015; Osdaghi et al., 2016; Areas et al., 2018). Os principais sintomas são lesões pequenas, marrons, irregulares nas folhas, caules e frutos, resultando em desfolhamento e danos diretos aos frutos (Roach et al., 2018).

A espécie *X. euvesicatoria* é o principal agente etiológico nas áreas de cultivo de pimentas no Brasil (Areas et al., 2015). A contaminação e o desenvolvimento da doença são favorecidos por longos períodos chuvosos, elevada temperatura, alta densidade de plantas e controle químico ineficiente, promovendo o aparecimento de estirpes resistentes (Riva-Souza et al., 2007; Dutta et al., 2013).

A bactéria *Ralstonia pseudosolanacearum* (Smith, 1896) Yabuuchi et al., 1995) é originária da recente reorganização taxonômica de *Pseudomonas solanacearum* Smith, anteriormente identificada como raça 1 biovar 3, filótipo I (Rossato et al., 2018). Esta variante é mais agressiva que *R. solanacearum* (raças 1, 2, 3, biovars 1, 2, filótipo II) em *Capsicum* e apresenta maiores taxas de evolução e maior distribuição geográfica do mundo (Lopes & Boiteux, 2004; Rossato et al., 2018). A bactéria penetra no sistema radicular e se prolifera no xilema, causando murchamento irreversível e, conseqüentemente, morte de plantas (Lebeau et al., 2011).

As viroses situam-se entre as doenças mais importantes e também as mais complexas que afetam as pimentas (*Capsicum* spp.) resultando em perdas significativas na produção, principalmente, pela inexistência de medidas curativas de controle. A resistência genética é a alternativa mais eficaz no controle de viroses. O desenvolvimento de cultivares com resistência a esses patógenos tem sido um dos focos do programa de Melhoramento da Embrapa Hortaliças (Lima et al., 2017).

O fungo *Oidiopsis haplophylli* ataca com maior intensidade os cultivos de *Capsicum* em época seca, ou em cultivos protegidos, irrigados por gotejamento. Inicialmente, são observadas manchas cloróticas na superfície superior das folhas. Sob condições favoráveis à doença, estas manchas tornam-se necróticas, com formato pouco definido. A superfície inferior da folha fica recoberta com estruturas esbranquiçadas do fungo, podendo levar a uma clorose geral da folha (Reis et al., 2005). Folhas atacadas podem cair, mas os frutos não são afetados pela doença.

O oomiceto *Phytophthora capsici* é encontrado em praticamente todas as regiões produtoras de solanáceas do mundo e é considerado um dos patógenos de solo mais destrutivos das pimentas *Capsicum* (Sánchez-Chávez et al., 2017). Esse fitopatógeno causa podridão

radicular e na base do caule, levando à murcha repentina e morte de plantas (Dunn et al., 2014). A variabilidade de *P. capsici* é representada por mais de 45 raças fisiológicas (Barchenger et al., 2018). No Brasil, foram identificadas oito raças fisiológicas em áreas de pimentão, e a raça 18 foi a mais comum na região Central (Ribeiro & Bosland, 2012). *Phytophthora capsici* se reproduz sexuada e assexuadamente, caracterizando-se como um problema persistente, principalmente após cultivos consecutivos de hospedeiras suscetíveis (Naresh et al., 2019). Seu estabelecimento e propagação são favorecidos por umidade excessiva, drenagem deficiente e alta temperatura do solo (Granke et al., 2012).

Os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) também são patógenos de solo altamente nocivos às pimentas (Pinheiro et al., 2014a). Além da formação de galhas que bloqueiam o sistema vascular da planta (Soares et al., 2018), as raízes danificadas tornam-se porta de entrada para fungos e bactérias, aumentando os danos à cultura (Mota et al., 2013). Já foram descritas mais de 100 espécies pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Göldi, 1887 (Khan et al., 2017), no entanto, *M. incognita* e *M. javanica* são as espécies que mais impactam a produção de *Capsicum* (Wang et al., 2018). Recentemente, *M. enterolobii* (Sin. *M. mayaguensis*) está ganhando importância, uma vez que fontes de resistência genética às principais espécies de *Meloidogyne* são ineficientes para o seu controle (Pinheiro et al., 2014b).

O uso de cultivares resistentes é considerada a melhor estratégia de manejo para o controle de doenças e pragas, pois são fáceis de serem adotadas pelos agricultores e resultam em menos impactos ambientais do que qualquer outra estratégia de controle de doenças (Granke et al., 2012).

Nesse sentido, o sucesso no desenvolvimento de pimentas resistentes a *Meloidogyne* em programas de melhoramento depende da caracterização de novas linhagens de pimentas resistentes. De maneira geral, um considerável número de genes individuais dominantes, como os *N*, *Me1*, *Me2*, *Me3* (= *Me7*), *Me4*, *Me5*, *Me6*, *Mech1* e *Mech2* (Hendy et al., 1985; Dijian-Caporalino et al., 2007) estão presentes em *Capsicum*.

Desta maneira, alguns genes de resistência em *Capsicum* (*Me4*, *Mech1* e *Mech2*) são específicos a certas espécies ou populações de *Meloidogyne*, enquanto outros (*Me1*, *Me3* e *Me7*) são efetivos contra várias espécies de *Meloidogyne* (Dijian-Caporalino et al., 2007). Três desses genes (*N*, *Me1* e *Me3*) são amplamente eficazes contra as espécies *M. incognita* raça 3, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* (Hajihassani et al., 2020). No entanto, porta-enxertos de *C. annuum* contendo os genes *Me1* e *Me3/Me7* foram parasitados por *M. enterolobii* em campo (Pinheiro et al., 2015). Assim, os genes podem apresentar diferentes padrões de resposta, dependendo da linhagem de *Capsicum* e da espécie e raça do nematoide.

## 2.1 *Capsicum annuum*

*Capsicum annuum* é a espécie domesticada mais conhecida e difundida no mundo inteiro, sendo cultivada em grande escala no México onde foi domesticada, na América Central, Europa, África e Ásia. No Brasil, os estados que se destacam na produção são São Paulo, Minas Gerais e Goiás, neste grupo incluem as variedades mais populares do gênero, como os pimentões e as pimentas doces (Stark, 2008; Sousa, 2012).

Historicamente, em meados do século XVI, já se cultivava *C. annuum* na Índia, levada para o Oriente Médio pelos colonizadores espanhóis, devido a ardência e por se constituir em alternativa mais econômica que a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e cujo monopólio sobre a comercialização era dos portugueses (Casali & Couto, 1984; Nuez et al., 1996).

A espécie *C. annuum* geralmente apresenta uma flor por nó, raramente mais de uma e ocasionalmente fasciculadas. A corola é branca (raramente violeta), sem manchas na base dos lobos das pétalas. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha (Carvalho et al., 2006). As pimentas Jalapeño e Cayenne são os principais representantes deste grupo e podem ser consumidas frescas, ou na forma de molhos líquidos (frutos maduros e vermelhos), desidratados na forma de flocos ou pó, ou ainda em conservas (verdes) e escabeches (Ribeiro & Reifschneider, 2008).

Além disso, as pimentas ornamentais também estão inseridas nesse grupo e são admiradas pelas características ornamentais que apresentam (Stummel & Bosland, 2007). A maioria das pimentas ornamentais produz frutos pungentes (Bosland & Votava, 1999), os quais também podem ser utilizados na culinária como condimento, e o uso ornamental se deve ao fato de apresentarem características de elevado valor estético que são destinadas ao paisagismo (Neitzke et al., 2010). Para o Brasil há promissoras perspectivas para o crescimento do mercado de pimentas ornamentais (Rêgo et al., 2011).

## 2.2 *Capsicum chinense*

A espécie domesticada *Capsicum chinense* é considerada a mais brasileira dentre as demais espécies dessa categoria de domesticação, por ser a Bacia Amazônica a área que abriga sua maior diversidade (Ribeiro & Reifschneider, 2008), além de apresentar grande variabilidade morfológica expressa nos diferentes tamanhos, formas e cores de frutos de *C. chinense* (Reifschneider, 2000). Entre as pimentas dessa espécie, a Habanero, bode, pimenta-de-cheiro, pimenta de bico, murupi e a cumari-do-Pará são seus tipos mais conhecidos (Reifschneider et al., 2015). No Brasil, a espécie *C. chinense* é mais cultivada na região do

triângulo mineiro, Minas Gerais e em Goiás. Sendo que a pimenta-de-cheiro apresenta maior destaque nas Regiões Centro-Oeste e Norte do país. No entanto, na Região Centro-Oeste, também se cultiva as pimentas dos grupos bode e cumari-do-Pará. O cultivo da pimenta murupi concentra-se nos estados do Pará e Amazonas (Carvalho & Bianchetti, 2008).

### 3. A cultura da batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) está entre as commodities de maior produção mundial, com 91 milhões de toneladas produzidas em 2018, das quais 741 mil toneladas correspondem à produção no Brasil, que ocupou a 18ª posição entre os maiores produtores mundiais, sendo a China a maior produtora, com 70,5 milhões de t/ano (FAO, 2020).

Em 2019, o Brasil exportou 8,8 mil toneladas de raízes, principalmente para a Argentina (4,5 mil t) e a Holanda (2,8 mil t) (ComexStat, 2020). Vale destacar que a Ásia detém 65,9% da produção mundial, seguida da África com 28,5%, América com 4,0%, Oceania com 0,5% e a Europa sem produção significativa; o que evidencia a importância da batata-doce como fonte alimentar em países em desenvolvimento (FAO, 2020).

A batata-doce é considerada uma cultura com ampla adaptação, sendo cultivada em praticamente todas as regiões brasileiras, muito embora algumas regiões concentrem a maior produção, como no caso dos estados do Rio Grande do Sul (175,1 mil t/ano), São Paulo (149,1 mil t/ano) e Ceará (71,9 mil t/ano). É também uma cultura resiliente se comparada a outras fontes de carboidratos, sendo possível o cultivo mesmo em condições de baixa fertilidade e precipitação, tolerando déficit hídrico e solos mais pobres (Daron et al., 2020). Contudo, é importante ressaltar que as regiões que empregam elevado nível tecnológico na cultura apresentam elevada produtividade e qualidade das raízes, mas ainda há alguns produtores que apresentam baixos rendimentos por não terem conhecimento da tecnologia disponível ou por não saberem utilizar.

A produtividade média brasileira é de 13,99 t/ha, valor muito próximo da média mundial, que é de 11,40 t/ha (FAO, 2020), mas a batata-doce pode chegar a produzir mais de 65 t/ha em condições brasileiras de cultivo (Montoro et al., 2019).

Em relação à produção brasileira, ela é expressiva e tem tendências de crescimento, principalmente em função da qualidade nutricional da batata-doce, influenciando o aumento do consumo em dietas especiais no mercado nacional e internacional (Kist et al., 2019). Em sua composição destacam-se as folhas ricas em proteínas e a polpa das raízes tuberosas ricas em carboidratos, betacaroteno (precursor da vitamina A), vitaminas C, do complexo B e E, além

de potássio, cálcio e ferro, bem como antioxidantes, nas raízes de polpa roxa e alaranjada (Lebot, 2010).

A batata-doce não só é reconhecida cientificamente como uma excelente fonte de energia, vitaminas e minerais, mas também como alimento de promoção da saúde já que seus compostos bioativos atuam na prevenção de doenças crônicas (Loebenstein & Thottappilly, 2009). Tanto as raízes quanto as ramas, além de utilizadas na alimentação humana, podem ser utilizadas na alimentação animal, e como matéria-prima para produção de amido e álcool.

Para o consumo humano, as raízes frescas são fervidas, assadas ou fritas, mas também são processadas e enlatadas em forma de purês, doces, sobremesas, farinha, fécula, macarrão e para utilização como corantes naturais (Silva et al., 2020). O mercado brasileiro é voltado, principalmente, para o consumo humano a partir do preparo de raízes in natura, mas o processamento industrial está em crescimento.

No mercado nacional existem pelo menos cinco indústrias de médio e grande porte processando batata-doce na forma de chips e palitos fritos: a Bem Brasil Alimentos, a Roots to Go, a Fhom Alimentos, Mãe Terra e a Fit Food Brasil. No mesmo escopo, indústrias da área de suplementos alimentares e medicamentos têm incluído em seu portfólio produtos como a batata-doce em pó (farinha) e shakes para praticantes de atividades físicas, além de produtos diferenciados com uma fonte de carboidratos para pessoas com intolerância a glúten. O crescimento desses produtos configura-se como uma oportunidade, uma vez que há demanda por parte dos consumidores que estão dispostos a pagar um preço diferenciado por esse tipo de produto (Brasil Food Trends, 2020).

Os baixos rendimentos obtidos na cultura da batata-doce podem ser atribuídos ao uso de cultivares pouco produtivas, muitas vezes cultivadas sem uma prévia avaliação e recomendação para uma determinada região e ao uso contínuo de materiais de propagação que pode levar ao acúmulo sistêmico de doenças e degeneração do material. Aliado a isso, a maioria das cultivares não expressa todo o seu potencial genético, o que está associado a fatores como sistema de plantio e manejo inadequados, e pouco uso de tecnologia na produção (Carmona et al., 2015; Bevilaqua et al., 2019), além da ocorrência de doenças, e principalmente ao ataque de pragas de solo que prejudicam as raízes comerciais e dificultam ou inviabilizam a sua comercialização (Nóbrega et al., 2019).

Sendo assim, para melhorar essa condição, além do emprego de práticas adequadas de manejo a campo, e utilização de mudas sadias na propagação, faz-se necessário o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, com formato e aparência de raízes

comercialmente aceitáveis e resistência a doenças e aos insetos de solo (Azevedo et al., 2014; Massaroto et al., 2014; Bevilaqua et al., 2019; Nóbrega et al., 2019).

Existem hoje no Registro Nacional de Cultivares (RNC) 30 cultivares de batata-doce, em sua maioria, provenientes de seleções a partir de bancos de germoplasma ou de genótipos de produtores. Vale destacar que, foram registradas no MAPA (RNC) duas cultivares de batata-doce de polpa roxa, BRS Cotinga e BRS Alteza, que demonstraram ampla adaptabilidade, estabilidade de sua produção em diferentes ambientes e manutenção de suas características de qualidade para atenderem à demanda da cadeia por clones de polpa roxa com maior produtividade e melhor qualidade da raiz. Ambas estão em fase de avaliação em um cooperado de uma das maiores indústrias de processamento de chips de batata-doce do Brasil, para avaliação do rendimento industrial e também com um produtor rural e proprietário de uma rede de restaurantes em Alagoas, com a finalidade de validar o potencial gastronômico das cultivares para uso culinário (W. Nascimento, comunicação pessoal, 14 de julho de 2022).

A lavoura de batata-doce pode ser acometida por fungos, principalmente o mal do pé (*Plenodomus destruens* Harter) (Coelho et al., 2005), vírus e micoplasmas, nematoides, principalmente os do gênero *Meloidogyne* (Pinheiro et al., 2011), bactérias e um complexo de pragas que atacam tanto a parte aérea, mas principalmente as raízes (Melo et al., 2020). As medidas de controle integrado das doenças e pragas consistem na rotação de culturas para reduzir a população do patógeno/praga nas áreas infestadas, e no uso de materiais propagativos sadios; contudo, o uso de cultivares resistentes/tolerantes é o mais efetivo e viável componente do manejo integrado (França & Ritschel, 2002).

Quanto ao controle químico, existem poucos produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle de doenças, pragas e plantas daninhas em batata-doce e, em muitos casos, o produtor acaba utilizando produtos registrados para outras culturas; isso porque os danos provocados pelos patógenos/pragas, na maioria das vezes, inviabilizam a comercialização do produto. Dessa forma, o desenvolvimento de clones de batata-doce com maior tolerância/resistência a doenças e pragas resultará tanto em maior rendimento de raízes comerciais, quanto na maior sustentabilidade para a cultura e redução do custo e tempo de produção.

#### **4. Nematóide-das-galhas (*Meloidogyne enterolobii*)**

Os nematóide-das-galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, são endoparasitas sedentários obrigatórios, apresentam variada gama de hospedeiras, produzem elevado número de indivíduos, liberam secreções nos tecidos das plantas resultando em hipertrofia celular e na

formação de sítio de alimentação e em hiperplasia celular formando as galhas nas raízes (engrossamento da raiz) (Pinheiro et al., 2014a; Ferraz & Brown, 2016).

O gênero *Meloidogyne* compreende mais de 100 espécies e pode afetar mais de 5000 espécies de plantas hospedeiras (Santos, 2011). Entre as espécies descritas, há registros importantes de danos causados por *M. enterolobii* em diversos países. No Brasil, foi registrada em 2001, causando danos severos em cultivos comerciais de goiabeira nos estados de Pernambuco e Bahia (Carneiro et al., 2001), denominada *M. mayanguensis*, sendo depois observado que se tratava da espécie *M. enterolobii*.

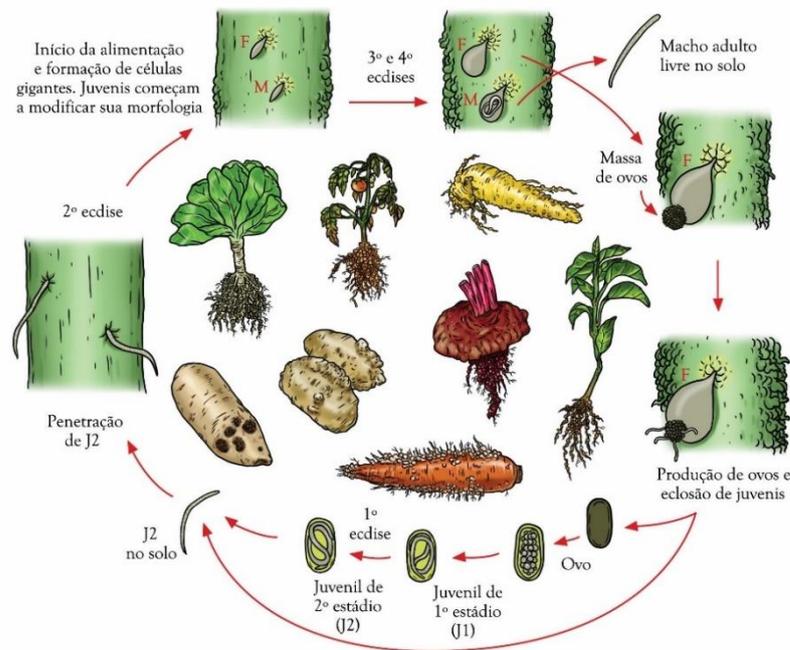
Em seguida, este nematoide foi identificado em diversos Estados das cinco regiões do Brasil, compreendendo Rio de Janeiro (Lima et al., 2003), Rio Grande do Norte (Torres et al., 2007), Ceará (Torres et al., 2005), São Paulo (Torres et al., 2005; Almeida et al., 2006), Paraná (Carneiro et al., 2006), Piauí (Silva et al., 2006), Minas Gerais (Oliveira et al., 2007), Maranhão (Silva et al., 2008), Santa Catarina, Rio Grande do Sul (Gomes et al., 2008), Goiás (Siqueira et al., 2009), Tocantins (Charchar et al., 2009), Mato Grosso do Sul (Reis et al., 2011), Alagoas (Castro & Santana, 2011) e Espírito Santo (Martins et al., 2019).

Essa espécie tem causado sérios prejuízos em diferentes culturas, considerada como uma das mais agressivas dentro desse gênero. Assim, diversas espécies de importância econômica, incluindo leguminosas, frutíferas, oleráceas, condimentares, medicinais, ornamentais, florestais e até culturas que possuem genes de resistência a outras espécies de *Meloidogyne* são hospedeiras potenciais para sua multiplicação (Castro, 2019).

Os estádios de desenvolvimento vermiformes ou juvenis de segundo estágio (J2) são as formas de vida no solo que infectam as raízes. Ao penetrarem nas raízes, migram-se para a região dos tecidos condutores e se tornam sedentários. No decorrer do seu desenvolvimento, passam por sucessivas ecdises até chegarem à fase adulta e no caso das fêmeas, apresentam o formato “piriforme”, na fase adulta, o macho geralmente sai da raiz e a fêmea prossegue seu desenvolvimento, assim, produz uma massa de ovos envoltos por uma matriz gelatinosa.

No interior de cada ovo ocorre à formação do juvenil de primeiro estágio (J1), que passa por uma ecdise e se transforma em J2 que corresponde ao estágio móvel e infeccioso. Após a eclosão penetra a raiz e atinge a zona de alongação, e no parênquima vascular induz a formação de células gigantes multinucleadas, onde os nematoides podem tornar-se sedentários. Quando em condições favoráveis, sucedem-se mais três ecdises até atingir à fase adulta, completando o ciclo em torno de 21 a 45 dias (Pinheiro et al., 2014a) (Figura 1). A indução do sítio de alimentação leva à hiperplasia no tecido cortical, resultando em engrossamento das raízes, conhecido como galha.

Os principais sintomas são: galhas nas raízes, nanismo da planta, diminuição do sistema radicular, redução do vigor, amarelecimento foliar, deficiências nutricionais e até a morte prematura da planta. Todos os sintomas relatados podem aparecer em reboleiras (Machaca-Calsin et al., 2019).



**Figura 1.** Ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. (nematóide-das-galhas) em hortaliças. Ilustração: Vanessa Reyes

## 5. Resistência genética

Um dos métodos mais eficientes e econômicos de reduzir perdas causadas por nematóides é a resistência genética (Roberts, 2002). Todavia, o controle químico ainda é a estratégia de controle mais utilizada, por ter o custo relativamente baixo e ser de rápida atuação (Abad et al., 2008). Entretanto, a utilização maciça desses produtos, podem acarretar vários e graves problemas por serem geralmente muito tóxicos, representando risco efetivo para a saúde humana e animal, além de promover a contaminação dos recursos hídricos e do meio ambiente (Dong & Zhang, 2006; FAO: Who, 2016). Esses produtos apresentam desvantagens como o desenvolvimento de resistência no patógeno via seleção natural; morte de inimigos naturais e a conversão de pragas secundárias em primárias; o ciclo vicioso da aplicação de dosagens maiores e aumento na frequência de aplicação; a mobilidade dos agrotóxicos no ambiente e a sua capacidade de atingir não somente os organismos alvo; além de ameaçar a vida silvestre e a saúde humana a curto e longo prazo (Bergamin Filho, 2002).

O plantio de variedades geneticamente resistentes quando disponíveis, tem sido a melhor forma de controle, porém, essa estratégia é dependente da identificação de fontes e do mapeamento de genes que controlam essa característica em número mais amplo de plantas hospedeiras (Fragoso et al., 2007). Alguns estudos têm revelado uma ampla utilização de resistência às diferentes espécies e raças de *Meloidogyne* em diversas culturas (Trudgill, 1991). No entanto, as atividades de avaliação de acessos em coleções de germoplasma, bem como as fontes de resistência a nematoides conhecidas, ainda são muito pequenas quando confrontadas com a imensa diversidade genética existente no germoplasma das diferentes espécies hospedeiras (Trudgill, 1991).

Plantas geralmente respondem à invasão dos nematoides com a ativação de uma série de mecanismos de defesa (Trudgill, 1991). Na relação parasítica nematoide-planta são observadas mudanças na expressão gênica correlacionadas com ferimentos ou resposta de defesa. A resistência a patógenos diferentes, incluindo vírus, bactérias, fungos e nematoides, tem sido demonstrada ser mediada por fatores genéticos dominantes (gene R) em distintas plantas hospedeiras.

A principal expressão fenotípica destes genes é a presença de reação de hipersensibilidade (RH). Cada um dos produtos destes genes R interage diretamente ou indiretamente com o produto de um gene correspondente de avirulência (AVR) em agente patogênico em uma interação do tipo gene-a-gene (Flor, 1971; Keen, 1990). A reação de hipersensibilidade é observada em células vizinhas ao nematoide, durante a sua migração no tecido vegetal ou após o estabelecimento do sítio de alimentação (Rodrigues et al., 2019). Essa reação provoca mudanças histológicas, como a morte celular próxima ao sítio de infecção do juvenil de segundo estágio de espécies e raças de *Meloidogyne* (Dropkin, 1969).

Além da reação de RH, outros estudos têm mostrado que a resistência em plantas parasitadas por nematoides podem ocorrer por diversos mecanismos como a produção de fitoalexinas; acúmulo de compostos fenólicos; aumento na atividade da enzima fenilalanina amoniliase; acúmulo de peroxidases; intensificação da produção de inibidores de proteinases e quitinases (Giebel, 1982; Huang, 1985; Ibrain, 1991; Punja & Zhang, 1993).

Vários genes R já foram mapeados ou clonados em plantas resistentes a nematoides. Alguns genes em cultivares resistentes ao nematoide-das-galhas conferem resistência a mais de uma espécie de nematoides. Exemplos incluem o gene *Mi* em tomateiro que confere resistência a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (Cook, 1991). Em tomateiro, o gene *Mi* introgridido de *Solanum peruvianum* L. tem sido amplamente utilizado pelos programas de melhoramento genético. Porém, novas espécies de *Meloidogyne* têm sido descritas afetando o tomateiro e

algumas destas possuem a habilidade de quebrar a resistência conferida pelo gene *Mi* (Charchar et al., 2010), por exemplo, *M. enterolobii*.

Outros exemplos incluem, o gene *Hero* em *S. pimpinellifolium* L., o gene *H1* em *S. tuberosum* L., gene *Gro1* em *S. spegazzini* Bitter, o gene *Rhg4* em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (Gheysen & Fenol, 2002). Assim, a descoberta de novas fontes de resistência capaz de controlar *M. enterolobii* é de grande importância na situação atual.

Nesse sentido, entre os métodos de controle utilizados, o uso de cultivares resistentes é uma das medidas mais econômicas com redução considerável dos danos à cultura. Pesquisas e utilização de cultivares resistentes aos nematoides-das-galhas têm sido realizadas mundialmente mostrando-se eficaz como método de redução de populações e danos (Molinri, 2010; Burelle & Roskopf, 2011; Mukhtar et al., 2014; Devran & Baysal, 2018).

Dessa maneira, a identificação de genes de resistência pode ser um componente importante para o manejo quando se considera a importância na hibridação introgressiva, com capacidade de bloquear ou suprimir alguma das etapas do ciclo infeccioso dos nematoides (Williamson & Roberts, 2009).

## 6. Manejo

Outros métodos podem ser empregados para o controle desses fitoparasitas, além do uso da resistência genética, como rotacionar as culturas, utilizar plantas antagonistas, armadilhas, não hospedeiras, solarização, alqueive, manejo integrado de pragas, utilização de produtos biológicos de origem fúngica ou bacteriana, e principalmente por meio da aplicação de produtos de proteção fitossanitária (Wiratno et al., 2009).

Todos os métodos para o controle de nematoides fitoparasitas envolvem a redução das densidades populacionais, de maneira a mantê-las abaixo do nível de dano econômico. É crescente a preocupação com a manutenção da biodiversidade, sendo hoje essencial considerar o impacto da estratégia de manejo na biodiversidade e no equilíbrio ecológico do solo (Coyne et al., 2009; Nyczepir & Thomas, 2009).

O manejo desses nematoides tem como principal desafio o fato de serem cosmopolitas, compartilhando várias espécies de plantas hospedeiras. As ferramentas utilizadas no manejo de fitonematoides são semelhantes às utilizadas no manejo de pragas e doenças, com adaptações segundo a espécie do nematoide e a situação climática e socioambiental. Quanto maior o número de ferramentas utilizadas de forma integrada, mais eficiente se torna o manejo, pois abrange diversas possibilidades de corrigir possíveis desequilíbrios ecológicos (Coyne et al., 2009).

Para um manejo planejado, o primeiro passo é a identificação da espécie, seguida da análise do ambiente e da escolha das ferramentas a serem utilizadas para o manejo nas condições ambientais e socioculturais da área problema (Collange et al., 2011). O uso de rotação de culturas é um método eficiente através da resistência de não hospedeira e o antagonismo, além de melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo e evitar a erosão (Derpsch & Calegari, 1992).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, P.; GOUZY J.; AURY, J.M.; CASTAGNONE-SERENO, P.; et al. 2008. Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *M. incognita*. *Nature Biotechnology*, 26: 909-915.

ALMEIDA, E.J.; SOARES, P.L.M.; SANTOS, J.M.; MARTINS, A.B.G. 2006. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba (*Psidium guajava*) no estado de São Paulo. *Nematologia Brasileira*, 30(2): 112-113.

AREAS, M.S.; GONCALVES, R.M.; SOMAN, J.M.; SAKATE, R.K.; GIORIA, R.; SILVA JÚNIOR, T.A.F. DA; MARINGONI, A.C. 2015. Prevalence of *Xanthomonas euvesicatoria* on pepper in Brazil. *Journal of Phytopathology*, 163(11-12): 1050-1054.

AREAS, M.S.; GONÇALVES, R.M.; SOMAN, J.M.; SOUZA FILHO, R.C.; GIORIA, R.; SILVA JUNIOR, T.A.F. DA; MARINGONI, A.C. 2018. Resistance of *Xanthomonas euvesicatoria* strains from Brazilian pepper to copper and zinc sulfates. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90: 2375-2380.

AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; VIANA, D.J.S.; ELSAYED, A.Y.A.M.; PEDROSA, C.E.; NEIVA, I.P.; FIGUEIREDO, J.A. 2014. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato. *Horticultura Brasileira*, 32: 21-27.

BARCHENGER, D.W.; LAMOUR, K.H.; BOSLAND, P.W. 2018. Challenges and strategies for breeding resistance in *Capsicum annuum* to the multifarious pathogen, *Phytophthora capsici*, *Frontiers in Plant Science*, 9: 628.

BERGAMIN FILHO, A. 2002. *Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos*. 1st ed. Annablume. São Paulo.

BERNARD, G.C.; EGNIN, M.; BONSI, C.; MORTLEY, D.; WITOLA, W.H.; McELHENNEY, W.; LAWRENCE, K. 2017. Evaluation of root-knot nematode resistance in sweet potato. *African Journal of Agricultural Research*, 12: 1411-1414.

BEVILAQUA, L.; MOTA, J.H.; de RESENDE, G.M.; YURI, J.E. 2019. Características morfológicas e produtivas de clones de batata doce. *Caderno de Ciências Agrárias*, 11: 1-7.

BOSLAND, P.W.; VOTAVA E.J. 1999. Peppers: vegetable and spice capsicums. 2nd ed. CABI. Wallingford. 250 p.

BRASIL FOOD TRENDS. 2020. Instituto de Tecnologia de Alimentos. São Paulo: ITAL/FIESP, 2010. 173 p. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/brasilfoodtrends/70/>. Acesso em: 01 de Agosto de 2022.

BRITO, J.Á.; DESAEGER, J.; DICKSON, D.W. 2020. Reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on selected root-knot nematode resistant sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars. *Journal of Nematology*, 52: 1-6.

BURELLE, N.K.; ROSSKOPF, E.N. 2011. Microplot evaluation of rootstocks for control of *Meloidogyne incognita* on grafted tomato, muskmelon and watermelon. *Journal of Nematology*, 43(4):166-171.

CAFÉ FILHO, A.C.; LOPES, A.C.; DUSI, A.N.; REIFSCHNEIDER, FJ.B.; CHARCHAR, J.M. 1989. Principais doenças de ervilha no Brasil e seu controle. *Informe Agropecuário*, 14(158): 38-45.

CAMARGO, L.K.P. 2013. Caracterização de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da Unicentro, PR. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.

CARMONA, P.A.O.; PEIXOTO, J.R.; AMARO, G.B.; MENDONÇA, M.A. 2015. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores morfoagronômicos das raízes. *Horticultura Brasileira*, 33: 241-250.

CARMONA, P.A.O.; PINHEIRO, J.B.; AMARO, G.B.; SILVA, G.O.; PEIXOTO, J.R.; CARES, J.E. 2020. Resistance sources to root-knot nematodes *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* and *M. enterolobii* in sweet potato. *Horticultura Brasileira*, 38: 126-133.

CARNEIRO, R.M.D.G.; MOREIRA, W.A.; ALMEIDA M.R.A.; GOMES A.C.M.M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira*, 25: 223-228.

CARNEIRO, R.G.; MÔNACO, A.P.A., MORITZ, M.P.; NAKAMURA, K.C.; SCHERER, A. 2006. Identificação de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. *Nematologia Brasileira*, 30(3): 293-298.

CARNEIRO, R.M.D.G.; CIROTTO, P.A.; QUINTANILHA, A.P.; SILVA, D.B.; CARNEIRO, R.G. 2007. Resistance to *Meloidogyne mayaguensis* in *Psidium* spp. accessions and their grafting compatibility with *P. Guajava* cv. Paluma. *Fitopatologia Brasileira*, 32: 281-284.

CARVALHO, S.I.C; BIANCHETTI, L.B; RIBEIRO, C.S.C; LOPES, C.A. 2006. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília, Embrapa Hortaliças, 1: 9-27.

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B. 2008. Botânica e recursos genéticos. In: RIBEIRO, C.S.C.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Pimentas *Capsicum*. Brasília, Embrapa Hortaliças, 1: 39-53.

CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A.A. 1984. Origem e botânica de *Capsicum*. Informe Agropecuário 113: 8-10.

CASTRO, J.M.C.; SANTANA, T.A. 2011. Primeiro registro de *Meloidogyne enterolobii* em goiabeira no Estado de Alagoas. *Nematologia Brasileira*, 34(3): 169-171.

CASTRO, J.M.C. 2019. *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. Informe Agropecuário, 40: 41-48.

CHARCHAR, J.M.; FONSECA, M.E.N.; BOITEUX, L.S.; NETO, A.F.N. 2009. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no estado do Tocantins. *Nematologia Brasileira*, 33: 182-186.

CHARCHAR, J.M.; FONSECA, M.E.N.; PINHEIRO, J.B.; BOITEUX, L.S.; EISENBACK, J.D. 2010. Epidemics of *Meloidogyne brasilensis* in Central Brazil on Processing Tomato Hybrids That Have the Root-Knot Nematode *Mi* Resistance Gene. *Plant Disease*, 94(6): 781-789.

CHAVES, P.P.N.; SANTOS, G.R.; SILVEIRA, M.A.; GOMES, L.A.A.; MOMENTÉ, V.G.; NASCIMENTO, I.R. 2013. Reação de genótipos de batata-doce a nematoides de galhas em condições de temperatura elevada. *Bioscience Journal*, 29: 1869-1877.

COELHO, R.S.B.; PIO-RIBEIRO, G.; MARIANO, R.L.R. 2005. Doenças da batata-doce (*Ipomoea batatas*) In: Kimati, H.; Amorin, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A. Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas. 4 ed. Agronômica Ceres. São Paulo. p.143-149.

- COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: the challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection*, 30(10): 1251-1262.
- COMEXSTAT. 2020. Estatísticas do Comércio Exterior. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Consultado em: 13 jun 2022.
- COOK, R. Resistance in plants to cyst and root-knot nematodes. 1991. *Agricultural Zoology Reviews*, 4: 213-240.
- COYNE, D.L.; FOURIE, H.H.; MOENS, M. 2009. Current and future management strategies in resource-poor farming. *In*: Perry, R.N.; Moens, M.; Starr J.L (Eds.). *Root-knot nematodes*. 1st ed. CAB International. UK. p.444-475.
- DARON, T.C.; TOMIMATSU, A.M.; MELLO, A.P.S.; DOS SANTOS, B.A.; BERNARDI, D.M. 2020. (*Ipomoea batatas*) no Brasil. *Fag Journal of Health*, 2(1): 103-116.
- DECRAEMER, W.; HUNT, D.J. 2013. Structure and classification. *In*: Perry, R.N.; Moens, M. (org.). *Plant Nematology*. 2nd ed. CABI Publishing. Wallingford. p.3-37.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. 1992. Guia de plantas para adubação verde de inverno. Londrina, IAPAR, (Documentos IAPAR, 9) p. 75.
- DEVTRAN, Z. BAYSAL; Ö. 2018. Induction of resistance to *Meloidogyne incognita* by DL-Beta amino butyric acid under salt stress condition. *Australasian Plant Disease Notes* 13(1): 1-3.
- DEWITT, D.; BOSLAND, P.W. 2009. *The complete Chile pepper book: a gardener's guide to choosing, growing, preserving and cooking*. 1st ed. Timber Press. London.
- DJIAN-CAPORALINO, C.; FAZARI, A.; ARGUEL, M.J.; VERNIE, T.; VANDECASTEELE, C.; FAURE, I.; BRUNOUD, G.; PIJAROWSKI, L.; PALLOIX, A.; LEFEBVRE, V. 2007. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) *Me* resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. *Theoretical and Applied Genetics*, 114: 473-486.
- DONG, L.Q.; ZHANG, K.Q. 2006. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. *Plant and Soil*, 288(1): 31-45.

DROPKIN, V.H. 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. *Phytopathology*, 59: 1632-1637.

DUNN, A.R.; LANGE, H.W.; SMART, C.D. 2014. Evaluation of commercial bell pepper cultivars for resistance to phytophthora blight (*Phytophthora capsici*). *Plant Health Progress*, 15: 19-24.

DUTTA, B.; BLOCK, C.C.; STEVENSON, K.L.; HUNT SANDERS, F.; WALCOTT, R.R.; GITAITIS, R.D. 2013. Distribution of phytopathogenic bacteria in infested seeds. *Seed Science and Technology*, 41(3): 383-397.

FAO & WHO. 2016. International Code of Conduct on Pesticide Management Guidelines on Highly Hazardous Pesticides. Disponível em: [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications). Consultado em: 15 jul. 2022.

FAO. 2019. Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Consultado em: 02 jul. 2022.

FAO. 2020. Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Disponível em: [http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities\\_by\\_regions/E](http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities_by_regions/E). Consultado em: 07 jul. 2022.

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. 2016. *Nematologia de Plantas: fundamentos e importância*. 1st ed. Norma Editora. Manaus. p.287-293.

FLOR, H.H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. *Annual Review Phytopathology*, 9: 13–21.

FRAGOSO, D.B.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, M.G.A. 2007. Partial characterization of glutathione S-transferases in pyrethroid-resistant and -susceptible populations of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Journal of Stored Products Research*, 43: 167-170.

FRANÇA, F.H.; RITSCHER, P.S. 2002. Avaliação de acessos de batata-doce para resistência à broca-da-raiz, crisomelídeos e elaterídeos. *Horticultura Brasileira*, 20: 79-85.

GHEYSEN, G.; FENOLL, C. 2002. Gene expression in nematode feeding sites. *Annual Review of Phytopathology*, 20: 257-79.

- GIEBEL, J. 1982. Mechanism of resistance to plant nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 20: 257-79.
- GOMES, C.B.; COUTO, M.E.; CARNEIRO, R.M.D.G. 2008. Registro de ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e fumo no sul do Brasil. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, 32: 244-247.
- GRACE, M.H.; YOUSEF, G.G.; GUSTAFSON, S.J.; TRUONG, V.D.; YENCHO, G.C.; LILA, M.A. 2014. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. *Food Chemistry*, 145: 717-724.
- GRANKE, L.L.; QUESADA-OCAMPO, L.; LAMOUR, K.H.; HAUSBECK, M.K. 2012. Advances in research on *Phytophthora capsici* on vegetable crops in the United States. *Plant Disease*, 96: 1588-1600.
- HAIJHASSANI, A.; RUTTER, W.B.; LUO, X. 2019. Resistant pepper carrying *N*, *Me1*, and *Me3* have different effects on penetration and reproduction of four major *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 51: 1-9.
- HENDY, H.; DALMASSO, A.; CARDIN M.C. 1985. Differences in resistant *Capsicum annuum* attacked by different *Meloidogyne* species. *Nematologica*, 31: 72-78.
- HOLTZ, V.; REIS, E.F.D. 2013. Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. *Revista Ceres*, 60: 347-353.
- HUANG, C.L. 1985. Mechanisms of resistance to root-knot nematodes. *In*: Sasser, J.N.; Carter, C.C (Eds.). *An advanced treatise on Meloidogyne: biology and control*. 1st ed. Agency for International Development. North Carolina State University. p.143-53.
- IBRAIN, S.K. 1991. Peroxidase isoenzymes from *Meloidogyne* spp. culture and different hosts. *Revue de Nematologie*, 14: 35-44.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2021. Pesquisa de orçamentos familiares: 2008/2009 e 2017/2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pof/tabelas>. Consultado em: 22 jul. 2022.

- KHAN, A.; ASIF, M.; TARIQ, M.; REHMAN, B.; PARIHAR, K.; SIDDIQUI, M.A. 2017. Phytochemical investigation, nematostatic and nematocidal potential of weeds extract against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in vitro. Asian Journal of Biological Sciences, 10(2):38-46.
- KEEN, N.T. 1990. Gene-for-gene complementarity in plant-pathogen interactions. Annual Review of Phytopathology, 24: 447-463.
- KIM, S.; PARK, M.; YEOM, S.I. 2014. Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. Nature Genetics, 46: 271-278.
- KIST, B.B.; SANTOS, C.E.; CARVALHO, C.; BELING, R.R. 2019. Anuário Brasileiro de Horti & Fruti. 1st ed. Gazeta Santa Cruz. Santa Cruz do Sul.
- LEBEAU, A.; DAUNAY, M.C.; FRARY, A.; PALLOIX, A.; WANG, J.F.; DINTINGER, J.; CHIROLEU, F.; WICKER, E.; PRIOR, P. 2011. Bacterial wilt resistance in tomato, pepper, and eggplant: Genetic resources respond to diverse strains in the *Ralstonia solanacearum* species complex. Phytopathology, 101: 154-165.
- LEBOT, V. 2010. Sweet potato. In: Bradshaw, J.E. (ed). Root and tuber crops. Handbook of Plant Breeding. 1st ed. Springer Science & Business Media. Berlin. p.97-125.
- LIMA, I.M.; DOLINSKI, C.M.; SOUZA, R.M. 2003. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabais de São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. Nematologia Brasileira, 27: 257-258.
- LIMA, M.F.; CARVALHO, S.I.C.; RAGASSI, C.F.; BIANCHETTI, L.B.; FALEIRO, F.G.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2017. Characterization of a pepper collection (*Capsicum frutescens* L.) from Brazil. Genetics and Molecular Research, 16: 1-17.
- LOEBENSTEIN, G.; THOTTAPPILLY, G. 2009. The Sweet potato. 1st ed. Springer. Dordrecht. p.105-134.
- LOPES, C.A.; BOITEUX, L.S. 2004. Biovar-specific and broad-spectrum sources of resistance to bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in *Capsicum*. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 4: 350-355.

- LUTZ, D.L.; FREITAS, S.C. 2008. Valor nutricional. *In*: Ribeiro, C.S.C., Lopes, C.A., Henz, G.P., Reifschneider, F.J. (Eds). Pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p.31-38.
- MACEDO, E.D.F.S.; NISHIZAKI JUNIOR, N. 2017. A importância do planejamento logístico com foco no crescimento da demanda da cadeia produtiva de alimentos até 2050. *Refas-Revista Fatec Zona Sul*, 3(3): 31-45.
- MACHACA-CALSIN, C.P.; SILVA, W.; MÁRQUEZ, L.; OLIVEIRA, A.; HELLER, E.; GOMES, C.B. 2019. Danos associados ao nematoide-das-galhas (*Meloidogyne javanica*) em feijoeiro. *In*: Embrapa Clima Temperado-Resumo em anais de congresso. *In*: Congresso Brasileiro de Nematologia 36, 2019, Caldas Novas. Nematoides: da Ciência ao Campo. [Anais, palestras e resumos]. Campinas: Infobibos.
- MARTINS, M., LIMA, I.M.; CARNEIRO, R.M.D.G.; SERRANO, L. 2019. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira ‘paluma’ no estado do Espírito Santo. *Nematologia Brasileira*, 31: 128-133.
- MASSAROTO, J.A.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A.; FRANCO, H.D.; GASPARINO, C.F. 2014. Desempenho de clones de batata-doce. *Ambiência*, 10: 73-81.
- MEDINA-LARA, F.; ECHEVARRÍA-MACHADO, I.; PACHECO-ARJONA, R.; RUIZ-LAU, N.; GUZMÁN-ANTONIO, A.; MARTINEZ-ESTEVEZ, M. 2008. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *HortScience*, 43: 1549–1554.
- MELO, R.A.C.; JORGE, M.H.; VENDRAME, L.P.C.; PILON, L.; ROSSETTO, L. 2020. Avaliação da produção de batata-doce utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes de célula e períodos de enraizamento. *Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, (205): 1-20.
- MOLINARI, S. 2010. Natural genetic and induced plant resistance, as a control strategy to plant-parasitic nematodes alternative to pesticides. *Plant Cell Reports*, 30(3): 311–323.
- MONTORO, S.B., LUCAS JR, J., SANTOS, D.F.L., COSTA, M.S.S.M. 2019. Anaerobic co-digestion of sweet potato and dairy cattle manure: a technical and economic evaluation for energy and biofertilizer production. *Journal of Cleaner Production*, 226: 1082-1091.

- MOTA, F.C.; ALVES, G.C.S.; GIBAND, M.; GOMES, A.C.M.M.; SOUSA, F.R.; MATTOS, V.S.; BARBOSA V.H.S.; BARROSO, P.A.V.; NICOLE, M.; PEIXOTO, J.R.; ROCHA, M.R.; CARNEIRO, R.M.D.G. 2013. New sources of resistance to *Meloidogyne incognita* race 3 in wild cotton accessions and histological characterization of the defense mechanisms. *Plant Pathology*, 62: 1173-1183.
- MOURA, A.P.; MICHEREFF FILHO, M.; GUIMARÃES, J.A.; AMARO, G.B.; LIZ, R.S. 2013. Manejo integrado de pragas de pimentas do gênero *Capsicum*. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 115: 1-14.
- MUKHTAR, T.; HUSSAIN, M.A.; KAYANI, M.Z.; ASLAM, M.N. 2014. Evaluation of resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in okra cultivars. *Crop Protection*, 56: 25–30.
- NARESH, P.; MEENU, K.; ACHARYA, G.C.; REDDY, A.C.; LAKSHMANA, D.C.R. 2019. Genetics and molecular markers for resistance to major soil borne pathogens in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Research Journal of Biotechnology*, 14: 101-105.
- NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P.; ARTIAGA, O.P.; SUINAGA, F.A. 2016a. Grão-de-bico. *In: Embrapa (org.). Hortaliças Leguminosas*. 1st ed. Embrapa Hortaliças. Brasília. p.89-118.
- NASCIMENTO, W.M.; SILVA, P.P; FREITAS, R.A.; BOITEUX, L. 2016b. Ervilha. *In: Embrapa. (Org.). Hortaliças Leguminosas*. 1st ed. Embrapa Hortaliças. Brasília. p.17-57.
- NASCIMENTO, W.M. 2017. Leguminosas de inverno: alternativa para a região dos cerrados. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1046999>. Acessado em: 02 ago. 2022.
- NASCIMENTO, W.M. (Embrapa Hortaliças). 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72368924/grao-de-bico-pode-ser-utilizado-na-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>. Acessado em: 22 jul. 2022.
- NASS, L.L.; SOUZA, K.R.R.; RIBEIRO, C.S.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2015. Synthesis of a base population of Habanero pepper. *Horticultura Brasileira*, 33: 530-532.
- NEITZKE R.S; BARBIERI R.L.; HEIDEN G.; CASTRO C.M. 2010. Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos. *Magistra*, 20: 249-255.

NÓBREGA, D.D.S.; PEIXOTO, J.R.; VILELA, M.S.; NÓBREGA, A.K.D.S.; SANTOS, E.C.; COSTA, A.P., CARMONA, R. 2019. Yield and soil insect resistance in sweet potato clones. *Bioscience Journal*, 35(6): 1773-1779.

NUEZ, F.; GIL ORTEGA, R.; COSTA, J. 1996. *El Cultivo de pimientos*. 1st ed. Mundi-Prensa. Madrid. p.607.

NYCZEPIR, A.P.; THOMAS, S.H. 2009. Current and Future Management: Strategies in Intensive Crop Production Systems. *In*: Perry, R.N.; Moens, M.; Starr, J.L. (Eds.). *Root-knot nematodes*. 2nd ed. CABI. London. p.412.

OLIVEIRA, R.D.L; SILVA, M.B.D., AGUIAR, N.D.D.C.; BÉRGAMO, F.L.; COSTA, A.S.V.D.; PREZOTTI, L. 2007. Nematofauna associada à cultura do quiabo na região leste de Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*, 25: 88-93.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2016. Organização das Nações Unidas. Declaração Universal dos Direitos Humanos. Disponível em <http://www.onu-brasil.org.br/documentosdireitoshumanos>. Consultado em: 12 fev. 2022.

OSDAGHI, E.; TAGHAVI, S.M.; HAMZEHZARGHANI, H.; LAMICHLANE, J.R. 2016. Occurrence and characterization of the bacterial spot pathogen *Xanthomonas euvesicatoria* on pepper in Iran. *Journal of Phytopathology*, 164: 722-734.

PEIRIS, P.U.S.; XU, C.; BROWN, P.; LI, Y. 2021. Assessing the efficacy of alternative chemical and organic products against *Meloidogyne* spp. in sweet potato. *Scientia Horticulturae*, 283: 110079.

PINHEIRO, J.B.; RODRIGUES, C.D.S.; de CARVALHO, A.D.F.; PEREIRA, R.B. 2011. Nematoides na cultura da batata-doce. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 105: 1-9.

PINHEIRO, J.B.; BOITEUX, L.S.; PEREIRA, R.B.; ALMEIDA M.R.A.; CARNEIRO R.M.D.R. 2014a. Identificação de espécies de *Meloidogyne* em tomateiro no Brasil. Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 102: 1-14.

PINHEIRO, J.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; PEREIRA, R.B.; MOITA, A.W. 2014b. Reação de genótipos de *Capsicum* ao nematoide-das-galhas. *Horticultura Brasileira*, 32: 371-375.

POTNIS, N.; TIMILSINA, S.; STRAYER, A.; SHANTHARAJ, D.; BARAK, J.D.; PARET, M.L.; VALLAD, G.E.; JONES, J.B. 2015. Bacterial spot of tomato and pepper: diverse *Xanthomonas* species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge. *Molecular Plant Pathology*, 16: 907-920.

PUNJA, Z.K.; ZHANG, Y.Y. 1993. Plant chitinases and their roles in resistance to fungal diseases. *Journal of Nematology*, 25: 526-40.

RÊGO E.R.; FINGER F.L.; NASCIMENTO M.F.; BARBOSA L.A.; SANTOS R.M.C. 2011. Pimentas ornamentais. *In: Rêgo, E.R.; Finger, F.L.; Rêgo, M.M. (Eds). Produção, genética e melhoramento de pimentas (Capsicum spp.)*. 1st ed. Areia: UFPb. João Pessoa. p.205-223.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2000. *Capsicum*. Pimentas e pimentões no Brasil. 1st ed. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. Brasília. 113p.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; NASS, L.L.; HENZ, G.P. 2015. Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros. 1st ed. Embrapa. Brasília.

REIS, A.; BOITEUX, L.S.; PAZ-LIMA, M.L.; SILVA, P.P.; LOPES, C.A. 2005. New hosts of *Oidiopsis haplophylli* in the solanaceae family in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, 30: 195-198.

REIS, H.F.; BACCHI, L.M.A.; VIEIRA, C.R.Y.I.; SILVA, V.S.D. 2011. Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) em pomares de goiabeira no município de Ivinhema, Estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 676-679.

RIBEIRO, C.S.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2008. Genética e melhoramento. *In: Ribero, C.S.C.; Carvalho, S.I.C.; Henz, G.P.; Reifschneider, F.J.B. (Eds.). Pimentas Capsicum*. 1st ed. Embrapa Hortaliças. Brasília. p. 55-70.

RIBEIRO, C.S.C; BOSLAND, P.W. 2012. Physiological race characterization of *Phytophthora capsici* isolates from several host plant species in Brazil using New Mexico recombinant inbred lines of *Capsicum annuum* at two inoculum levels. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137: 21-426.

RIBEIRO, C.S.C.; SOUZA, K.R.R.; CARVALHO, S.I.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2015. BRS Juruti: the first Brazilian habanero-type hot pepper cultivar. *Horticultura Brasileira*, 33: 527-529.

RIBEIRO, C.S.C.; SOARES, R.S.; GOMES, L.M.; COELHO, L.G.F.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2017. Breeding Calabrian pepperlines for Brazilian agriculture from sui generis introduction of germplasm. *Horticultura Brasileira*, 35: 195-202.

RIBEIRO, C.S.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; BUSO, G.S.C. 2020. Embrapa's *Capsicum* breeding program – looking back into the future. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 2(1):e200001.

RIVA-SOUZA, E.M.; RODRIGUES, R.; SUDRÉ, C.P.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T. 2007. Obtaining pepper F2:3 lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, 25: 567-571.

ROACH, R.; MANN, R.; GAMBLEY, C.G.; SHIVAS, R.G.; RODONI, B. 2018. Identification of *Xanthomonas* species associated with bacterial leaf spot of tomato, *Capsicum* and chilli crops in eastern Australia. *European Journal of Plant Pathology*, 150: 595-608.

ROBERTS, P.A. 2002. Concepts and consequences of resistance. *In*: Starr, J.L.; Cook, R.; Bridge, J (Eds.). *Plant Resistance of Parasitic Nematodes*. 1st ed. CAB International. Wallingford. p.23-41.

ROSSATO, M.; SANTIAGO, T.R.; LOPES, C.A. 2018. Reaction of *Capsicum* peppers commercialized in the Federal District to bacterial wilt. *Horticultura Brasileira*, 36: 173-177.

SÁNCHEZ-CHÁVEZ, E.; SILVA-ROJAS, H.V.; LEYVA-MIR, G.; VILLARREAL-GUERRERO, F.; JIMÉNEZ-CASTRO, J.A.; MOLINA-GAYOSSO, E.; GARDEA-BÉJAR, A.A.; ÁVILA-QUEZADA, G.D. 2017. An effective strategy to reduce the incidence of *Phytophthora* root and crown rot in bell pepper. *Interciencia*, 42: 229-235.

SANTOS, M.F.A. 2011. Diversidade de *Meloidogyne incognita* e espécies correlatas como surgem abordagens biológicas, citológicas, morfológicas e moleculares. Dissertação Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

SCHWARZ, T.R.; LI, C.; YENCHO, G.C.; PECOTA, K.V.; HEIM, C.R.; DAVIS, E.L. 2021. Screening sweet potato genotypes for resistance to a North Carolina isolate of *Meloidogyne enterolobii*. *Plant Disease*, 105: 1101-1107.

SECEX - Secretaria de Comércio Exterior. 2022. Disponível em: <[https://balanca.economia.gov.br/balanca/pg\\_principal\\_bc/principais\\_resultados.html](https://balanca.economia.gov.br/balanca/pg_principal_bc/principais_resultados.html)>.

Consultado em: 04 abr. 2022.

SHARMA, R.D.; FONSECA, C.E.L. 2000. Efeito de *Meloidogyne javanica* no crescimento da ervilha. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35: 115-122.

SILVA, G.S.; SOBRINHO, C.A.; PEREIRA, A.L.; SANTOS, J.M. 2006. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no estado do Piauí. Nematologia Brasileira, 30: 307-309.

SILVA G.S.; PEREIRA, A.L.; ARAÚJO, J.R.; CARNEIRO, R.M. 2008. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em *Psidium guajava* no estado do Maranhão. Nematologia Brasileira, 32: 242-243.

SILVA, R. de SOUZA; ARCANJO, N.M., de MORAIS, J.L., MARTINS, A.C.S.; JERÔNIMO, H.M.Â.; da SILVA, A.R. 2020. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 14(1): 127-131.

SIQUEIRA, K.M.S.; FREITAS, V.M.; ALMEIDA, M.R.A.; dos SANTOS, M.F.; CARES, J.A.; TIGANO, M.S.; CARNEIRO, R.M.D.G. 2009. Detecção de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e mamoeiro no estado de Goiás, usando marcadores. Tropical Plant Pathology, 34: 256-260.

SOARES, R.S.; SILVA, E.H.C.; CANDIDO, W.S. DINIZ, G.M.M.; REIFSCHEIDER, F.J.B.; SOARES, P.L.M.; BRAZ, L.T. 2018. Identificação de genótipos de *Capsicum* resistentes a nematoides de galha. Bioscience Journal, 34: 912-925.

SOUSA, W.R.N. 2012. Caracterização cariotípica de acessos de pimentas (*Capsicum* sp.). Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Piauí. Terezina, Brasil.

STARK, C.B. 2008. Características e benefícios da capsaicina. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, Brasil.

STUMMEL, J.R.; BOSLAND, P.W. 2007. Ornamental pepper: *Capsicum annuum*. In: Anderson, N.O. (Ed.). Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21st century. 1st. ed. Springer. Netherlands. p.561-600.

TIGANO, M.; de SIQUEIRA, K.; CASTAGNONE-SERENO, P.; MULET, K.; QUEIROZ P.; dos SANTOS, M.; TEIXEIRA, C.; ALMEIDA, M.; SILVA, J.; CARNEIRO, R. 2010. Genetic diversity of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* and development of a SCAR marker for this guava-damaging species. *Plant Pathology*, 59: 1054-1061.

TORRES, G.R.C.; JUNIOR, R.S.; NERIVANIA, V. 2005. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado do Ceará. *Nematologia Brasileira*, 29: 105-107.

TORRES, G.R.C.; MEDEIROS, H.A.; JUNIOR, R.S.; MOURA, R.M. 2007. *Meloidogyne mayaguensis*: novos assinalamentos no Rio Grande do Norte associados à goiabeira. *Revista Caatinga*, 20: 106-112.

TRANCOSO, A.C.R.; DIAS, D.C.F.D.S.; PICOLI, E.A.D.T.; SILVA JUNIOR, R.A.D.; SILVA, L.J.D.; NASCIMENTO, W.M. 2021. Alterações anatômicas, histoquímicas e fisiológicas durante a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 52(4): 38-46.

TRUDGILL, D.L. 1991. Resistance and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology*, 29: 167-192.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. 2017. National Nutrient Database for standard reference release 28. Disponível em <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3207?n1=%7BQv%3D1%7D&fgcd=&man=&lfacet=&count=&max=35&sort=&qlookup=sweet+potato&offset=&format=Stats&new=&measureby=&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=>. Consultado em: 30 jul. 2022.

VENZON, M.; MATOS, C.H.C.; ROSADO, M.C.; PALLINI, A.; SANTOS, I.C. 2006a. Pragas associadas à cultura da pimenta e estratégias de manejo. *Informe Agropecuário*, 27: 75-86.

VENZON, M.; ROSADO, M.C.; PINTO, C.M.F.; DUARTE, V.S.; EUZÉBIO, D.E.; PALLINI, A. 2006b. Potencial de defensivos alternativos para o controle do ácaro branco em pimenta “Malagueta”. *Horticultura Brasileira*, 24: 224-227.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. 2001. Leguminosas graníferas – Grão de bico. 1st ed. Editora UFV. Viçosa. p.161-168.

VIEIRA, R.F.; LIMA, C.R. 2016. Lentilha. *In*: Embrapa. (org.). Hortaliças leguminosas. 1st ed. Embrapa. Brasília. p.121- 146.

VILLORDON, A.; CLARK, C. 2018. Variation in root architecture attributes at the onset of storage root formation among resistant and susceptible sweetpotato cultivars infected with *Meloidogyne incognita*. HortScience, 53: 1924-1929.

WAHYUNI, Y.; BALLESTER, A.; TIKUNOV, Y.; VOS, R.C.H.; PELGROM, K.T.B.; MAHARIJAYA, A.; SUDARMONOWATI, E.; BINO, R.J. 2013. Metabolomics and molecular marker analysis to explore pepper (*Capsicum* sp.) biodiversity. Metabolomics, 9: 130-144.

WANG, X.; FAZARI, A.; CAO, Y.; ZHANG, Z.; PALLOIX, A.; MAO, S.; ZHANG, B.; DJIAN-CAPORALINO, C.; WANG, L. 2018. Fine mapping of the root-knot nematode resistance gene *Me1* in pepper (*Capsicum annuum* L.) and development of markers tightly linked to *Me1*. Molecular Breeding, 38(4): 1-10.

WENDIMU G.Y. 2021. Biology, taxonomy, and management of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in sweet potato. Advances in Agriculture, 2021: 1-13.

WILLIAMSON, V.M.; KUMAR, A. 2006. Nematode resistance in plants: the battle underground. Trends in Genetics, 22: 396-403.

WILLIAMSON, V.M.; ROBERTS, P.A. 2009. Mechanism and genetics of resistance. In: Perry, R.N.; Moens, M.; Starr, J.L. (Eds.). Root-knot nematodes. 2nd ed. CABI. London. p. 301-325.

WIRATNO, D.; TANIWIRYONOC, H.; VAN DER BERG, J.A.G.; RIKSEND, I.M.C.M.; RIETJENSB, S.R.; DJIWANTIA, J.E.; KAMMENGAD, A.J. MURK. 2009. Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. The Open Natural Products Journal, 2009: 77-85.

# CAPÍTULO 2

---

---

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PULSES (GRÃO-DE-BICO, ERVILHA  
E LENTILHA) A *Meloidogyne enterolobii***

## RESUMO

As pulses são hortaliças leguminosas e incluem as espécies ervilha (*Pisum sativum* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* Medik.). São culturas com boa adaptação a regiões de clima tropical, baixa exigência em água, considerável rusticidade, serve de fonte de alimento básico, renda para pequenos e médios produtores, além de se destacarem pelo seus valores nutritivos, com alto teor proteico. *Meloidogyne enterolobii* é uma espécie de nematoide-das-galhas que causa danos substanciais ao sistema radicular, resultando em graves perdas de rendimento em cultivares suscetíveis. Um dos métodos mais eficientes e de baixo custo para reduzir perdas causadas por este nematoide é a resistência genética, sendo necessária a busca por fontes de resistência ainda desconhecidas. O objetivo deste estudo foi verificar a reação de genótipos comerciais e do banco de germoplasma da Embrapa Hortaliças de ervilha, grão-de-bico e lentilha a *M. enterolobii*. Quatorze genótipos de ervilha foram avaliados em casa-de-vegetação: BRS Catarina, BRS Dileta, BRS Forró, BRS Maria, BRS Marina, BRS Mikado, BRS Sulina, Eloá, G40, Itapuã, Mk-13, Petit Poís, Telefone Alta (Alderman) e Torta de Flor Roxa; 6 genótipos de grão-de-bico: BRS Toro, BRS Aleppo, CNPH 1604 UPL, BRS Cristalino, BRS Kalifa, BRS Cícero; e 1 genótipo de lentilha: BRS Silvina. O experimento foi repetido duas vezes em épocas distintas em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Cada planta foi inoculada com 5000 ovos e eventuais juvenis e as seguintes variáveis foram avaliadas aos 65 dias após a inoculação: índice de galhas (IG), índice de massa de ovos (IMO), número de ovos por grama de raiz (NOGR) e fator de reprodução (FR). Todos os genótipos de ervilha, grão-de-bico e lentilha avaliados apresentaram suscetibilidade, e a cultivar de ervilha 'Itapuã' comportou-se como intolerante a *M. enterolobii*. Diante da importância e das perspectivas de expansão dessas culturas no Brasil, os resultados deste estudo contribuem significativamente para o avanço do conhecimento em relação à hospedabilidade destas culturas a este nematoide, assim como demonstram a necessidade de futuras pesquisas para a identificação de genótipos com resistência a *M. enterolobii*.

**Palavras-chaves:** *Cicer arietinum*, *Lens culinaris*, nematoide-das-galhas, *Pisum sativum*, resistência genética.

## ABSTRACT

PINTO, Thávio Júnior Barbosa. Reaction of pulses genotypes (Chickpeas, Peas and Lentils) to *Meloidogyne enterolobii*. 2022. 104p. Dissertation (Master's degree in Plant pathology) – University of Brasília, Brasília, DF, Brazil.

Pulses are edible dry seeds within leguminous plants and include pea (*Pisum sativum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.). They are crops well adapted to tropical climate, with a low water requirement and rusticity, thus being a basic source of food and income for small and medium farmers. Besides, pulses stand out for their nutritional values, with high protein contents. *Meloidogyne enterolobii* is a root-knot nematode species that causes substantial damage to crops, resulting in severe yield losses in susceptible cultivars. Genetic resistance is one of the most efficient and low-cost method to reduce losses caused by this nematode, thus, it is necessary to search for sources of resistance in these important crops. The objective of this study was to test the reaction of pea, chickpea and lentil cultivars as well as genotypes from the Embrapa Vegetables germplasm bank to *M. enterolobii*. Fourteen pea genotypes were evaluated in a greenhouse: BRS Catarina, BRS Dileta, BRS Forró, BRS Maria, BRS Marina, BRS Mikado, BRS Sulina, Eloá, G40, Itapuã, Mk-13, Petit Poís, Telefone Alta (Alderman) and Torta de Flor Roxa; 6 chickpea genotypes: BRS Toro, BRS Aleppo, CNPH 1604 UPL, BRS Cristalino, BRS Kalifa and BRS Cícero; and 1 lentil genotype: BRS Silvina. The experiment was set in a completely randomized design, with six replicates and repeated once. Each plant was inoculated with 5000 eggs+ J2, and at 65 days after inoculation the following variables were evaluated: gall index (GI), egg mass index (EMI), number of eggs per gram of root (NEGR) and the reproduction factor (RF). All pea, chickpea and lentil genotypes evaluated showed susceptibility, and the pea cultivar 'Itapuã' was intolerant to *M. enterolobii*. Given the importance and prospects of expanding these crops in Brazil, the results of this study contribute to insights regarding host suitability of these crops to *M. enterolobii*, as well as validates the needs for ongoing research to identify new sources of resistance to this important nematode species.

**Key words:** *Cicer arietinum*, *Lens culinaris*, genetic resistance, *Pisum sativum*, root-knot nematode.

## 1. INTRODUÇÃO

As leguminosas exercem papel importante na dieta de milhões de pessoas ao redor do mundo. O ano de 2016 foi declarado pela Organização das Nações Unidas, como o Ano Internacional das Leguminosas (em inglês, “International Year of Pulses”), tendo como propósito elevar a consciência da população sobre a importância desses alimentos tanto para a saúde e nutrição quanto para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental (ONU, 2016).

O termo “pulses”, vem do latim *puls*, atribuído a uma "sopa grossa" sendo usado em referência às sementes secas de espécies ricas em proteínas (Trancoso et al., 2021). Assim, as pulses estão inseridas nesse grupo de leguminosas, pois compreendem as espécies onde os grãos são colhidos secos para o consumo, com destaque para as culturas da ervilha (*Pisum sativum* L.), lentilha (*Lens culinaris* Medik.) e grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).

Apesar da importância das leguminosas, poucos e consistentes trabalhos de melhoramento têm sido conduzidos por empresas públicas e privadas no Brasil (Nascimento et al., 2016), principalmente na busca por fontes de resistência a patógenos importantes como os nematoides.

Neste contexto, as leguminosas, quando cultivadas na mesma área, sem que medidas de controle sejam utilizadas, muitas vezes não sobrevivem ao intenso ataque de fitonematoides. Dentre esses, os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* Göldi, 1887) são limitantes para a produção de grão-de-bico, ervilha e lentilha (El-Nagdi et al., 2019).

Os problemas causados por nematoides nas diversas culturas assumem importância considerável e seu controle requer um conjunto de medidas associadas. O controle químico e biológico demonstrou eficiência na redução da população de nematoides em condições de campo (Tanimola et al., 2017; Osei et al., 2019). Entretanto, no Brasil não há registros de produtos químicos e biológicos para a cultura da lentilha e grão-de-bico (AGROFIT, 2022).

O emprego de cultivares com resistência genética é um dos métodos mais eficientes, econômicos e de baixo impacto ambiental para reduzir perdas causadas por esses organismos (Mattos et al., 2019).

Devido ao avanço dos relatos de *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback, 1983 (sin. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, 1988) no Brasil e a dificuldade no seu manejo, a avaliação da reação de grão-de-bico, ervilha e lentilha a esse nematoide é de grande interesse para os fitomelhoristas e produtores. No aspecto fitotécnico, a resistência das espécies leguminosas a *M. enterolobii* seria mais uma característica de interesse somada a outras vantagens previamente identificadas nesse germoplasma.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de cultivares de grão-de-bico, ervilha e lentilha ao nematoide-das-galhas *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização dos experimentos**

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação e no Laboratório de Nematologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na Unidade Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNP/Embrapa Hortaliças). A unidade se localiza na Rodovia BR-060, Km 09 (Brasília/Anápolis), Fazenda Tamanduá, Gama – Distrito Federal, altitude de 996 metros e coordenadas geográficas de 15°56'00" de latitude Sul e 48°08'00" de longitude a Oeste. Foram instalados e conduzidos dois experimentos em épocas distintas.

### **2.2 Origem e identificação do inóculo**

Fêmeas de *M. enterolobii* coletadas de raízes de pimentão na área de produção de Taquara e Pipiripau no Distrito Federal foram multiplicadas em tomateiros cv. Santa Cruz e mantidas em casa de vegetação. Para a confirmação da espécie, procedeu-se a retirada de fêmeas das raízes de tomateiro e a espécie foi identificada por meio da análise de isoenzimas, de acordo com o fenótipo de esterase En<sub>2</sub>, que apresenta duas bandas principais (Rm: 0,7; 0,9) e duas bandas mais fracas (Rm 0,75; 0,95) (Carneiro & Almeida, 2001).

Para a produção de inóculo, o nematoide foi multiplicado em plantas de tomate cv. Santa Cruz em vasos com capacidade de 5 litros contendo solo autoclavado e inoculadas com suspensão de 5.000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio (J2) por planta. Aos 65 dias após a inoculação, ovos e J2 foram extraídos dos sistemas radiculares das plantas de tomate segundo a técnica de Hussey & Barker (1973) modificada por Bonetti & Ferraz (1981), que consiste em processar o sistema radicular infectado em liquidificador com hipoclorito de sódio a 0,5% e, em sequência, o material processado passou por um conjunto de peneiras sobrepostas de 42 mesh (0,354 mm), 100 mesh (0,149 mm) e 500 mesh (0,025mm de abertura de malha), para a obtenção da suspensão de inóculo que é constituída pelos ovos e eventuais juvenis retidos na peneira de 500 mesh. A suspensão de ovos e J2 foi recolhida em um béquer para contagem e calibração do inóculo em câmara de Peter ao microscópio óptico.

### **2.3 Instalação e condução dos experimentos**

Os experimentos foram conduzidos em duas repetições no tempo: entre 03 de dezembro de 2021 a 09 de fevereiro de 2022 e 26 de abril a 04 de julho de 2022. Para os dois ensaios, as sementes de pulses de cultivares comerciais e da Embrapa foram semeadas em bandejas de poliestireno com 128 células piramidais invertidas (40 mL/célula) em substrato estéril Bioplant

® e mantidas por 25 dias. Dessa forma, as mudas de ervilha, grão-de-bico e lentilha foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 2 litros, contendo uma mistura de solo e areia esterilizada e substrato comercial Bioplant ® (2:1).

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo simples, com seis repetições e uma planta por vaso (parcela). Plantas individuais de ambos os experimentos foram inoculadas com 5000 ovos e eventuais juvenis (J2) de *M. enterolobii* três dias após o transplante das mudas para vasos.

Foram avaliados 14 genótipos (cultivares) de ervilha, 06 de grão-de-bico e 01 de lentilha (Tabela 1). Como padrão de suscetibilidade e resistência e para verificar a viabilidade do inóculo utilizaram-se as cultivares de tomateiro Rutgers e Nemadoro, respectivamente.

**Tabela 1.** Genótipos de ervilha, grão-de-bico e lentilha avaliados em ambos experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022.

	<b>Genótipos</b>	<b>Grupo</b>	<b>Empresa</b>
1	BRS Catarina	Ervilha	Embrapa-CNPH
2	BRS Dileta	Ervilha	Embrapa-CNPH
3	BRS Forró	Ervilha	Embrapa-CNPH
4	BRS Maria	Ervilha	Embrapa-CNPH
5	BRS Marina	Ervilha	Embrapa-CNPH
6	BRS Mikado	Ervilha	Embrapa-CNPH
7	BRS Sulina	Ervilha	Embrapa-CNPH
8	Eloá	Ervilha	Feltrin sementes
9	G40	Ervilha	Sementes Topseed
10	Itapuã	Ervilha	Isla sementes
11	MK-13	Ervilha	Sementes Sakata
12	Petit Poís	Ervilha	Sementes Topseed
13	Telefone alta (Alderman)	Ervilha	Isla sementes
14	Torta de Flor Roxa	Ervilha	Isla sementes
15	BRS Toro	Grão-de-bico	Embrapa-CNPH
16	BRS Aleppo	Grão-de-bico	Embrapa-CNPH
17	CNPH 1604 UPL	Grão-de-bico	Embrapa-CNPH
18	BRS Cristalino	Grão-de-bico	Embrapa-CNPH
19	BRS Kalifa	Grão-de-bico	Embrapa-CNPH
20	BRS Cícero	Grão-de-bico	Embrapa-CNPH
21	BRS Silvina	Lentilha	Embrapa-CNPH
22	Rutgers	Tomate	Padrão/ Suscetível
23	Nemadoro	Tomate	Padrão/Resistência

## 2.4 Avaliação dos experimentos

Em ambos os experimentos, 65 dias após a inoculação, as raízes das plantas foram coletadas e avaliadas as seguintes variáveis nematológicas: Índice de galhas (IG), Índice de

massa de ovos (IMO), Número de ovos+J2 por grama de raiz (NOGR) e o Fator de reprodução (FR). Para os índices de galhas e massa de ovos, as raízes foram avaliadas conforme escala proposta por Taylor & Sasser (1978): índice 1, de 1 a 2 galhas e massas de ovos; índice 2, de 3 a 10; índice 3, de 11 a 30; índice 4, de 31 a 100 e índice 5 maior que 100 e o cálculo do fator de reprodução (FR): a relação entre população final (Pf) e a população inicial (Pi = 5000 ovos +J2) para cada planta. As raízes foram separadas de suas partes aéreas, lavadas e avaliados os seus pesos frescos. Em seguida, foram coradas com Floxina B (6 mg/L) e quantificados, a olho nu quanto aos IG e IMO. Em seguida, foram processadas separadamente, para extração de ovos e eventuais juvenis do segundo estágio de *M. enterolobii* conforme técnicas de Hussey & Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981) para quantificação e determinação do NOGR e FR.

## 2.5 Variáveis ambientais

O monitoramento da temperatura na casa de vegetação foi realizado durante toda a condução dos ensaios com Datalogger posicionado no local. Durante o primeiro ensaio, entre 03 de dezembro de 2021 a 09 de fevereiro de 2022, a temperatura média foi de 28,7°C. Enquanto que as temperaturas máxima e mínima foram de 45,6°C e 10,1°C, respectivamente (Anexo 1). No segundo ensaio, entre 26 de abril a 04 de julho de 2022, a temperatura média foi de 22,7°C, com 31,7°C de temperatura máxima e 14,1°C de temperatura mínima (Anexo 2).

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram transformados por  $\sqrt{x+0,5}$ , para atender aos pressupostos de normalidade de distribuição e homocedasticidade, em seguida submetidos a análise de variância unidirecional (ANAVA), para cada característica, com médias agrupadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (1974), a 5% de significância, utilizando-se o software Genes (Cruz, 2016). Os dados originais foram apresentados nas tabelas. Foram estimados também o coeficiente de variação ambiental (CV), coeficiente de variação genotípico (CVg) e o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), de acordo com Cruz & Regazzi (2001).

$$CV = 100 \times \frac{\sqrt{\text{quadrado médio residual}}}{\text{Média}}$$

$$CV(g) = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\text{Média}}, \text{ sendo } \sigma^2 = \frac{\text{quadrado médio dos genótipos} - \text{quadrado médio residual}}{\text{número de repetições}}$$

$$H^2 = \frac{\text{Quadrado médio dos genótipos} - \text{Quadrado médio residual}}{\text{Quadrado médio dos genótipos}}$$

### 3. RESULTADOS

Houve diferenças significativas entre genótipos com relação à reação ao nematoide *M. enterolobii* como indicado pelas variáveis índice de galhas, índice de massas de ovos, ovos+j2/grama de raiz e fator de reprodução (FR) de acordo com a análise de variância. Houve também diferenças de reação ao nematoide entre os experimentos 1 e 2, de acordo com o IMO e FR (Anexo 3).

Valores elevados de herdabilidade, ou coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), que varia de 0 a 100%, e mede a proporção da variância de ordem genotípica em relação à ambiental, associado a valores próximos ou superiores à unidade da relação entre o coeficiente de variação genotípico sobre o coeficiente de variação experimental ( $CV_g/CV_e$ ) indica, respectivamente, elevada proporção de variância de ordem genética, e boa precisão experimental e confiabilidade nas estimativas obtidas para a maior parte dos caracteres avaliados, exceto para Ovos+J2/grama de raiz (Cruz & Regazzi, 2001).

O fator de reprodução segundo Oostenbrink (1966) mede a influência dos genótipos sobre a reprodução do nematoide, inferindo-se que genótipos que reagem com  $FR = 0$  podem ser considerados imunes (I);  $FR < 1$  demonstra uma reação de resistência (R), enquanto  $FR \geq 1$  pressupõe suscetibilidade (S) do genótipo. Observou-se baixo FR para o padrão de suscetibilidade, tomate Rutgers (FR: 6,12) no período de avaliação 2. Isso pode ser explicado pelas baixas temperaturas durante o período de inverno do experimento (nos meses de Maio e Junho de 2022). No entanto, o estudo mostra que as condições do experimento e dos inóculos foram ideais no período 1, como evidenciado pelo FR dessa cultivar (FR: 26,8).

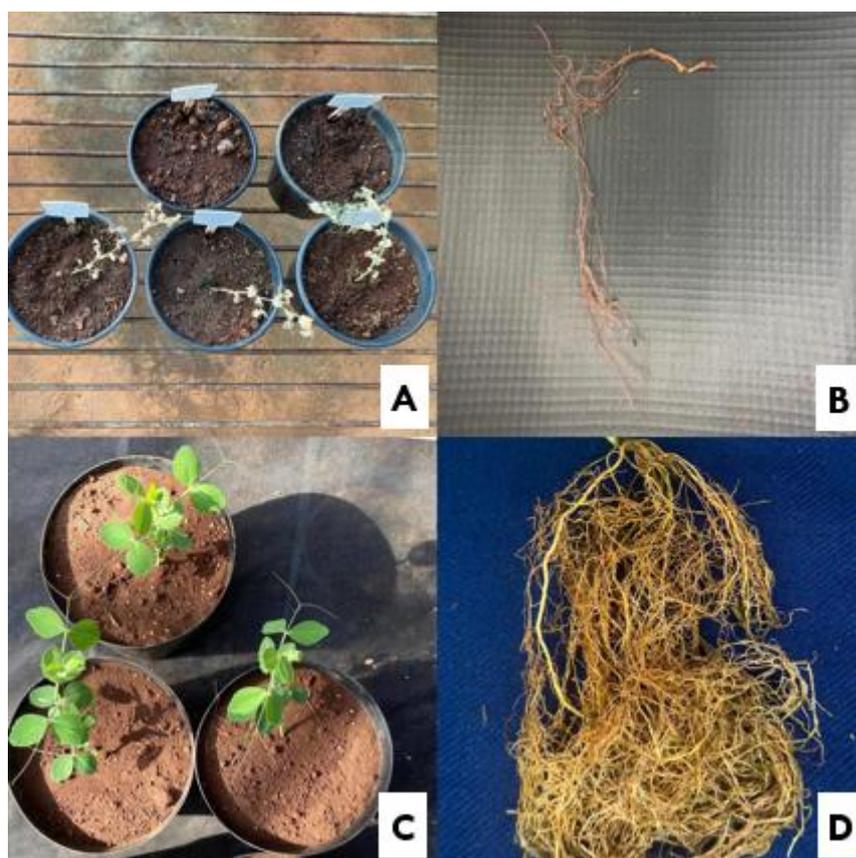
De modo geral, todos os genótipos de grão-de-bico, ervilha, e lentilha avaliados apresentaram fator de reprodução acima de 1, caracterizando-as como suscetíveis ao *M. enterolobii* (Tabela 2). No entanto, vale destacar os genótipos de ervilhas: BRS Catarina (FR: 4,19; 4,40), BRS Forró (FR: 2,17; 1,51), BRS Maria (FR: 2,91; 2,21), BRS Mikado (FR: 3,40; 3,15), Eloá (FR: 3,90; 3,79) e G40 (FR: 2,76; 1,79), com fatores de reprodução estatisticamente abaixo do padrão de resistência Nemadoro (FR: 17,37; 5,99), em ambos os experimentos, portanto, com menor nível de suscetibilidade.

A cultivar Itapuã também apresentou um baixo FR, entretanto, comportou-se como intolerante ao *M. enterolobii* nas condições de ambos os experimentos. Seu baixo fator de

reprodução se explica devido à destruição quase completa de suas raízes ocasionada pelo nematoide em todas as repetições ao final dos dois ensaios (Figura 2).

Todas as cultivares de grão-de-bico e também a de lentilha, foram suscetíveis. No entanto, se observarmos principalmente o primeiro experimento, onde as condições experimentais foram mais favoráveis para a multiplicação dos nematoides, também há diferentes níveis de suscetibilidade, com os genótipos de grão de bico BRS Toro (FR: 9,78), CNPH 1604 UPL (FR: 7,49), BRS Kalifa (FR: 10,42), BRS Cícero (FR: 8,78) e a lentilha BRS Silvina (FR: 5,53) apresentando menores graus de suscetibilidade em comparação com BRS Aleppo (FR: 12,27) e BRS Cristalino (FR: 13,51).

Em relação aos critérios de Taylor (1967) foi possível verificar os níveis de resistência de cada genótipo em ambos os experimentos repetidos de ervilha, lentilha e grão-de-bico a *M. enterolobii*, comparando-se ao padrão de suscetibilidade, tomateiro Rutgers (Tabela 2). No experimento 1, os genótipos de ervilha BRS Catarina, BRS Dileta, BRS Maria, BRS Marina, BRS Mikado e BRS Sulina mostraram-se levemente suscetíveis (LS), enquanto que a Eloá, G40, Petit Poís e Flor Roxa mostraram-se moderadamente resistentes (MoR) e MK 13, Telefone Alta foram muito resistentes (MR). Os genótipos de grão-de-bico BRS Aleppo, BRS Cícer e CNPH 1604 UPL mostraram-se levemente suscetíveis (LS) e os genótipos BRS Toro e BRS Cristalino foram moderadamente resistentes (MoR). O genótipo de lentilha Silvina foi classificada como moderadamente resistente (MoR). No experimento 2, apenas os genótipos de ervilha Eloá e Telefone Alta mostraram-se levemente suscetíveis (LS) e Mk-13 moderadamente resistente (MoR), os demais genótipos de ervilha, grão-de-bico e lentilha também foram classificados como suscetíveis.



**Figura 2.** Cultivar de ervilha ‘Itapuã’. **A, B:** avaliação aos 65 dias após inoculação no experimento 1. **C, D:** avaliação sem inoculação no experimento 2.

Os IG e IMO têm sido utilizados como variáveis auxiliares na determinação da resistência de genótipos de plantas aos nematoides-das-galhas. No geral, houve coincidência de maiores ou menores valores de IG e IMO com os FR dos genótipos. Por exemplo, os genótipos de ervilhas com menores FR, também apresentaram baixos IG e IMO (Tabela 2).

**Tabela 2.** Reação de genótipos de pulses (ervilha, grão-de-bico e lentilha) ao nematoide *Meloidogyne enterolobii* em casa de vegetação aos 65 dias após inoculação para ambos os experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022.

Genótipos	Grupo	IG <sup>1</sup>		IMO <sup>2</sup>	
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2
Catarina	Ervilha	4,75	5,00	4,75 aA	5,00 aA
BRS Dileta	Ervilha	3,33	4,00	4,00 bA	3,50 bA
BRS Forró	Ervilha	5,00	5,00	3,50 bA	2,75 cA
BRS Maria	Ervilha	2,75	1,75	2,75 bA	1,75 cB
BRS Marina	Ervilha	4,75	4,25	4,50 aA	3,50 bB
BRS Mikado	Ervilha	3,25	4,25	3,75 bA	4,25 aA

BRS Sulina	Ervilha	4,75	4,50	4,75 aA	4,50 aA
Eloá	Ervilha	3,75	4,00	3,75 bA	3,75 bA
G40	Ervilha	4,00	3,50	4,75 aA	3,25 bB
Itapuã	Ervilha	5,00	5,00	5,00 aA	5,00 aA
Mk13	Ervilha	4,00	5,00	4,25 aA	5,00 aA
Petit Poís	Ervilha	4,00	3,00	4,25 aA	2,50 cB
Telefone Alta	Ervilha	4,25	5,00	4,50 aA	4,50 aA
Flor Roxa	Ervilha	5,00	5,00	5,00 aA	5,00 aA
BRS Toro	Grão-de-bico	5,00	4,75	5,00 aA	3,00 bB
BRS Aleppo	Grão-de-bico	5,00	5,00	4,50 aA	4,00 aA
CNPH 1604 UPL	Grão-de-bico	5,00	5,00	4,00 bA	4,50 aA
BRS Cristalino	Grão-de-bico	5,00	5,00	4,75 aA	5,00 aA
BRS Kalifa	Grão-de-bico	5,00	5,00	5,00 aA	4,75 aA
BRS Cícero	Grão-de-bico	5,00	4,75	5,00 aA	4,25 aA
BRS Silvina	Lentilha	3,75	4,75	3,50 bA	3,50 bA
Rutgers	Tomate	5,00	5,00	5,00 aA	4,25 aA
Nemadoro	Tomate	5,00	4,75	5,00 aA	3,50 bB

Genótipos		Ovos+J2/g raiz <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup> /Reação	FR <sup>4</sup> /Reação
		Média dos dois experimentos	Experimento 1	Experimento 2
BRS Catarina	Ervilha	21308,33 a	4,19 eA / S	4,40 bA / S
BRS Dileta	Ervilha	5901,09 b	4,17 eA / S	5,14 aA / S
BRS Forró	Ervilha	4660,83 b	2,17 eA / S	1,51 bA / S
BRS Maria	Ervilha	2519,63 b	2,91 eA / S	2,21 bA / S
BRS Marina	Ervilha	7556,76 b	7,76 dA / S	5,87 aA / S
BRS Mikado	Ervilha	1703,41 b	3,40 eA / S	3,15 bA / S
BRS Sulina	Ervilha	18992,54 a	9,42 dA / S	7,65 aA / S
Eloá	Ervilha	3625,27 b	3,90 eA / S	3,79 bA / S
G40	Ervilha	1229,58 b	2,76 eA / S	1,79 bA / S
Itapuã	Ervilha	33937,50 a	1,50 eA / S	1,07 bA / S
Mk13	Ervilha	16114,84 a	6,32 dA / S	6,53 aA / S
Petit Poís	Ervilha	2199,78 b	3,93 eA / S	3,72 bA / S
Telefone Alta	Ervilha	10762,34 b	10,03 dA / S	4,82 aB / S
Flor Roxa	Ervilha	14976,27 a	13,31cA / S	6,38 aB / S
BRS Toro	Grão-de-bico	5429,77 b	9,78 dA / S	6,64 aA / S
BRS Aleppo	Grão-de-bico	6925,05 b	12,27 cA / S	6,62 aB / S
CNPH 1604 UPL	Grão-de-bico	6889,68 b	7,49 dA / S	5,22 aA / S

BRS Cristalino	Grão-de-bico	3664,65 b	13,51cA / S	10,76 aA / S
BRS Kalifa	Grão-de-bico	7364,98 b	10,42 dA / S	6,41 aB / S
BRS Cícero	Grão-de-bico	8461,51 b	8,78 dA / S	6,20 aA / S
BRS Silvina	Lentilha	7027,73 b	5,53 eA / S	5,17 aA / S
Rutgers	Tomate	2219,04 b	26,81 aA / S	6,12 aB / S
Nemadoro	Tomate	1094,69 b	17,37 bA / S	5,99 aB / S
<b>Genótipos</b>		<b>IR%<sup>5</sup> Experimento 1 / Classificação</b>	<b>IR%<sup>5</sup> Experimento 2 / Classificação</b>	
BRS Catarina	Ervilha	37,27 cB / LS	110,29 bA / S	
BRS Dileta	Ervilha	27,62 cB / LS	87,80 bA / S	
BRS Forró	Ervilha	52,45 bB / S	177,39 aA / S	
BRS Maria	Ervilha	46,87 bB / LS	117,66 bA / S	
BRS Marina	Ervilha	41,62 bB / LS	108,66 bA / S	
BRS Mikado	Ervilha	30,72 cB / LS	104,89 bA / S	
BRS Sulina	Ervilha	29,57 cB / LS	106,70 bA / S	
Eloá	Ervilha	11,13 cA / MoR	37,16 dA / LS	
G40	Ervilha	15,98 cB / MoR	85,27 bA / S	
Itapuã	Ervilha	8,92 cA / MR	27,59 dA / LS	
Mk13	Ervilha	6,50 cA / MR	19,88 dA / MoR	
Petit Poís	Ervilha	14,53 cB / MoR	65,33 cA / S	
Telefone Alta	Ervilha	10,58 cA / MR	30,51 dA / LS	
Flor Roxa	Ervilha	14,66 cB / MoR	64,47 cA / S	
BRS Toro	Grão-de-bico	13,04 cB / MoR	55,37 cA / S	
BRS Aleppo	Grão-de-bico	36,03 cB / LS	131,21 bA / S	
CNPH 1604 UPL	Grão-de-bico	24,93 cB / LS	111,88 bA / S	
BRS Cristalino	Grão-de-bico	16,14 cB / MoR	70,85 cA / S	
BRS Kalifa	Grão-de-bico	51,37 bB / S	108,78 bA / S	
BRS Cícero	Grão-de-bico	37,52 cB / LS	83,48 bA / S	
BRS Silvina	Lentilha	20,89 cB / MoR	84,73 bA / S	
Rutgers	Tomate	100,00 aA / S	100,00 bA / S	
Nemadoro	Tomate	66,27 bB / S	102,80 bA / S	

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada característica avaliada, diferiram significativamente de acordo com Scott & Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>IG e <sup>2</sup>IMO: índice de galhas e massa de ovos de acordo com Taylor & Sasser (1978); <sup>3</sup>O+J2: número de ovos e J2 por grama de raiz; <sup>4</sup>FR: fator de reprodução = População final/população inicial (5000 ovos e eventuais J2). Reação: grau de resistência (R= resistente e S= suscetível) considerando resistentes os genótipos com FR menor que 1 e, suscetíveis, aqueles que apresentaram FR maior ou igual a 1 (Oostenbrink, 1966). <sup>5</sup>IR%: Índice de reprodução conforme o critério de classificação

proposto por Taylor (1967), onde S = Suscetível (IR > 50%), LS = Ligeiramente suscetível (IR = 26 - 50%), MoR = Moderadamente resistente (IR = 11 - 25%), MR = Muito resistente (IR = 1 - 10%), AR = Altamente resistente (IR < 1%) e I = Imune (IR = 0).

#### 4. DISCUSSÃO

O presente estudo está entre os pioneiros quanto à reação de grão-de-bico, ervilha e lentilha a nematoides das galhas. Além dos estudos de Sharma & Gomes (1992) com lentilhas e os de Lordello & Lordello (1993), Bernardes Neto et al. (2019) e Santos et al. (2021) com grão-de-bico, ainda não há relatos sobre a reação e manifestação sintomatológica de cultivares de ervilha e lentilha cultivadas no Brasil parasitadas por *Meloidogyne* spp. Esta carência de estudos não se limita ao Brasil. No País, o único estudo envolvendo *M. enterolobii* para essas culturas foi o de Bernardes Neto et al. (2019) para grão-de-bico.

Neste estudo os acessos de pulses (grão-de-bico, lentilha e ervilha), exceto a cultivar Itapuã de ervilha (intolerante) foram suscetíveis a *M. enterolobii*, concordando com a literatura, que indica também que tais culturas são suscetíveis a outras espécies do mesmo gênero (Sharma & Gomes, 1992; Lordello & Lordello, 1993; Sharma et al., 2000; Ansari et al., 2004; Bittencourt & Silva, 2010; Bernardes Neto et al., 2019).

O mesmo também se observa em outras espécies de plantas da família das Leguminosas, dentre elas o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), onde Baida et al. (2011) descreveram a suscetibilidade desta cultura a *M. javanica* e *M. paranaenses* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida, 1996; o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) onde Bittencourt & Silva (2010) observaram a suscetibilidade desta cultura a *M. incognita* e *M. enterolobii*. No entanto, Kumar et al. (2020), avaliaram a reação a campo a *M. javanica* de 30 genótipos de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e verificaram que 19 foram altamente resistentes, 2 resistentes e 3 moderadamente resistentes. Os autores avaliaram também 14 genótipos de feijão mungo (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) e verificaram que a grande maioria foi suscetível, entretanto, quatro genótipos apresentaram reação moderadamente resistente.

**Grão-de-bico** – Os seis genótipos de grão-de-bico avaliados neste estudo, dos quais cinco já são cultivares disponíveis no mercado, todos se comportaram com reação de suscetibilidade a *M. enterolobii*, como a cultivar IAC-Marrocos avaliada por Lordello & Lordello (1993) para os nematoides *M. javanica*, *M. arenaria* raça 2 e *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4. Os autores, verificaram que esta cultivar foi suscetível a todas as espécies de nematoides avaliadas, principalmente à raça 2 de *M. incognita*, com plantas atingindo a nota máxima (5).

Em outro estudo, Sharma et al. (2000) buscaram identificar acessos de grão-de-bico pertencentes ao banco de germoplasma do International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) com resistência ao *M. javanica*. Entre os 47 acessos de grão-de-bico avaliados tendo como testemunha a cultivar de tomateiro ‘Rutgers’, os autores observaram que a maioria dos tratamentos apresentaram sintomas de ataques severos de *M. javanica*, contudo selecionaram 11 acessos promissores para utilização em um programa de melhoramento visando a obtenção de cultivares tolerantes e/ou resistentes ao nematoide. Os mesmos autores, levaram estes onze acessos promissores a campo e os cultivaram em um solo infestado por *M. incognita* raça 1 e *M. javanica* (população média por amostra 7.7 a 10.5 juvenis por g/solo respectivamente). Novamente esses acessos apresentaram os mesmos sintomas e danos que ocorreram nos ensaios em vasos. Após a realização destas avaliações os autores chegaram à conclusão de que dos onze acessos promissores, apenas um apresentou desempenho adequado e foi considerado como tolerante, tanto em vaso quanto a campo.

Ansari et al. (2004) avaliaram quatro genótipos de grão-de-bico para resistência a *M. javanica*, em campo naturalmente infestado, e verificaram que todos os acessos foram suscetíveis, apesar de terem apresentado rendimento de grãos maior do que a testemunha, estes não apresentaram resistência e nem tolerância a espécie de nematoide-das-galhas estudada.

Bernardes Neto et al. (2019) avaliaram a reação de 6 genótipos de grão de bico a *M. incognita* e *M. enterolobii*, dentre eles BRS Cícero, e verificaram que muito embora tenha sido possível observar diferenças nos níveis de suscetibilidade para *M. enterolobii*, com BRS Cícero tendo dentre aqueles com menor nível de suscetibilidade, o que concorda com o presente estudo, não foi possível a identificação de genótipos resistentes a esses nematoides.

Kumar et al. (2020) avaliaram 71 genótipos de grão de bico ao *M. javanica* em condições de campo, e verificaram que 19 foram altamente resistentes, 8 resistentes e 12 foram moderadamente resistentes. De maneira semelhante, Santos et al. (2021) avaliaram a campo 6 cultivares de grão-de-bico para a reação ao *M. javanica*, dentre eles BRS Aleppo, BRS Cícero, BRS Cristalino, BRS Kalifa, BRS Toro e o genótipo Jamu 96, e verificaram que todos foram resistentes a esse nematoide, principalmente Jamu 96 e a cultivar BRS Kalifa.

Contrariamente, os resultados obtidos por Santos et al. (2021) em condições de campo infestado com *M. javanica* não foram confirmados pelo presente estudo em casa de vegetação para os genótipos BRS Aleppo, BRS Cícero, BRS Cristalino, BRS Kalifa, BRS Toro inoculados com *M. enterolobii* em que nenhum dos genótipos estudados se mostrou satisfatoriamente resistente a *M. enterolobii*, embora todos os genótipos de grão de bico avaliados, pertencendo a ambos os grupos formados a partir da análise estatística, apresentaram valores de FR

inferiores às testemunhas de suscetibilidade e de resistência, tomateiros cv. Rutgers e Nemadoro (FR equivalente a 26,81 e 17,37, respectivamente). Por outro lado, a análise do FR do primeiro experimento permitiu separá-los em diferentes grupos de suscetibilidade, sendo o grupo de maior suscetibilidade constituído por BRS Aleppo e BRS Cristalino (FR equivalente a 12,27 e 13,51, respectivamente) e o grupo de menor suscetibilidade formado por BRS Toro, CNPH 1604 UPL, BRS Kalifa e BRS Cícero (FR variando de 7,49 a 10,42). Embora apresentando valor FR inferiores aos demais genótipos no conjunto nos dois experimentos realizados, o genótipo CNPH 1604 UPL não foi estatisticamente diferente dos demais.

Embora haja evidência da existência de resistência em grão-de-bico a nematoides das galhas como demonstrado para *M. javanica* em condições de campo (Kumar et al., 2020; Santos et al., 2021) é importante ressaltar, que os genótipos de grão-de-bico, avaliados no presente estudo apresentaram alta suscetibilidade ao *M. enterolobii*, com valores de IMO e IG equivalentes ou próximos ao máximo (5,0) e também pelos elevados valores do fator de reprodução, que variaram de 5,17 a 13,51 nos dois experimentos.

**Lentilha** - A lentilha (*Lens culinaris*) é mais plantada nos meses de maio a agosto no Centro-Oeste do Brasil, principalmente no Distrito Federal, onde é cultivada sob irrigação por aspersão, principalmente por meio de pivô central. Sharma & Gomes (1992) observaram uma expressiva infestação de *M. javanica* em forma de reboleiras em plantações do Planalto Central, e comprovaram experimentalmente que a cultivar de lentilha CNPH-237 se comportou como altamente suscetível a duas populações dessa espécie de nematoides. No presente estudo, apenas a cultivar Silvina foi avaliada quanto à reação a *M. enterolobii*, tendo esta se comportado como suscetível. A escassez de informações sobre a reação de genótipos de ervilha aponta para a necessidade de busca de resistência a *M. enterolobii* e a outras espécies de *Meloidogyne*.

**Ervilha** – Dos 14 genótipos de ervilha (*Pisum sativum*) avaliados no presente estudo, 13 comportaram como suscetíveis, com FR variando de 1,51 a 13,51 entre os dois ensaios e, uma (Itapuã) como intolerante com FR de 1,5 e 1,07 no primeiro e segundo ensaio, respectivamente. Charchar et al. (2005) avaliaram a reação de seis acessos de ervilhas sob diferentes lâminas de irrigação a *M. incognita* raça 1. Os autores observaram alta severidade no nematoide e que os Índices de Galhas (IG) não apresentaram distinções entre os acessos nos diferentes tipos de lâminas de irrigação, assim como não apresentaram diferenças estatísticas quanto ao fator de reprodução.

Sharma e Fonseca (2000) avaliaram em casa de vegetação a cultivar de ervilha Trioфин inoculada com *M. javanica* para observar suas interações, com diferentes níveis de inóculos (0, 10, 100, 1000 e 10.000 ovos/kg de solo). Os autores concluíram que à medida que se aumentaram os níveis de infestação de *M. javanica* na ervilha, houve redução dos índices de matéria seca e matéria fresca nas raízes e na parte aérea, demonstrando que a ervilha é altamente suscetível a esse nematoide.

Tendo em vista os resultados do presente estudo, e considerando que *Meloidogyne* spp. são os principais nematoides que causam danos a plantas da família das leguminosas, há a necessidade de novos estudos visando à identificação de fontes de resistência em bancos de germoplasma para posterior desenvolvimento de cultivares resistentes através de cruzamentos. Embora não tenha havendo encontrado fontes de resistência a *M. enterolobii* entre os genótipos avaliados das três culturas, os resultados deste estudo contribuem também no sentido de evitar o plantio desses genótipos em solos infestados por *M. enterolobii*.

## 5. CONCLUSÕES

Exceto a cultivar de ervilha “Itapuã” que comportou-se como intolerante, todos os genótipos de ervilha, grão-de-bico e lentilha avaliados apresentaram suscetibilidade a *M. enterolobii*.

Diante da importância e das perspectivas de expansão dessas culturas no cenário brasileiro, os resultados deste estudo contribuem significativamente para o conhecimento em relação à hospedabilidade deste nematoide nessas culturas, como também demonstra a necessidade de futuras pesquisas para seleção de genótipos com resistência a *M. enterolobii*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. 2022. Consulta de Praga/Doença. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Consultado em: 22 de jul. 2022.

ANSARI, M.A.; PATEL, B.A.; MHASE, N.L.; PATEL, D.J.; DOUAIK, A.; SHARMA, S.B. 2004. Tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines to root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* (Treb) Chitwood. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(4): 449–453.

BAIDA, F.C.; SANTIAGO, D.C.; TAKAHASHI, L.S.A.; ATHANAZIO, J.C.; CADIOLO, M.C.; LEVY, R.M. 2011. Reação de linhagens de feijão-vagem ao *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis* em casa-de-vegetação. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33: 237-241.

BERNARDES NETO, J.F.; PINHEIRO, J.B.; SILVA, G.O.; BISCAIA, D.; MACEDO, A.G.; SILVA, P.P.; NASCIMENTO, W.M. 2019. Reação de genótipos de grão-de-bico aos nematoides-das-galhas *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne enterolobii*. *Revista Agrária Brasileira*, 2: 63-70.

BITENCOURT, N.V.; SILVA, G.S. 2010. Reação de genótipos de fava a *Meloidogyne incognita* e *M. enterolobii*. *Nematologia Brasileira*, 34(3): 184-186.

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. 1981. Modifications of the Hussey and Barker method for extracting eggs from *Meloidogyne exigua* in coffee roots. *Fitopatologia Brasileira*, 6: 553.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A. 2001. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, 25(1): 35-44.

CHARCHAR, J.M.; MAROUELLI, W.A.; GIORDANO, L.B.; ARAGÃO, F.A.S. 2005. Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 1 e produtividade de cultivares de ervilha sob diferentes lâminas de água. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 989-995.

CRUZ, CD; REGAZZI, AJ. 2001. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 1st ed. Imprensa Universitária. Viçosa.

CRUZ, C.D. 2016. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum Agronomy*, 38: 547-552.

EL-NAGDI, W.; YOUSSEF, M.; EL-KHAIR, H.A.; ABD-ELGAWAD, M.M. 2019. Effect of certain organic amendments and *Trichoderma* species on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, infecting pea (*Pisum sativum* L.) plants. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29(1): 1-9.

HUSSEY R.S.; BARKER KR. 1973. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter, 57: 1025-1028.

KUMAR, A.; PATIL, J.A.; YADAY, S.; RAM, S. 2020. Screening, confirmation and field evaluation of promising resistant germplasm of different pulses against root knot nematode, *Meloidogyne javanica*. Journal of Environmental Biology, 41: 1594-1598.

LORDELLO, R.R.A.; LORDELLO, A.I.L. 1993. Suscetibilidade de grão-de-bico a nematoides das galhas. In: XV Congresso Brasileiro de Nematologia 17, 1993, Botucatu: SBN.

MATTOS, V.S.; LEITE, R.R.; CARES, J.E.; GOMES, A.C.M.M.; MOITA, A.W.; LOBO, V.L.S.; CARNEIRO, R.M.D.G. 2019. *Oryza glumaepatula*, a new source of resistance to *Meloidogyne graminicola* and histological characterization of its defense mechanisms. Phytopathology, 109(11): 1941-1948.

NASCIMENTO, W.M.; SILVA, P.; ARTIAGA, O.P.; SUINAGA, F.A. 2016. Grão-de-bico. In: Embrapa (Ed.). Hortaliças Leguminosas. 1st ed. Embrapa Hortaliças. Brasília. p. 89.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2005. Declaração Universal dos Direitos Humanos. Disponível em <http://www.onu-brasil.org.br/documentosdireitoshumanos>. Consultado em: 12 fev. 2022.

OOSTENBRINK, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededelingen Landbouw, 66: 1-46.

OSEI, K.; FENING, J.O.; GOWEN, S.R. 2019. The potential of four non traditional legumes in suppressing the population of nematodes in two Ghanaian soils. African Journal of Soil Science, 7(3): 1-6.

SANTOS, L.P. dos; PEREIRA, W.J.; SILVA, D.Z. da; GONÇALVES, D.J.; ALVES, G.C.S.; PINHEIRO, J.B.; SILVA, G.O. da; MELO, R.A.; NASCIMENTO, W.M.; SILVA, P.P. 2021. Resistência de genótipos de grão-de-bico a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus* em condições de campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56: 1-8.

SCOTT, K.; KNOTT, M.A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30: 507-512.

SHARMA, R.D.; GOMES, A.C. 1992. Patogenicidade de *Meloidogyne javanica* no crescimento de lentilha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27: 759-762.

SHARMA, S.B.; MOHIUDDIN, M.; REDDY, M.V.; SINGH, O.; REGO, T.J.; SINGH, U. 1994. Tolerance in chickpea to *Meloidogyne javanica*. *Fundamental Applied Nematology*, 18(3): 197-203.

SHARMA, R.D.; FONSECA, C.E.L. 2000. Efeito de *Meloidogyne javanica* no crescimento da ervilha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 115-122.

TANIMOLA, A.A.; FAWOLE, B.; CLAUDIUS-COLE, A.O. 2017. Comparative profitability of managing *Meloidogyne incognita* on cowpea (*Vigna unguiculata*) using carbofuran and pulverized aloe keayi leaves. *Tropicultura*, 35(2):137-145.

TAYLOR, A.L. 1967. Introduction to research on plant nematology: a FAO guide to study and control of the plant parasitic nematodes. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, p.113.

TAYLOR, D.T.; SASSER, J.N. 1978. Biology identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh, North Carolina State University. p.111.

TRANCOSO, A.C.R.; DIAS, D.C.F.D.S.; PICOLI, E.A.D.T.; SILVA JUNIOR, R.A.D.; SILVA, L.J.D.; NASCIMENTO, W.M. 2021. Alterações anatômicas, histoquímicas e fisiológicas durante a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 52(4): 38-46.

TRUDGILL, D.L. 1991. Resistance and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology*, 29: 167-192.

# CAPÍTULO 3

---

---

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE PIMENTAS A *Meloidogyne*  
*enterolobii*

## RESUMO

O nematoide-das-galhas, *Meloidogyne enterolobii*, se tornou motivo de alerta em diversas regiões agrícolas do mundo, especialmente no Brasil, após sua detecção em 2001. *Meloidogyne enterolobii* é muito agressivo no parasitismo das raízes e é capaz de atacar cultivares resistentes a outras espécies do gênero *Meloidogyne*. Considerando-se o grande impacto de *M. enterolobii* em *Capsicum* spp. e a necessidade urgente de se disponibilizarem cultivares resistentes ao nematoide, o presente estudo teve como objetivo avaliar a reação de genótipos de pimenta das espécies *Capsicum chinense* e *C. annuum* a *M. enterolobii*. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças, Brasília – DF. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 4 repetições para a avaliação de 27 genótipos de pimenta da espécie *C. chinense* e 7 genótipos de pimenta da espécie *C. annuum*, sendo 1 planta/vaso a unidade experimental. Como padrão de suscetibilidade, utilizou-se a cultivar de tomate ‘Rutgers’. Os experimentos foram conduzidos em vasos plásticos (2 L) contendo solo autoclavado. Aos 7 dias após o transplântio, as plantas foram inoculadas com uma suspensão de inóculo (5000 ovos + eventuais juvenis do segundo estágio) de *M. enterolobii*. Aos 65 dias após a inoculação, as seguintes variáveis nematológicas foram avaliadas: índice de galhas (IG), índice de massa de ovos (IMO), número de ovos + J2 por grama de raiz (NOGR) e fator de reprodução (FR) do nematoide. Todos os genótipos permitiram a reprodução de *M. enterolobii*. Os valores de IG e IMO foram maiores ou iguais a 3,0 e os de FR variaram de 1,39 a 9,66 para os genótipos avaliados. O NOGR variou significativamente entre os genótipos, mostrando a existência de variabilidade genética para esta característica.

**Palavras-chaves:** agressividade, *Capsicum*, nematoide-das-galhas, resistência genética, suscetibilidade.

## ABSTRACT

PINTO, Thávio Júnior Barbosa. Reaction of pepper genotypes to *Meloidogyne enterolobii*. 2022. 104p. Dissertation (Master's degree in Plant pathology) – University of Brasília, Brasília, DF, Brazil.

The root-knot nematode, *Meloidogyne enterolobii*, has become a threat to crop production globally, especially in Brazil after its first detection in 2001. *Meloidogyne enterolobii* is very aggressive and capable to overcome plant resistance reported to other *Meloidogyne* spp. Considering the great impact of *M. enterolobii* on *Capsicum* spp. and the urgent need to develop resistant cultivars to this nematode, the objective of this study was to evaluate the host suitability of pepper genotypes within *Capsicum chinense* and *C. annuum* to *M. enterolobii*. The experiments were carried out under greenhouse in a completely randomized block design with 27 pepper genotypes (*C. chinense*) and 7 genotypes of *C. annuum* and 4 replicates with 1 plant per pot containing sterilized soil. Tomato cv. 'Rutgers' was used as susceptible standard. Plants were inoculated with 5000 eggs+J2. At 65 days after inoculation the following traits were evaluated: gall index (GI), egg mass index (EMI), number of eggs + J2 per gram of root (NEGR) and the nematode reproduction factor (RF). All genotypes were susceptible to *M. enterolobii*. The GI and EMI values were greater than or equal to 3.0 and the RF values ranged from 1.39 to 9.66 for the genotypes evaluated. The NEGR varied significantly among genotypes, showing the existence of genetic variability for this trait.

**Key words:** aggressiveness, *Capsicum*, genetic resistance, root-knot nematode, susceptibility.

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar do centro de origem do gênero *Capsicum* ser o continente americano, as pimentas ganharam o mundo e atualmente dominam o mercado mundial de especiarias picantes (DeWitt & Bosland, 2009). Estima-se que cerca de 1/3 da população mundial consome pimentas. A produção média mundial de *Capsicum* (pimentas e pimentões) em 2018 foi de aproximadamente 4,2 milhões de toneladas de produtos secos e 36,8 milhões de toneladas de produtos frescos, cultivados em cerca de 3,8 milhões de hectares (FAO, 2019). No Brasil, o cultivo de pimentas e pimentão é realizado em todas as regiões, com uma área anual estimada de 13 mil hectares e produção total de 280 mil toneladas e mercado anual estimado em US\$ 80 milhões (Ribeiro et al., 2015).

O cultivo de *Capsicum* spp. tem sido severamente afetado por diversas enfermidades de diferentes etiologias e também por falta de adaptação às diferentes condições abióticas. Entre as doenças de importância econômica, destacam-se a mancha e queda foliar causadas pelas bactérias *Xanthomonas* spp., murcha de planta causada por bactérias do complexo *Ralstonia*, os mosaicos causados por diferentes espécies de potyvirus e os nematoides-das-galhas (Lima et al., 2017).

Os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) são patógenos de solo altamente nocivos às pimentas (Pinheiro et al., 2014). Além da formação de galhas que bloqueiam o sistema vascular da planta (Soares et al., 2018), as raízes danificadas tornam-se porta de entrada para fungos e bactérias, aumentando os danos à cultura (Mota et al., 2013). São descritas cerca de 100 espécies pertencentes ao gênero *Meloidogyne* (Khan et al., 2017), no entanto, *M. incognita* e *M. javanica* são as espécies que mais impactam a produção de *Capsicum* (Wang et al., 2018). Recentemente, *M. enterolobii* está ganhando importância, uma vez que fontes de resistência genética às demais espécies de *Meloidogyne*, parecem ser menos eficientes no caso dessa espécie emergente (Pinheiro et al., 2020).

Essa busca por germoplasma com resistência para a geração de cultivares é considerada a melhor estratégia para possibilitar o manejo integrado de doenças e pragas, pois são fáceis de serem adotadas pelos agricultores e resultam em menos impactos ambientais do que qualquer outra estratégia de controle de doenças (Granke et al., 2012; Pinheiro et al., 2020).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de resistência de genótipos de pimentas e pimentões (*Capsicum chinense* e *C. annuum*) a *M. enterolobii*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização do experimento**

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação e no Laboratório de Nematologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na Unidade Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNP/Embrapa Hortaliças). A unidade se localiza na Rodovia BR-060, Km 09 (Brasília/Anápolis), Fazenda Tamanduá, Gama – Distrito Federal, altitude de 996 metros e coordenadas geográficas de 15°56'00" de latitude Sul e 48°08'00" de longitude a Oeste. Foram instalados e conduzidos dois experimentos: o primeiro para avaliação de genótipos de *Capsicum chinense* e o segundo para avaliação de genótipos de *Capsicum annum* (Tabela 3). Os experimentos foram realizados no período de 15 de março a 19 de maio de 2022.

### **2.2 Origem e identificação do inóculo**

A partir de ovos extraídos de fêmeas de *M. enterolobii* coletadas de raízes de pimentão na área de produção dos núcleos rurais de Taquara e Pipiripau no Distrito Federal, o nematoide foi multiplicado em tomateiros cv. Santa Cruz e mantidos em casa de vegetação. Para a confirmação da espécie, procedeu-se a retirada de fêmeas das raízes de tomateiro e o nematoide foi identificado por meio da análise de isoenzimas, de acordo com o fenótipo de esterase En<sub>2</sub>, que apresenta duas bandas principais (Rm: 0,7; 0,9) e duas bandas mais fracas (Rm 0,75; 0,95) (Carneiro & Almeida, 2001).

Para a produção de inóculo, o nematoide *M. enterolobii* foi multiplicado em plantas de tomate cv. Santa Cruz em vasos com capacidade de 5 litros contendo solo autoclavado, a partir da inoculação de suspensão de 5000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio (J2) por planta. Aos 65 dias após a inoculação, ovos e J2 foram extraídos dos sistemas radiculares das plantas de tomate segundo o método de Hussey & Barker (1973) modificado por Bonetti & Ferraz (1981), que consiste em processar o sistema radicular infectado em liquidificador com hipoclorito de sódio a 0,5% e, na sequência, passar o processado por um conjunto de peneiras sobrepostas de 42, 100 e 500 mesh, para a obtenção da suspensão de inóculo constituída por ovos e eventuais juvenis retidos na peneira de 500 mesh. A suspensão de ovos e J2 foi recolhida em um béquer para contagem e calibração do inóculo em câmara de Peter ao microscópio óptico.

### 2.3 Instalação e condução dos experimentos

Inicialmente, os genótipos de *Capsicum* spp. do programa de melhoramento da Embrapa Hortaliças foram semeados em bandejas de poliestireno com 128 células piramidais invertidas (40 mL/célula). Aos 20 dias após a emergência das plântulas, foram transplantadas para vasos com capacidade de 2 litros, contendo uma mistura de solo e areia esterilizada e substrato comercial Bioplant® (2:1).

O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições e uma planta por parcela. Sendo assim, foram inoculados 5000 ovos e eventuais juvenis (J2) de *M. enterolobii* por planta.

No primeiro experimento foram avaliados 26 genótipos de pimenta da espécie *Capsicum chinense* e uma cultivar lançada em 2016 pela Embrapa Hortaliças: BRS Nandaia (Tabela 3).

No segundo experimento foram avaliados 5 genótipos e duas cultivares, BRS Acará e BRS Sarakura da espécie *C. annuum* (Tabela 3). Como padrão de suscetibilidade para ambos os experimentos utilizou-se a cultivar de tomateiro Rutgers.

**Tabela 3.** Genótipos de *Capsicum* avaliados nos dois experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022.

Experimento 1:			
Número	Código CNPH	Espécie	Tipo
1	55.001	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
2	55.002	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
3	55.122	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
4	55.123	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
5	55.136	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
6	55.139	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
7	55.142	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
8	55.148	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
9	55.155	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
10	55.157	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
11	55.159	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
12	55.160	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
13	55.161	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
14	55.162	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
15	55.163	<i>C. chinense</i>	De Cheiro
16	60.008-3	<i>C. chinense</i>	Murupi
17	60.008-4	<i>C. chinense</i>	Murupi
18	60.042-2	<i>C. chinense</i>	Murupi
19	60.043-2	<i>C. chinense</i>	Murupi
20	60.044-3	<i>C. chinense</i>	Murupi
21	60.045-2	<i>C. chinense</i>	Murupi
22	60.046-1	<i>C. chinense</i>	Murupi
23	60.047-5	<i>C. chinense</i>	Murupi
24	60.048-3	<i>C. chinense</i>	Murupi
25	15.348	<i>C. chinense</i>	Habanero

26	15.749	<i>C. chinense</i>	Habanero
27	BRS Nandaia	<i>C. chinense</i>	Habanero - Controle
<b>Experimento 2:</b>			
28	30.370	<i>C. annuum</i>	Jalapeño
29	30.371	<i>C. annuum</i>	Jalapeño
30	30.647	<i>C. annuum</i>	Jalapeño
31	30.649	<i>C. annuum</i>	Jalapeño
32	50.319-3	<i>C. annuum</i>	Cayenne
33	BRS Acará	<i>C. annuum</i>	Porta-enxerto- Controle
34	BRS Sarakura	<i>C. annuum</i>	Jalapeño - Controle
35	Padrão Suscetível	<i>Solanum</i>	Rutgers
	para ambos ensaios	<i>lycopersicum</i>	

## 2.4 Avaliação dos experimentos

Sessenta e cinco dias após a inoculação, as raízes das plantas foram coletadas e avaliadas as seguintes variáveis: índice de galhas (IG), índice de massa de ovos (IMO), número de ovos + J2 por grama de raiz (NOGR) e o fator de reprodução (FR). Para os índices de galha e massa de ovos, as raízes foram avaliadas conforme escala proposta por Taylor & Sasser (1978): índice 1, de 1 a 2 galhas e massas de ovos; índice 2, de 3 a 10; índice 3, de 11 a 30; índice 4, de 31 a 100 e índice 5 maior que 100 e o cálculo do fator de reprodução (FR) a relação entre população final (Pf) e população inicial (Pi) do nematoide em cada planta. As raízes foram separadas de suas partes aéreas, lavadas e avaliados os seus pesos frescos. Em seguida, foram coradas com Floxina B (6 mg/L) e quantificados a olho nu quanto aos índices de galhas e massas de ovos. Em seguida, processadas separadamente, para extração de ovos e juvenis conforme técnica de Hussey & Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981) para quantificação e determinação do fator de reprodução (Oostenbrink, 1966).

## 2.5 Variáveis ambientais

O monitoramento da temperatura na casa de vegetação foi realizado durante toda a condução dos ensaios com Datalogger posicionado no local. Durante o período de ambos os experimentos, entre 15 de março a 19 de maio de 2022, a temperatura média foi de 31,6°C. Enquanto que as temperaturas máxima e mínima foram de 50,7 °C e 6,6 °C, respectivamente (Anexo 5).

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram transformados por  $\sqrt{x+0,5}$ , para atender aos pressupostos de normalidade de distribuição e homocedasticidade, apresentando os valores originais, e

submetidos a análise de variância unidirecional (ANAVA), para cada característica, com médias agrupadas pelo teste de agrupamento por Scott & Knott (1974), a 5% de significância de ( $P \leq 0,05$ ), utilizando-se o software Genes (Cruz, 2016). Os dados originais foram apresentados nas tabelas. Foram estimados também o coeficiente de variação ambiental (CV), coeficiente de variação genotípico (CVg) e o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), de acordo com Cruz & Regazzi (2001).

$$CV = 100 \times \frac{\sqrt{\text{quadrado médio residual}}}{\text{Média}}$$

$$CV(g) = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\text{Média}}, \text{ sendo } \sigma^2 = \frac{\text{quadrado médio dos genótipos} - \text{quadrado médio residual}}{\text{número de repetições}}$$

$$H^2 = \frac{\text{Quadrado médio dos genótipos} - \text{Quadrado médio residual}}{\text{Quadrado médio dos genótipos}}$$

### 3. RESULTADOS

Conforme os resultados do experimento da reação de *Capsicum chinense* a *M. enterolobii* (Anexo 6) foi observado que houve diferenças significativas entre os genótipos a 5% de probabilidade.

Valores elevados de herdabilidade, ou coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), que varia de 0 a 100%, e mede a proporção da variância de ordem genotípica em relação à ambiental, associado a valores próximos ou superiores à unidade da relação entre o coeficiente de variação genotípico sobre o coeficiente de variação experimental (CVg/CVe) indicam que houve pouca variação genética, ou seja, não houve grande variação na resposta dos genótipos (valores reduzidos de  $H^2$  e CVg/CVe), aliada a elevada precisão experimental (valores também baixos de CVe) para as variáveis Índice de galhas (IG) e Índice de massa de ovos (IMO). Para Ovos+J2/grama de raiz houve maior variação entre os genótipos, principalmente de ordem genética, apesar de menor precisão experimental (maior valor de CVe), enquanto para o fator de reprodução (FR), que é a principal variável nematológica, valores de  $H^2$  próximos a 80% e de CVg/CVe próximo à unidade, além de precisão experimental (CVe) com valores intermediários e de acordo com a literatura (Pinheiro et al., 2020), indicam adequada precisão experimental e confiabilidade nas estimativas obtidas nesse experimento (Cruz & Regazzi, 2001).

De acordo com a Tabela 4, verificou-se que todos os genótipos de *Capsicum chinense* avaliados apresentaram suscetibilidade a *M. enterolobii*, evidenciada por valores não

significativamente diferentes e, portanto, não inferiores estatisticamente à testemunha suscetível Rutgers para todas as variáveis nematológicas avaliadas. Conforme os critérios de Taylor (1967) avaliados pelo IR, verificou-se que todos os genótipos de *C. chinense* e *C. annuum* avaliados também mostraram-se suscetíveis.

Os valores de Fatores de Reprodução variaram de 1,39 (CNPH 60045-2) a 9,66 (CNPH 55139) tendo sido observada a formação de três grupos conforme o agrupamento de médias: os genótipos CNPH 55139, CNPH 55157, CNPH 55159 e CNPH 55160 apresentaram FR que variaram de 7,75 a 9,66 demonstrando os maiores fatores de reprodução. Os genótipos CNPH 55142, CNPH 55161, CNPH 60008-3 e CNPH 60008-4 apresentaram FR que variaram de 5,92 a 6,78 demonstrando valores intermediários de FR. Já os genótipos CNPH 55001, CNPH 55002, CNPH 55122, CNPH 55123, CNPH 55136, CNPH 55148, CNPH 55155, CNPH 55162, CNPH 55163, CNPH 60042-2, CNPH 60043-2, CNPH 60044-3, CNPH 60045-2, CNPH 60046-1, CNPH 60047-5, CNPH 60048-3, CNPH 15348, CNPH 15749 e BRS Nandaia apresentaram os menores FR, variando de 1,39 a 5,42, porém, não diferindo da testemunha tomate Rutgers conforme comentado anteriormente.

**Tabela 4.** Agrupamento de médias para o experimento 1: Reação de *Capsicum chinense* a *Meloidogyne enterolobii*, Embrapa Hortaliças, 2022.

Genótipos	IG <sup>1</sup>	IMO <sup>2</sup>	Ovos+J2/g raiz <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup> /Reação	IR% <sup>5</sup> /Classificação
CNPH 55001	4,75	4,75	584,41 c	3,32 c / S	110,03 b / S
CNPH 55002	5,00	5,00	1302,12c	4,92 c / S	177,64 b / S
CNPH 55122	4,25	4,25	811,46 c	2,59 c / S	115,60 b / S
CNPH 55123	4,25	4,25	1441,56 c	4,50 c / S	189,44 b / S
CNPH 55136	4,25	4,25	470,80 c	3,41 c / S	132,09 b / S
CNPH 55139	4,50	4,50	1717,87 c	9,66 a / S	383,16 a / S
CNPH 55142	4,25	4,25	2520,73 c	6,78 b / S	164,65 b / S
CNPH 55148	4,00	4,00	1234,83 c	4,61 c / S	184,96 b / S
CNPH 55155	4,25	4,25	468,87 c	2,24 c / S	98,11 b / S
CNPH 55157	4,25	4,25	3755,38 b	9,49 a / S	413,02 a / S
CNPH 55159	4,75	4,75	4229,88 b	7,75 a / S	314,59 a / S
CNPH 55160	4,25	4,25	2277,05 c	8,33 a / S	356,10 a / S
CNPH 55161	4,00	4,00	2112,71 c	5,92 b / S	186,86 b / S
CNPH 55162	4,50	4,50	2337,70 c	5,21 c / S	203,06 b / S
CNPH 55163	4,50	4,50	884,77 c	2,69 c / S	112,46 b / S

CNPH 60008-3	3,75	3,75	2056,01 c	6,29 b / S	244,11 a / S
CNPH 60008-4	3,00	3,00	4904,34 b	6,51 b / S	268,55 a / S
CNPH 60042-2	4,50	4,50	2273,92 c	3,74 c / S	151,24 b / S
CNPH 60043-2	4,25	4,25	964,09 c	3,78 c / S	117,18 b / S
CNPH 60044-3	4,50	4,50	767,85 c	4,07 c / S	168,91 b / S
CNPH 60045-2	4,50	4,50	497,50 c	1,39 c / S	50,92 b / S
CNPH 60046-1	4,25	4,25	1716,88 c	5,42 c / S	201,03 b / S
CNPH 60047-5	4,00	4,00	1428,14 c	3,41 c / S	152,29 b / S
CNPH 60048-3	4,00	4,00	1874,30 c	5,28 c / S	173,28 b / S
CNPH 15348	3,50	3,50	6749,41 a	4,43 c / S	246,77 b / S
CNPH 15749	3,75	3,75	1859,83 c	3,71 c / S	144,05 b / S
BRS Nandaia	3,75	3,75	6619,64 a	3,96 c / S	130,14 b / S
Rutgers	3,75	3,75	1387,89 c	4,75 c / S	100,00 b / S

IG<sup>1</sup>= Índice de galhas e IMO<sup>2</sup>= Índice de massa de ovos (0= sem galhas ou massas de ovos; 1= 1-2 galhas ou massas de ovos; 2= 3-10 galhas ou massas de ovos; 3= 11-30 galhas ou massas de ovos; 4 = 31-100 galhas ou massas de ovos e 5= mais de 100 galhas ou massa de ovos no sistema radicular) (Taylor & Sasser, 1978); NOGR: número de ovos e J2 por grama de raiz; FR<sup>4</sup>= fator de reprodução, calculado pela divisão das populações final e inicial (inoculadas); Reação: grau de resistência (R= resistente e S= suscetível) considerando resistentes os genótipos com FR menor que 1 e, suscetíveis, aqueles que apresentaram FR maior ou igual a 1 (Oostenbrink, 1966). <sup>5</sup>IR%: Índice de reprodução conforme o critério de classificação proposto por Taylor (1967), onde S = Suscetível (IR > 50%), LS = Ligeiramente suscetível (IR = 26 - 50%), MoR = Moderadamente resistente (IR = 11 - 25%), MR = Muito resistente (IR = 1 - 10%), AR = Altamente resistente (IR < 1%) e I = Imune (IR = 0). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram significativamente por Scott & Knott a 5%.

Para o experimento 2, reação de *C. annuum* a *M. enterolobii* não houve significância a 5% de probabilidade para as variáveis nematológicas IG, IMO e Ovos + J2 g/raiz (Anexo 7).

Para o IG e IMO, apesar de boa precisão experimental (reduzidos valores de CVe), houve pouca variação nas respostas dos genótipos avaliados (baixos valores de H<sub>2</sub> e da relação entre CVg/CVe), ou seja, pouca diferença de ordem genética entre estes. Houve também menor variabilidade genética entre os genótipos aliada a uma baixa precisão experimental (valor elevado de CVe) para Ovos+J2/grama de raiz. No entanto, para o FR foi possível verificar diferenças entre os genótipos avaliados, com precisão experimental intermediária e dentro do esperado para essa variável nessa cultura (Pinheiro et al., 2020).

Houve a formação de dois grupos para o FR de *M. enterolobii*. O genótipo CNPH 50319-3 apresentou FR de 10,69, enquanto que os demais genótipos os valores de FR variaram de 2,64 a 6,92, porém, não diferindo da testemunha suscetível o tomate Rutgers.

**Tabela 5.** Agrupamento de médias para o experimento 2: Reação de *Capsicum annuum* a *Meloidogyne enterolobii*, Embrapa Hortaliças, 2022.

Genótipos	IG <sup>1</sup>	IMO <sup>2</sup>	Ovos+J2/g raiz <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup> /Reação	IR% <sup>5</sup> /Classificação
CNPH 30370	4,25	4,25	4376,59 a	6,92 b / S	120,52 b / S
CNPH 30371	4,00	4,00	974,18 a	4,38 b / S	88,99 b / S
CNPH 30647	4,00	4,00	3717,46 a	2,64 b / S	55,08 b / S
CNPH 30649	3,75	3,75	3423,07 a	2,64 b / S	55,76 b / S
CNPH 50319-3	4,50	4,50	10716,95 a	10,69 a / S	230,01 a / S
BRS Acara	3,75	3,75	3577,00 a	5,85 b / S	112,11 b / S
BRS Sarakura	3,25	3,25	5243,91 a	3,77 b / S	80,16 b / S
Rutgers	3,75	3,75	1387,89 a	5,50 b / S	100,00 b / S

IG<sup>1</sup>= Índice de galhas e IMO<sup>2</sup>= Índice de massa de ovos (0= sem galhas ou massas de ovos; 1= 1-2 galhas ou massas de ovos; 2= 3-10 galhas ou massas de ovos; 3= 11-30 galhas ou massas de ovos; 4 = 31-100 galhas ou massas de ovos e 5= mais de 100 galhas ou massa de ovos no sistema radicular) (Taylor & Sasser, 1978); NOGR: número de ovos e J2 por grama de raiz; FR<sup>4</sup>= fator de reprodução, calculado pela divisão das populações final e inicial (inoculadas); Reação: grau de resistência (R= resistente e S= suscetível) considerando resistentes os genótipos com FR menor que 1 e, suscetíveis, aqueles que apresentaram FR maior ou igual a 1 (Oostenbrink, 1966). <sup>5</sup>IR%: Índice de reprodução conforme o critério de classificação proposto por Taylor (1967), onde S = Suscetível (IR > 50%), LS = Ligeiramente suscetível (IR = 26 - 50%), MoR = Moderadamente resistente (IR = 11 - 25%), MR = Muito resistente (IR = 1 - 10%), AR = Altamente resistente (IR < 1%) e I = Imune (IR = 0). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram significativamente por Scott & Knott a 5%.

#### 4. DISCUSSÃO

*Meloidogyne enterolobii* é um nematoide-das-galhas considerado muito agressivo para várias culturas, incluído as pimentas e pimentões. Medidas de controles convencionais, como o uso de nematicidas, têm sido pouco efetivas, além de potencialmente danosas ao ambiente. A forma mais eficiente de controle é por meio da utilização de cultivares resistentes. No entanto, cultivares de pimentas e pimentões que eram tidos como resistentes a outras espécies de nematoides-das-galhas tem se mostrado suscetíveis a *M. enterolobii* (Pinheiro et al., 2014). Um caso típico é o do híbrido porta-enxerto para pimentão Snooker, que possui uma piramidação

com os genes Me1 e Me3/Me7 que conferem resistência a *M. incognita*, *M. arenaria*, e *M. javanica*; no entanto, mostrou-se suscetível a *M. enterolobii* (Pinheiro et al., 2015). Esse aspecto dificulta ainda mais o manejo de *M. enterolobii* no campo, enfatizando-se a necessidade de buscar genótipos com resistência a esse nematoide.

No presente estudo, foram avaliados 27 genótipos de *C. chinense* e 7 de *C. annuum* quanto à reação ao nematoide *M. enterolobii*. Apesar de todos os genótipos avaliados terem apresentado fator de reprodução maior do que 1 e serem considerados suscetíveis (Oostenbrink, 1966), podem-se destacar os genótipos de *C. chinense* CNPH 60045-2 (FR= 1,39), CNPH 55155 (FR= 2,24) e *C. annuum* CNPH30647 e CNPH 30649 (FR= 2,64), com reprodução relativamente inferior do nematoide ao se considerar o grupo de genótipos de *Capsicum* avaliados, embora os valores não tenham se diferenciado em relação ao padrão de suscetibilidade, tomateiro cultivar Rutgers.

Maquilan et al. (2020) compararam os genótipos de *C. annuum* 'UFRJ107(6)A3' e 'California Wonder' para determinar a resistência a espécies de *Meloidogyne* conforme os valores de massas de ovos por grama de raiz, ovos por grama de raiz, índice de massa de ovos e FR, verificaram que ambos os genótipos foram suscetíveis a *M. enterolobii* e *M. javanica*.

Conforme os valores de índices e fatores de reprodução, os mesmos resultados de suscetibilidade a *M. enterolobii* em genótipos de *Capsicum annuum* também foram relatados por Soares et al. (2018). No entanto, observaram que uma única linhagem de *C. frutescens* L. apresentou resistência a *M. enterolobii*, *M. incognita* raça 3 e *M. javanica*.

Melo et al. (2011) relataram resistência moderada a *M. enterolobii* em dois genótipos de *Capsicum*, BGH-433 e BGH-4285. Além desses relatos, diferentes níveis de suscetibilidade ou até mesmo resistência em *Capsicum* já foram relatados na literatura (Oliveira, 2007; Pinheiro et al., 2013; Gonçalves et al., 2014).

XiaoXiao et al. (2022) avaliaram o IG e IMO em 27 acessos de *C. chinense* 60 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, e verificaram diferentes níveis de resistência nos genótipos avaliados, sendo dois considerados altamente resistentes (1550-1-3 e 1518 × L535). Os autores avaliaram também o conteúdo de lignina nas raízes de um genótipo suscetível e outro resistente, tendo sido observados valores superiores de lignina no genótipo resistente, indicando que essa variável pode ter influência na resistência.

Recentemente, Pinheiro et al. (2020) relataram resistência da cultivar de pimenta BRS Nandaia (*C. chinense*) a *M. enterolobii*. Naquele estudo, a cultivar BRS Nandaia apresentou um FR de 0,50, resultado que não se repetiu no presente estudo, em que BRS Nandaia se mostrou suscetível (FR = 3,96).

BRS Acará é um híbrido utilizado como porta-enxerto para pimentão com resistência a múltiplas doenças de solo (Ragassi et al., 2022). No presente estudo, BRS Acará mostrou-se suscetível a *M. enterolobii* (FR = 5,85). A suscetibilidade de BRS Acará a *M. enterolobii* também foi relatada por Ragassi et al. (2022), no entanto, o híbrido porta-enxerto havia apresentado FR= 6,7. Por outro lado, os resultados obtidos para BRS Sarakura (*C. annuum*) confirmam os obtidos por Pinheiro et al. (2020), ou seja, suscetibilidade a *M. enterolobii*.

Do exposto, evidencia-se a existência de variabilidade genética dentro de cada um dos grupos de *Capsicum* estudados (*C. chinense* e *C. annuum*) quanto ao FR de *M. enterolobii*. No entanto, não foram identificados, no presente estudo, genótipos apresentando FR inferior ao do padrão de suscetibilidade, tomateiro cv. Rutgers.

Considerando, portanto, os resultados deste estudo, complementando com informações da literatura, verifica-se que o nematoide *M. enterolobii* apresenta grande potencial de infecção e de causar danos em *C. chinense* e *C. annuum*, sendo difícil, porém, necessária a busca por novas fontes de resistência.

## **5. CONCLUSÕES**

O nematoide *M. enterolobii* apresenta grande potencial de infecção e de causar danos em *C. chinense* e *C. annuum*, porém, no presente estudo não foi possível a identificação de fontes de resistência entre os genótipos em estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. 1981. Modifications of the Hussey and Barker method for extracting eggs from *Meloidogyne exigua* in coffee roots. *Fitopatologia Brasileira*, 6: 553.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A. 2001. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, 25: 35-44.

CRUZ, CD; REGAZZI, AJ. 2001. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 1st ed. Imprensa Universitária. Viçosa.

CRUZ, C.D. 2016. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum Agronomy*, 38: 547-552.

DEWITT, D.; BOSLAND, P.W. 2009. The complete Chile pepper book: a gardener's guide to choosing, growing, preserving and cooking. 1st ed. Timber Press. London.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS. 2019. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Consultado em: 02 mar. 2022.

GONÇALVES, L.S.A.; GOMES, V.M.; ROBAINA, R.R.; VALIM, R.; RODRIGUES, R.; ARANHA, F.M. 2014. Resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne enterolobii*) in *Capsicum* spp. accessions. *Revista Agrária*, 9: 49-52.

GRANKE, L.L.; QUESADA-OCAMPO, L.; LAMOUR, K.H.; HAUSBECK, M.K. 2012. Advances in research on *Phytophthora capsici* on vegetable crops in the United States. *Plant Disease*, 96: 1588-1600.

HUSSEY R.S.; BARKER KR. 1973. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. Including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57: 1025-1028.

KHAN, A.; ASIF, M.; TARIQ, M.; REHMAN, B.; PARIHAR, K.; SIDDIQUI, M.A. 2017. Phytochemical investigation, nematostatic and nematicidal potential of weeds extract against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in vitro. *Asian Journal of Biological Sciences*, 10(2):38-46.

LIMA, M.F.; CARVALHO, S.I.C.; RAGASSI, C.F.; BIANCHETTI, L.B.; FALEIRO, F.G.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2017. Characterization of a pepper collection (*Capsicum frutescens* L.) from Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 16: 1-17.

MAQUILAN, M.A.D.; PADILLA, D.C.; DICKSON, D.W.; RATHINASABAPATHI, B. 2020. Improved resistance to root-knot nematode species in an advanced inbred line of specialty pepper (*Capsicum annuum*). *HortScience*, 55(7): 1105-1110.

MELO, O.D.; MALUF, W.R.; GONÇALVES, R.J.S.; NETO, A.C.G.; GOMES, L.A.A.; CARVALHO, R.C. 2011. Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 829- 835.

MOTA, F.C.; ALVES, G.C.S.; GIBAND, M.; GOMES, A.C.M.M.; SOUSA, F.R.; MATTOS, V.S.; BARBOSA, V.H.S.; BARROSO P.A.V.; NICOLE M.; PEIXOTO, J.R.; ROCHA, M.R.; et al. 2013. New sources of resistance to *Meloidogyne incognita* race 3 in wild cotton accessions and histological characterization of the defense mechanisms. *Plant Pathology*, 62(5), 1173-1183.

OLIVEIRA, C.D. 2007. Enxertia de plantas de pimentão em *Capsicum* spp. no manejo de nematoides de galha. Tese doutorado. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, Brasil.

OOSTENBRINK, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen Landbouw*, 66: 1-46.

PINHEIRO, J.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; PEREIRA, R.B.; MOITA, A.W. 2013. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em pimentas *Capsicum* dos grupos Habanero e Murupi. *Nematologia Brasileira*, 37: 61-65.

PINHEIRO, J.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; PEREIRA, R.B.; MOITA, A.W. 2014. Reação de genótipos de *Capsicum* ao nematoide-das-galhas. *Horticultura Brasileira*, 32: 371-375.

PINHEIRO, J.B.; BOITEUX, L.S.; ALMEIDA, M.R.A.; PEREIRA, R.B.; GALHARDO, L.C.S.; CARNEIRO, R.M.D.G. 2015. First report of *Meloidogyne enterolobii* in *Capsicum* rootstocks carrying the *Me1* and *Me3/Me7* genes in Central Brazil. *Nematropica*, 45:184-188.

PINHEIRO, J.B.; SILVA, G.O.; MACÊDO, A.G.; BISCAIA, D.; RAGASSI, C.F.; RIBEIRO, C.S.C.; CARVALHO, S.I.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2020. New resistance sources to root-knot nematode in *Capsicum* pepper. *Horticultura Brasileira*, 38: 33-40.

RAGASSI, C.F.; RIBEIRO, C.S.C.; PATIÑO-TORRES, A.; LOPES, C.A.; PINHEIRO, J.B.; REIS, A. 2022. Bell pepper rootstocks with multiple resistance to soilborne diseases. *Revista Ceres*, 69: 299-307.

RIBEIRO, C.S.C.; SOUZA, K.R.R.; CARVALHO, S.I.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 2015. BRS Juruti: the first Brazilian habanero-type hot pepper cultivar. *Horticultura Brasileira*, 33: 527-529.

SOARES, R.S.; SILVA, E.H.C.; CANDIDO, W.S. DINIZ, G.M.M.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; SOARES, P.L.M.; BRAZ, L.T. 2018. Identificação de genótipos de *Capsicum* resistentes a nematoides de galha. *Bioscience Journal*, 34: 912-925.

TAYLOR, A.L. 1967. Introduction to research on plant nematology: a FAO guide to study and control of the plant parasitic nematodes. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, p.113.

TAYLOR, D.T.; SASSER, J.N. 1978. Biology identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh, North Carolina State University. p.111.

WANG, X.; FAZARI, A.; CAO, Y.; ZHANG, Z.; PALLOIX, A.; MAO, S.; ZHANG, B.; DJIAN-CAPORALINO, C.; WANG, L. 2018. Fine mapping of the root-knot nematode resistance gene *Me1* in pepper (*Capsicum annuum* L.) and development of markers tightly linked to *Me1*. *Molecular Breeding*, 38(4): 1-10.

XIAOXIAO, T.; BINGZHENG, J.; ZHENMU, C.; ZIJI, L.; PENG, L.; SHANGGIAN, X.; JIE, Z. 2022. Identification of *Capsicum chinense* Germplasms Resistant to *Meloidogyne enterolobii* and Preliminary Analysis on Resistance Mechanism. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 43(1): 165-172.

# CAPÍTULO 4

---

---

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE A *Meloidogyne*  
*enterolobii*

## RESUMO

A espécie de nematoide-das-galhas *Meloidogyne enterolobii* vem ganhando importância em todo o mundo, inclusive no Brasil, com áreas cada vez mais infestadas e causando danos a genótipos com resistência a outras espécies do gênero prevalentes no País, inclusive em batata-doce, dificultando assim a busca por fontes de resistência. O objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de resistência em clones avançados e cultivares de batata-doce a essa espécie de nematoide. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições de uma planta por parcela/tratamento. Cada planta foi inoculada com 5000 ovos e J2 de *M. enterolobii* e aos 90 dias após inoculação foram determinados os índices de galhas (IG) e massa de ovos (IMO) no sistema radicular de cada planta, o número de ovos+J2 por grama de raiz (NOGR) e o fator de reprodução (FR) do nematoide. Três genótipos foram classificados como resistentes entre os avaliados (BGBD 1399, MD 1609024 e MD 1610036), sendo, portanto, potenciais fontes de resistência para programas de melhoramento visando lançar cultivares, auxiliando na redução do impacto e da expansão da ocorrência desse nematoide.

**Palavras-chaves:** *Ipomoea batatas*, manejo integrado de doenças, resistência genética.

## ABSTRACT

PINTO, Thávio Júnior Barbosa. Reaction of sweet potato genotypes to *Meloidogyne enterolobii*. 2022. 104p. Dissertation (Master's degree in Plant pathology) – University of Brasília, Brasília, DF, Brazil.

The root-knot nematode (RKN) *Meloidogyne enterolobii* is an emerging pathogen to several crops worldwide, including Brazil, with ever increasing infested areas with great damage to crops, even those harboring resistance genes to other RKN species, including sweet potatoes which makes more difficult to find new sources of resistance. The objective of this study was to assess the levels of resistance of advanced sweet potato genotypes and cultivars to this nematode species. Two experiments were carried out in 2018/2019 and 2021/2022 seasons, under greenhouse conditions at Embrapa Hortaliças, Brazil. A completely randomized block design with 9 treatments and 4 replicates was used. The parameters evaluated were: gall index (GI), egg mass index (EMI), the number of eggs+J2 per gram of roots (NEGR) and the nematode reproduction factor (RF). Three genotypes were resistant to *M. enterolobii* (BGBD 1399, MD 1609024, and MD 1610036) with RF below 1. Our results demonstrate the finding of these promising sweet potato genotypes which can be used in ongoing breeding programs to develop new cultivars to improve control and prevent RKN spread in the field.

**Key words:** *Ipomoea batatas*, integrated pest management, genetic resistance.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], embora considerada uma espécie de planta rústica, é hospedeira a diferentes nematoides-das-galhas do gênero *Meloidogyne*. Esses nematoides causam grande estresse biótico nas áreas de cultivo, resultando em perdas de rendimento e redução da qualidade das raízes armazenadas (Villordon & Clark, 2018). Os sintomas incluem nanismo, clorose foliar, morte de plantas, murcha foliar, crescimento deficiente de brotos e formação de rachaduras em algumas cultivares ou saliências em forma de galhas, presença de áreas escuras na polpa, com presença de fêmeas adultas e suas massas de ovos (Bernard et al., 2017; Wendimu, 2021). Isso causa grande preocupação, especialmente nos trópicos, subtropicais e regiões quentes em todo o mundo (Karuri et al., 2017; Rutter et al., 2019; Brito et al., 2020; Silva et al., 2021).

No Brasil, as espécies de nematoide-das-galhas mais importantes em plantações de batata-doce são *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1948 e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 (Chaves et al., 2013, Carmona et al., 2020). No entanto, *M. enterolobii* Yang & Eisenback, 1983 (sin. de *M. mayaguensis* Ramah & Hirschmann, 1988) vem ganhando destaque, devido à sua capacidade de infectar plantas resistentes a outras espécies de *Meloidogyne* (Rutter et al., 2019, Carmona et al., 2020, Silva et al., 2021, Wendimu, 2021).

Diversas estratégias de manejo têm sido utilizadas, porém, os problemas para o cultivo de hortaliças nas últimas duas décadas têm sido abordados principalmente pelo controle químico (Peiris et al., 2021). Embora eficazes, o alto custo e a toxicidade dos nematicidas químicos dificultam seu uso, com alguns dos produtos recomendados sendo retirados do mercado para a batata-doce e algumas outras culturas, devido a questões ambientais e de saúde (Peiris et al., 2021). Portanto, a resistência genética de plantas, sempre que disponível, é o método de controle mais eficiente, além de ser economicamente sustentável e ambientalmente seguro (Gomes, 2014; Gomes et al., 2015; Bernard et al., 2017; Wendimu, 2021).

Embora a resistência genética seja um componente importante de um programa de manejo integrado de nematoides, há poucos estudos sobre o nível de resistência de genótipos de batata-doce a *M. enterolobii* (Wendimu, 2021), com a maioria dos acessos avaliados considerados suscetíveis (Carmona et al., 2020; Schwarz et al., 2021), incluindo cultivares sabidamente resistentes a outras espécies de nematoide-das-galhas, como *M. incognita* e *M. javanica* (Brito et al., 2020). Assim, buscar novas fontes de resistência em programas de melhoramento de batata-doce e a caracterização de genótipos e cultivares avançados que possam ser recomendados aos produtores (Carmona et al., 2020) é essencial. Assim, o objetivo

deste estudo foi avaliar os níveis de resistência de genótipos e cultivares avançados de batata-doce a *M. enterolobii*.

## **2 . MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização do experimento**

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação e no Laboratório de Nematologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na Unidade Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNP/Embrapa Hortaliças). A unidade se localiza na Rodovia BR-060, Km 09 (Brasília/Anápolis), Fazenda Tamanduá, Gama – Distrito Federal, altitude de 996 metros e coordenadas geográficas de 15°56'00" de latitude Sul e 48°08'00" de longitude Oeste. Foram instalados e conduzidos dois experimentos em épocas distintas, 26 de novembro de 2018 a 24 de março de 2019 e 22 de setembro de 2021 a 19 de janeiro de 2022.

### **2.2 Origem e identificação do inóculo**

Fêmeas de *M. enterolobii* coletadas de raízes de pimentão na área de produção de Taquara e Pipiripau no Distrito Federal foram multiplicadas em tomateiros cv. Santa Cruz e mantidas em casa de vegetação. Para a confirmação da espécie, procedeu-se à retirada de fêmeas das raízes de tomateiro e a espécie foi identificada por meio da análise de isoenzimas, de acordo com o fenótipo de esterase En<sub>2</sub>, que apresenta duas bandas principais (Rm: 0,7; 0,9) e duas bandas mais fracas (Rm 0,75; 0,95) (Carneiro & Almeida, 2001).

Para a produção de inóculo, o nematoide *M. enterolobii* foi multiplicado em plantas de tomate cv. Santa Cruz em vasos com capacidade de 5 litros contendo solo autoclavado, com suspensão de 5000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio (J2). Aos 65 dias após a inoculação, ovos e J2 foram extraídos dos sistemas radiculares das plantas de tomate segundo método de Hussey & Barker (1973) modificado por Bonetti & Ferraz (1981), que consiste em processar o sistema radicular infectado em liquidificador com hipoclorito de sódio a 0,5% e, na sequência, passar o processado por um conjunto de peneiras sobrepostas de 42, 100 e 500 mesh, para a obtenção da suspensão de inóculo que é constituída pelos ovos e eventuais juvenis retidos na peneira de 500 mesh. A suspensão de ovos e J2 foi recolhida em um béquer para contagem e calibração do inóculo em câmara de Peter ao microscópio óptico.

### **2.3 Instalação e condução dos experimentos**

Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu de uma planta por vaso plástico de 3 L, contendo substrato na proporção 1:1:1:1 de solo subsuperficial (Latosolo argiloso, tipicamente encontrado na região do Bioma Cerrado), areia lavada, mistura de esterco bovino e casca de

arroz carbonizada, autoclavado a 121°C por 60 min. A quantidade de 300 g de N-P-K, formulação 4-30-16 e 3000 g de cal dolomítica calcinada foi adicionada a 30 kg desta mistura. Aos 30 dias após o plantio, foram inoculados 5000 ovos e eventuais juvenis (J2) por planta.

No primeiro experimento foram avaliados quatro genótipos avançados de batata-doce (BGBD 080, BGBD 1399, BGBD 1402 e BGBD 1405), duas cultivares de polpa roxa recentemente lançadas ('BRS Anembé' e 'BRS Cotinga') e duas cultivares com padrão conhecido de suscetibilidade ('Brazlândia Roxa' e 'Beauregard') e uma cultivar de tomate como controle de suscetibilidade ('Rutgers').

No segundo experimento, sete genótipos avançados com diferentes cores de polpa (MD 1604002, MD 1609023, MD 1609024, MD 1609026, MD 1610036, MD 1611010 e BGBD 1399) e as mesmas cultivares controles do primeiro experimento.

As plantas foram manejadas de acordo com as recomendações locais para o cultivo da batata-doce, e cerca de um mês após a inoculação foi realizada a cobertura com 3 g de Osmocote® (19-06-10 N-P-K) por litro de substrato.

## **2.4 Avaliação dos experimentos**

Noventa dias após a inoculação, as raízes das plantas foram coletadas e avaliadas as seguintes variáveis: índice de galhas (IG), índice de massa de ovos (IMO), número de ovos + J2 por grama de raiz (NOGR) e o fator de reprodução (FR).

Para os índices de galhas e massa de ovos, as raízes foram avaliadas conforme escala proposta por Taylor & Sasser (1978): índice 1, de 1 a 2 galhas e massas de ovos; índice 2, de 3 a 10; índice 3, de 11 a 30; índice 4, de 31 a 100 e índice 5 maior que 100 e o cálculo do fator de reprodução (FR) a relação entre população final (Pf) e população inicial (Pi) do nematoide em cada planta.

Os sistemas radiculares e as raízes tuberosas foram separadas de suas partes aéreas, lavadas e mensurados os seus pesos frescos. Em seguida, foram coradas com Floxina B e quantificados, a olho nu quanto aos índices de galhas e massas de ovos. Em seguida, processadas separadamente, para extração de ovos e juvenis conforme metodologia de Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981) para quantificação e determinação do fator de reprodução.

## **2.5 Variáveis ambientais**

O monitoramento da temperatura na casa de vegetação foi realizado durante toda a condução do ensaio com Datalogger posicionado no local. Durante o primeiro período do

experimento, entre 26 de novembro de 2018 a 24 de março de 2019, a temperatura média foi de 23,3°C. Enquanto que as temperaturas máxima e mínima foram de 32,3°C e 15,2°C, respectivamente (Anexo 9). No segundo período do experimento, entre 22 de setembro de 2021 a 19 de janeiro de 2022, a temperatura média foi de 23,5°C, com 35,4°C de temperatura máxima e 14,1°C de temperatura mínima (Anexo 10).

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram transformados por  $\sqrt{x+0,5}$ , para atender aos pressupostos de normalidade de distribuição e homocedasticidade, apresentando os valores originais, e submetidos a análise de variância unidirecional (ANOVA), para cada característica, com médias agrupadas pelo teste de agrupamento por Scott & Knott (1974), a nível de significância ( $P \leq 0,05$ ), utilizando-se o software Genes (Cruz, 2016). Nas tabelas os dados originais foram apresentados. Foram estimados também o coeficiente de variação ambiental (CV), coeficiente de variação genotípico (CVg) e o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), de acordo com Cruz & Regazzi (2001).

$$CV = 100 \times \frac{\sqrt{\text{quadrado médio residual}}}{\text{Média}}$$

$$CV(g) = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\text{Média}}, \text{ sendo } \sigma^2 = \frac{\text{quadrado médio dos genótipos} - \text{quadrado médio residual}}{\text{número de repetições}}$$

$$H^2 = \frac{\text{Quadrado médio dos genótipos} - \text{Quadrado médio residual}}{\text{Quadrado médio dos genótipos}}$$

## 3. RESULTADOS

Os valores dos coeficientes de variação (CV), do fator de reprodução (FR) e do número de ovos + J2 por grama de raiz (NOGR) são maiores quando comparados a outras variáveis, coeficiente de variação genotípico (CVg), ou a taxa entre os CVg e CV, e mostra a predominância da variação de ordem genética sobre a variação ambiental, superior à sua unidade (1,0), indicando uma situação favorável para a caracterização dos níveis de resistência dos genótipos avaliados (Tabela 6).

No primeiro experimento (Tabela 6), o genótipo BGBD 1399 foi o único resistente a esse nematoide, com valores mais baixos de IG, IMO, NOGR e um valor de FR igual a 0,65, ou seja, uma população de nematoides inferior à população inoculada, demonstrando ser uma

má hospedeira, não proporcionando condições para a reprodução e aumento populacional de *M. enterolobii*. O genótipo BGBD 1405 não foi significativamente diferente do BGBD 1399 para o FR, com a população de nematoides aumentado três vezes, sendo suscetível segundo Oostenbrink (1966), mas com menor suscetibilidade em relação aos outros genótipos. Conforme os critérios de Taylor (1967) verificou-se que os genótipos BGBD 1399 e BGBD 1405 mostraram-se muito resistente (MR) e BGBD 080 moderadamente resistente (MoR), os demais genótipos também foram suscetíveis (S) nesse critério.

As cultivares ‘BRS Anembé’ e ‘BRS Cotinga’ foram os genótipos mais suscetíveis, com valores de FR semelhantes aos da cultivar de tomateiro, controle suscetível ‘Rutgers’. Portanto, não são indicadas para cultivo em áreas com presença desse nematoide.

Os genótipos BGBD 080, BGBD 1402 e as cultivares ‘Beauregard’ e ‘Brazlândia Roxa’ (Tabela 6), apesar de suscetíveis, com maiores valores de FR, apresentaram grau de suscetibilidade menor que BRS Cotinga e BRS Anembé.

No segundo ensaio (Tabela 6), além do genótipo BGBD 1399 (FR 0,03), outros dois genótipos reagiram como resistentes ao nematoide, MD 1609024 e MD 1610036 (FR 0,00; FR 0,01), sendo que os três genótipos também apresentaram valores de IG, IMO e NOGR compatíveis com reação de resistência. Enquanto que os demais genótipos avaliados apresentaram reação de suscetibilidade com valores FR variando de 2,54 a 19,05. Para os critérios de classificações por IR, confirmou a alta resistência (AR) dos genótipos MD 1609024 e MD 1610036 e o genótipo BGBD 1399 como muito resistente (MR), os demais também foram suscetíveis por Taylor (1967).

**Tabela 6.** Reação de genótipos de batata-doce a *Meloidogyne enterolobii*. Embrapa Hortaliças, 2022.

Genótipos	2019					
	Cor da polpa	IG <sup>1</sup>	IMO <sup>2</sup>	NOGR <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup> /Reação	IR% <sup>5</sup> /Classificação
BGBD 080	Roxa	4,50	4,50	599,50 b	9,00 b / S	25,45 c / MoR
BGBD 1399	Roxa	2,00	2,00	21,50 c	0,65 b / R	1,92 c / MR
BGBD 1402	Roxa	4,75	4,75	1535,00 a	26,36 a / S	75,40 b / S
BGBD 1405	Roxa	4,05	4,05	749,00 b	3,65 b / S	10,40 c / MR
BRS Anembé	Roxa	4,75	4,75	4085,50 a	43,92 a / S	123,34 a / S
BRS Cotinga	Roxa	4,50	4,50	1928,25 a	35,33 a / S	97,13 a / S
Brazlândia Roxa	Creme	4,50	4,50	729,25 b	20,66 a / S	57,82 b / S
Beauregard	Laranja	5,00	5,00	1671,75 a	22,08 a / S	62,27 b / S
Tomate Rutgers	-	5,00	3,75	2075,75 a	35,30 a / S	100,00 a / S

Média geral	-	4,34	4,20	1488,39	21,88	61,55
CV (%)	-	10,99	12,45	34,54	21,89	21,76
CVg/CV	-	1,87	1,66	1,20	1,81	1,98
<b>2021</b>						
MD 1604002	Creme	3,75	3,75	213,51 b	3,22 c / S	111,76 c / S
MD 1609023	Creme	3,75	3,75	285,54 b	2,54 c / S	86,90 c / S
MD 1609024	Laranja	1,00	1,00	0,00 c	0,00 d / R	0,10 c / AR
MD 1609026	Amarela	4,25	4,25	305,57 b	5,07 c / S	176,55 c / S
MD 1610036	Laranja	1,00	1,00	0,41 c	0,01 d / R	0,18 c / AR
MD 1611010	Laranja	4,00	4,00	4771,46 a	19,05 a / S	655,44 a / S
BGBD 1399	Roxa	1,00	1,00	2,10 c	0,03 d / R	1,05 c / MR
Brazlândia Roxa	Creme	3,75	3,75	191,80 b	3,21 c / S	109,03 c / S
Beauregard	Laranja	4,25	4,25	634,32 b	10,90 b / S	400,85 b / S
Tomate Rutgers	-	4,25	4,00	458,24 b	2,91 c / S	100,00 c / S
Média geral	-	3,10	3,08	686,29	4,69	164,21
CV (%)	-	12,87	12,00	31,16	20,46	28,40
CVg/CV	-	3,63	3,88	3,48	2,48	2,76

IG<sup>1</sup>= Índice de galhas e IMO<sup>2</sup>= Índice de massa de ovos (0= sem galhas ou massas de ovos; 1= 1-2 galhas ou massas de ovos; 2= 3-10 galhas ou massas de ovos; 3= 11-30 galhas ou massas de ovos; 4 = 31-100 galhas ou massas de ovos e 5= mais de 100 galhas ou massa de ovos no sistema radicular) (Taylor & Sasser, 1978); NOGR: número de ovos e J2 por grama de raiz; FR<sup>4</sup>= fator de reprodução, calculado pela divisão das populações final e inicial (inoculadas); Reação: grau de resistência (R= resistente e S= suscetível) considerando resistentes os genótipos com FR menor que 1 e, suscetíveis, aqueles que apresentaram FR maior ou igual a 1 (Oostenbrink, 1966). <sup>5</sup>IR%: Índice de reprodução conforme o critério de classificação proposto por Taylor (1967), onde S = Suscetível (IR > 50%), LS = Ligeiramente suscetível (IR = 26 - 50%), MoR = Moderadamente resistente (IR = 11 - 25%), MR = Muito resistente (IR = 1 - 10%), AR = Altamente resistente (IR < 1%) e I = Imune (IR = 0). As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo algoritmo de agrupamento hierárquico de Scott-Knott, ao nível de significância de 0,05 para o teste de médias/agrupamento. CV= coeficiente ambiental. CVg/CV= taxa de coeficientes genotípicos e ambientais.

#### 4. DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que entre os genótipos de batata-doce avaliados, três (BGBD 1399, MD 1609024, MD 1610036) mostraram-se resistentes ao nematoide *M. enterolobii*. Esse resultado é promissor, considerando a dificuldade de encontrar fontes de resistência para esse

nematoide que é muito agressivo em várias culturas. Ainda, considerando que outras fontes de resistência relatadas na cultura têm sido quebradas por esse nematoide (Rutter et al., 2019; Brito et al., 2020). Portanto, esses genótipos podem ser utilizados no desenvolvimento de novas cultivares para o controle desse patógeno em áreas de cultivo.

Carmona et al. (2020) também verificaram a suscetibilidade do clone ‘BRS Anembé’ (anteriormente identificado pelo código CNPH 005) ao nematoide *M. enterolobii* com valor de FR semelhante (34,27). Segundo os mesmos autores, esta cultivar é resistente a *M. incognita* raça 1 e a *M. javanica*, reiterando a suposição de que *M. enterolobii* é um nematoide mais virulento à batata-doce do que outras espécies de NG, mesmo para cultivares resistentes a outras espécies. Melo et al. (2020) avaliando as cultivares citadas (identificadas pelos códigos 0005 e 1261), afirmaram que as altas produtividades obtidas associadas a características de qualidade e resistência a pragas eram um indicador de seu potencial de resistência a *M. enterolobii*. No entanto, considerando seu grau de suscetibilidade, são urgentemente necessárias cultivares que combinem resistência ao NG com características hortícolas favoráveis (Rutter et al., 2021).

Carmona et al. (2020) avaliaram o genótipo BGBD 080, bem como as cultivares ‘Beauregard’ e ‘Brazlândia Roxa’, e também as classificaram como suscetíveis a *M. enterolobii*. Os autores relatam que BGBD 080 e ‘Brazlândia Roxa’ foram resistentes a *M. javanica* e *M. incognita* raça 1, e Beauregard foi suscetível a todas as espécies do NG por eles avaliadas.

A cultivar ‘Beauregard’ é suscetível a *M. enterolobii* (Brito et al., 2020; Schwarz et al., 2021), *M. incognita* e *M. javanica* (Mello et al., 2022).

Melo et al. (2011), Gonçalves et al. (2019) e Mello et al. (2022) também caracterizaram ‘Brazlândia Roxa’ como suscetível a *M. enterolobii*. A existência de genótipos suscetíveis a *M. enterolobii* que são resistentes a outras espécies de NG, indicam que a resistência é mediada por genes distintos daqueles que conferem resistência a essas outras espécies de NG. Assim, considerando a expansão de áreas infestadas e os danos desta espécie em todo o mundo, e que dados genéticos ainda não estão disponíveis (Rutter et al., 2021), estes resultados indicam que a resistência a *M. enterolobii* está inserida nos genótipos de batata-doce avaliados (BGBD 1399, MD 1609024, e MD 1610036), necessitando de estudos futuros para caracterizar a base de seus genes de resistência.

Futuros estudos poderão definir ainda se esses genótipos selecionados como resistentes a *M. enterolobii* seriam também resistentes a outras espécies de RKN importantes em áreas de cultivo de batata. Em suma, esses resultados mostram-se promissores com a possibilidade de uso desses materiais resistentes para auxiliar os programas de melhoramento para liberar

cultivares no sentido de ajudar a diminuir os impactos e disseminação desta espécie altamente virulenta.

## **5. CONCLUSÕES**

Três genótipos foram classificados como resistentes entre os avaliados (BGBD 1399, MD 1609024 e MD 1610036), sendo, portanto, potenciais fontes de resistência para programas de melhoramento visando o desenvolvimento de cultivares com auxílio na redução dos impactos e da expansão da ocorrência desse nematoide. Os genótipos BGBD 080, BGBD 1402, BGBD 1405, MD 1604002, MD 1609023, MD 1609026, MD 1611010 e BGBD 1399, além das cultivares 'BRS Anembé', 'BRS Cottinga', 'Brazlândia Roxa' e 'Beauregard' foram classificados como suscetíveis, não podendo ser considerados como fontes de resistência a *M. enterolobii* e devendo, seu cultivo, ser evitado nos solos infestados com este nematoide.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARD, G.C.; EGNIN, M.; BONSI, C.; MORTLEY, D.; WITOLA, W.H.; McELHENNEY, W.; LAWRENCE, K. 2017. Evaluation of root-knot nematode resistance in sweet potato. *African Journal of Agricultural Research*, 12: 1411-1414.

BONETI, J.I.S.; FERRAZ, S. 1981. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 6: 553.

BRITO, J.Á.; DESAEGER, J.; DICKSON, D.W. 2020. Reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on selected root-knot nematode resistant sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars. *Journal of Nematology*, 52: 2020-2063.

CARMONA, P.A.O.; PINHEIRO, J.B.; AMARO, G.B.; SILVA, G.O.; PEIXOTO, J.R.; CARES, J.E. 2020. Resistance sources to root-knot nematodes *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* and *M. enterolobii* in sweet potato. *Horticultura Brasileira*, 38: 126-133.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A. 2001. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, 25: 35-44.

CHAVES, P.P.N.; SANTOS, G.R.; SILVEIRA, M.A.; GOMES, L.A.A.; MOMENTÉ, V.G.; NASCIMENTO, I.R. 2013. Reação de genótipos de batata-doce a nematoides de galhas em condições de temperatura elevada. *Bioscience Journal*, 29: 1869-1877.

CRUZ, CD; REGAZZI, AJ. 2001. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 1st ed. Imprensa Universitária. Viçosa.

CRUZ, C.D. 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35: 271-276.

GOMES, J.A.A. 2014. Resistência de clones de batata-doce a nematoides (*Meloidogyne* spp.). Dissertação Mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, Brasil.

GOMES, J.A.A.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; OLIVEIRA, C.M.D.; AZEVEDO, A.M.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A. 2015. Resistance of sweet potato clones to *Meloidogyne incognita* races 1 and 3. *Bragantia*, 74: 291-297.

GONÇALVES, R.J. de S.; DE CASTRO CARVALHO, R.; MALUF, W.R.; MATOS ANDRADE, T.; GONÇALVES NETO, Á.C.; ZILDERLÂNIA ALVES, M. 2019. Resistance to *Meloidogyne enterolobii* in sweet potatoes. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 51: 318-332.

KARURI, H.W.; OLAGO, D.; NEILSON, R.; MARARO, E.; VILLINGER, J. 2017. A survey of root-knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. *Crop Protection*, 92: 114-121.

MELO, O.D.; MALUF, W.R.; GONÇALVES, R.J.S.; GONÇALVES NETO, A.C.; GOMES, L.A.A.; CARVALHO, R.C. 2011. Screening vegetable crop species for resistance to *Meloidogyne enterolobii*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 829-835.

MELO, R.A.C.; SILVA, G.O.; VENDRAME, L.P.C.; PILON, L.; GUIMARÃES, J.A.; AMARO, G.B. 2020. Evaluation of purple-fleshed sweet potato genotypes for root yield, quality and pest resistance. *Horticultura Brasileira*, 38: 439-444.

MELLO, A.F.; SILVA, G.; DE SOUSA, R.L.; BARBOSA, A.V.; NAKASU, E.Y.; SILVA, G.O.; BISCAIA, D.; PINHEIRO, J.B. 2022. Sweet potato genotypes ‘CIP BRS Nuti’ and ‘Canadense’ are resistant to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, and *M. enterolobii*. *Plant Disease*, 106: 1238-1243.

OOSTENBRINK, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen Van De Landbouwhogeschool Te Wageningen*, 66: 1-46.

PEIRIS, P.U.S.; XU, C.; BROWN, P.; LI, Y. 2021. Assessing the efficacy of alternative chemical and organic products against *Meloidogyne* spp. in sweet potato. *Scientia Horticulturae*, 283: 110079.

RUTTER, W.; SKANTAR, A.M.; HANDOO, Z.A.; MUELLER, J.D.; AULTMAN, S.P.; AGUDELO, P. 2019. *Meloidogyne enterolobii* found infecting root-knot nematode resistant sweet potato in South Carolina, United States. *Plant Disease*, 103: 775-775.

RUTTER, W.B.; WADL, P.A.; MUELLER, J.D.; AGUDELO, P. 2021. Identification of sweet potato germplasm resistant to pathotypically distinct isolates of *Meloidogyne enterolobii* from the Carolinas. *Plant Disease*, 105: 3147-3153.

SCHWARZ, T.R.; LI, C.; YENCHO, G.C.; PECOTA, K.V.; HEIM, C.R.; DAVIS, E.L. 2021. Screening sweet potato genotypes for resistance to a North Carolina isolate of *Meloidogyne enterolobii*. Plant Disease, 105: 1101-1107.

SCOTT, K.; KNOTT, M.A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, 30: 507-512.

SILVA, E.M.D.; SOUZA POLLO, A.; NASCIMENTO, D.D.; FERREIRA, R.J.; DUARTE, S.R.; FERNANDES, J.P.P.; SOARES, P.L.M. 2021. First report of root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* infecting sweet potato in the State of Rio Grande do Norte, Brazil. Plant Disease, 105: 1571-1571.

TAYLOR, A.L. 1967. Introduction to research on plant nematology: a FAO guide to study and control of the plant parasitic nematodes. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, p.113.

TAYLOR, D.T.; SASSER, J.N. 1978. Biology identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh, North Carolina State University. p.111.

VILLORDON, A.; CLARK, C. 2018. Variation in root architecture attributes at the onset of storage root formation among resistant and susceptible sweet potato cultivars infected with *Meloidogyne incognita*. HortScience 53: 1924-1929.

WENDIMU, G.Y. 2021. Biology, taxonomy, and management of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in sweet potato. Advances in Agriculture, 2021: 1-13.

CONCLUSÕES            GERAIS            DA  
DISSERTAÇÃO

---

---

Foi confirmado, em mais este estudo, que o nematoide-das-galhas, *Meloidogyne enterolobii* possui alta agressividade às culturas de ervilha, grão-de-bico, lentilha, pimentas (*Capsicum annuum* e *C. chinense*) e também batata doce. Além disso, os germoplasmas estudados, ou seja, o conjunto de genótipos disponível para contribuir com características favoráveis dentro de programas de melhoramento genético, se mostrou pouco capaz de servir como fontes de resistência no caso das pulses e das pimentas. Fontes de resistência promissoras, no entanto, foram identificadas dentro do conjunto de genótipos de batata-doce avaliado, que poderão contribuir significativamente para os programas de melhoramento genético dessa cultura.

Além da caracterização de genótipos resistentes, a identificação de genótipos e, principalmente, de cultivares suscetíveis, realizada no presente estudo, é também de grande relevância, visto que possibilita evitar o cultivo inadvertido de plantas suscetíveis em áreas infestadas. O relato de que são escassos os genótipos resistentes no germoplasma disponível, embora preocupante, possibilita que se tomem providências visando à identificação e à introdução de fontes de resistência nos programas de melhoramento, especialmente no caso de um patógeno emergente com expressiva virulência, tal como o *M. enterolobii*.

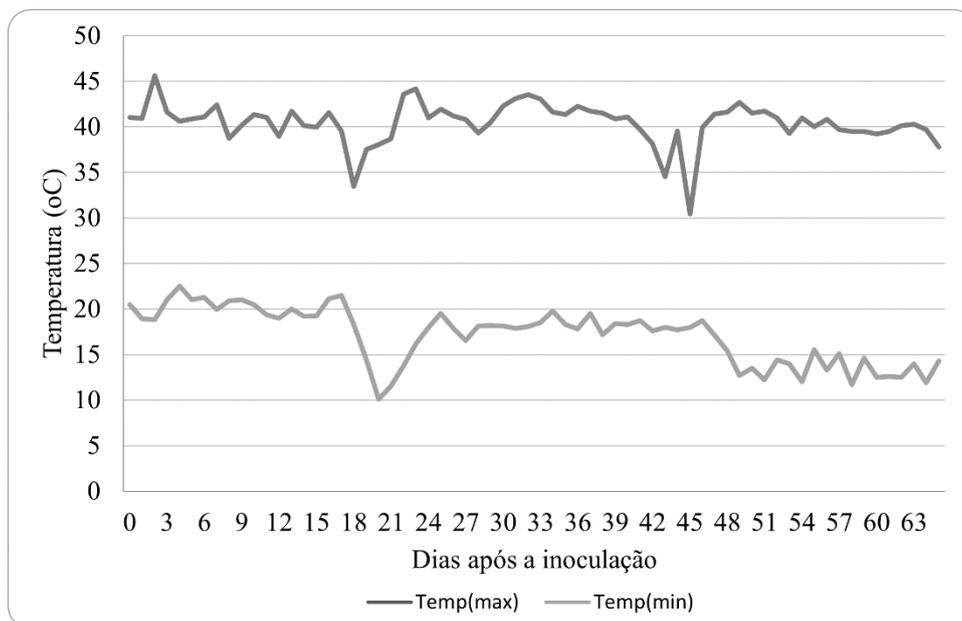
Ressalta-se, ainda, que a prospecção de fontes de resistência a *M. enterolobii* em plantas cultivadas, possibilitando a futura disponibilização de cultivares resistentes, resulta, em última instância, na redução da utilização de nematicidas químicos, bem como na mitigação da disseminação dessa espécie de nematoide rumo a novas áreas cultivadas, o que causaria prejuízos para os produtores e aumentos nos custos para o setor produtivo.

Em resumo, o presente estudo possui o potencial de impactar o setor do agronegócio de modo a expandir o plantio de cultivares resistentes para diferentes polos de produção, inclusive pequenos produtores, contribuindo para o desenvolvimento da economia e da sociedade.

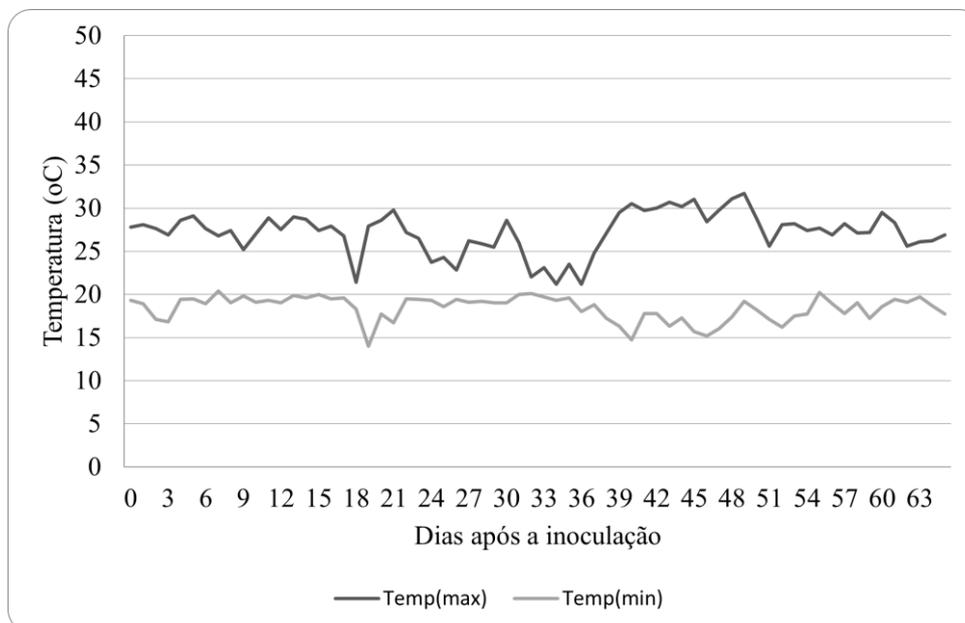
# ANEXOS

---

**ANEXO 1.** Registros das temperaturas máximas e mínimas na casa-de-vegetação ao longo do primeiro experimento de Pulses. Embrapa Hortaliças, 2022.



**ANEXO 2.** Registros das temperaturas máximas e mínimas na casa-de-vegetação ao longo do segundo experimento de Pulses. Embrapa Hortaliças, 2022.



**ANEXO 3.** Avaliação de genótipos de pulses (ervilha, grão-de-bico e lentilha) para resistência ao nematoide-das-galhas *Meloidogyne enterolobii*: Resumo da análise de variância conjunta dos dois experimentos. Embrapa Hortaliças, 2022.

Fonte de Variação	GL	Probabilidade de $p \leq 0,05$			
		IG <sup>1</sup>	IMO <sup>2</sup>	O+J2/g raiz <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup>

Genótipos (G)	22	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
Experimentos (E)	1	100 <sup>ns</sup>	1.44*	22.29 <sup>ns</sup>	0.01*
GxA	22	0.004*	0.04*	100.00 <sup>ns</sup>	0.00*
Média	-	4,47	4.18	8459.36	6.63
H <sup>2</sup>	-	94.81	88,30	79.74	92,86
CVg/CVe	-	1.51	0.97	0.57	1,27
CVe (%)	-	10.15	15.73	139.23	42.57

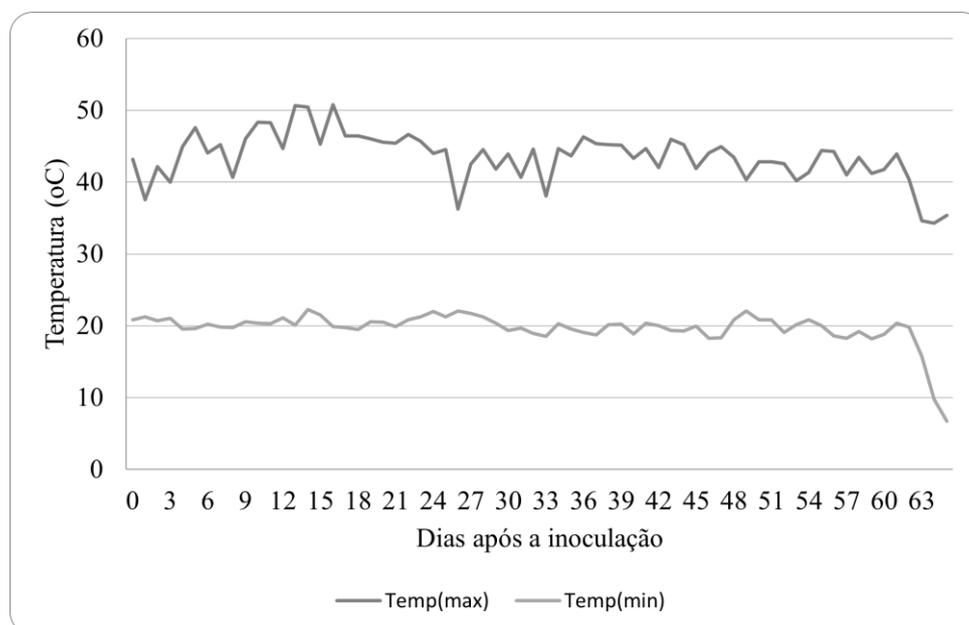
<sup>1</sup>IG e <sup>2</sup>IMO: índice de massa de ovos e de galhas de acordo com Taylor & Sasser (1978); <sup>3</sup>O+J2: número de ovos e J2 por grama de raiz; <sup>4</sup>FR: fator de reprodução = População final/população inicial (5000 ovos e J2). \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ns: não significativo. H<sup>2</sup>: Herdabilidade em %; CVg/CVe: Coeficiente de variação genotípico sobre o coeficiente de variação experimental; CVe: coeficiente de variação experimental.

#### ANEXO 4. Correlação simples entre os caracteres Experimento 1 na diagonal superior e Experimento 2 na diagonal inferior

	IG	IMO	Ovos+J2/g raiz	FR	IR%
IG		0,63*	0,16*	0,42*	0,42*
IMO	0,67*		0,18*	0,44*	0,44*
Ovos+J2/g raiz	0,21*	0,35*		0,02	0,10
FR	0,34*	0,37*	0,09		0,98*
IC%	0,29*	0,37*	0,10	0,94*	

\*Significativo a 5% pelo teste t.

#### ANEXO 5. Registros das temperaturas máximas e mínimas na casa-de-vegetação ao longo dos dois experimentos de Pimentas. Embrapa Hortaliças, 2022.



**ANEXO 6.** Resumo da análise de variância segundo Cruz et al. (2016), para variáveis nematológicas no experimento 1: Reação de *Capsicum chinense* a *Meloidogyne enterolobii*, Embrapa Hortaliças, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		IG	IMO	O+J2/g raiz	FR
Blocos	3	1,68	1,68	624244,34	6,20
Genótipos	27	0,70*	0,70*	11412687,65*	17,16*
Resíduo	81	0,29	0,29	1588057,74	3,57
Média	-	4,19	4,19	2116,07	4,93
H <sup>2</sup>	-	58,85	58,85	86,09	79,21
CVg/CVe	-	0,60	0,60	1,24	0,98
CVe (%)	-	12,79	12,79	59,55	38,29

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. H<sup>2</sup>: Herdabilidade em %; CVg/CVe: Coeficiente de variação genotípico sobre o coeficiente de variação experimental; CVe: coeficiente de variação experimental.

**ANEXO 7.** Resumo da análise de variância segundo Cruz et al. (2016), para as variáveis nematológicas no experimento 2: Reação de *Capsicum annum* a *Meloidogyne enterolobii*, Embrapa Hortaliças, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		IG	IMO	O+J2/g raiz	FR
Blocos	3	0,03	0,03	6480812,26	1,76
Genótipos	7	0,57	0,57	36071864,42	28,19*
Resíduo	21	0,41	0,41	21477826,60	6,67
Média	-	3,91	3,91	4177,13	5,30
H <sub>2</sub>	-	27,30	27,30	40,46	76,35
CVg/CVe	-	0,31	0,31	0,41	0,90
CVe (%)	-	16,44	16,44	110,95	48,75

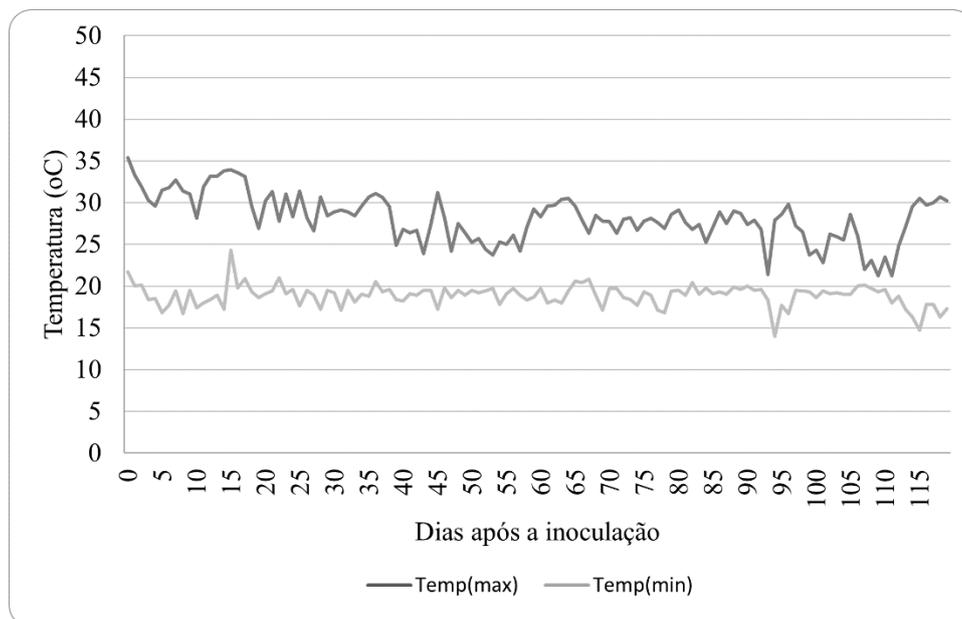
\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. H<sup>2</sup>: Herdabilidade em %; CVg/CVe: Coeficiente de variação genotípico sobre o coeficiente de variação experimental; CVe: coeficiente de variação experimental.

**ANEXO 8.** Correlação simples entre os caracteres Experimento 1 na diagonal superior e Experimento 2 na diagonal inferior

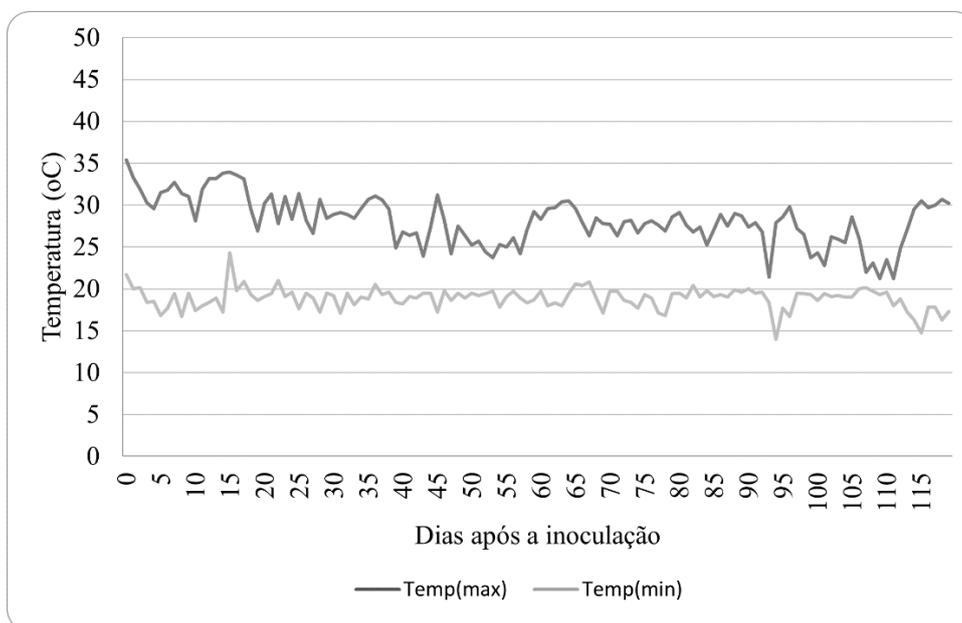
	IG	IMO	Ovos+J2/g raiz	FR	IR%
IG		1,00*	-0,50*	-0,05	0,06
IMO	1,00*		-0,50*	-0,05	0,06
Ovos+J2/g raiz	0,45*	0,45*		0,38*	0,44*
FR	0,67*	0,67*	0,70*		0,92*
IR%	0,66*	0,66*	0,78*	0,98*	

\*Significativo a 5% pelo teste t.

**ANEXO 9.** Registros das temperaturas máximas e mínimas na casa-de-vegetação ao longo do primeiro experimento de Batata-doce. Embrapa Hortaliças, 2022.



**ANEXO 10.** Registros das temperaturas máximas e mínimas na casa-de-vegetação ao longo do segundo experimento de Batata-doce. Embrapa Hortaliças, 2022.



**ANEXO 11.** Resumo da análise de variância segundo Cruz et al. (2016), para os caracteres nematológicos em ambos os experimentos: Reação de genótipos de batata-doce a *M. enterolobii*. Embrapa Hortaliças, 2022.

Fonte de Variação	GL	IG	Quadrados médios		
			IMO	O+J2/g raiz	FR
2019					

Blocos	3	0,47	0,53	193,23	2,13
Genótipos	8	4,57*	4,24*	1012,00*	14,45*
Resíduo	24	0,19	0,22	126,66	1,22
H <sup>2</sup>	-	95,89	94,60	87,48	91,63
CVg/CV	-	1,97	1,72	1,08	1,35
CV	-	9,88	11,34	35,05	26,18
2021					
Blocos	3	0,15	0,24	164,38	1,06
Genótipos	9	11,47*	11,01*	1293,74*	4,84*
Resíduo	27	0,33	0,29	130,88	0,69
H <sup>2</sup>	-	97,11	97,35	89,73	85,71
CVg/CV	-	2,37	2,47	1,21	1,00
CV	-	18,39	17,43	68,57	39,36

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. NS: não significativo. H<sup>2</sup>: Herdabilidade em %; CVg/CV: Coeficiente de variação genotípico sobre o coeficiente de variação; CV: coeficiente de variação.

**ANEXO 12.** Análise de correlação simples para 2019 na diagonal inferior e 2021 na diagonal superior

	IG	IMO	NOGR	FR	IR%
IG		0,90*	0,57*	0,67*	0,67*
IMO	1,00*		0,50*	0,53*	0,53*
NOGR	0,33	0,34		0,89*	0,89*
FR	0,57*	0,58*	0,90*		1,00*
IR%	0,57*	0,58*	0,89*	1,00*	

\*Significativo a 5% pelo teste t.