



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOPATOLOGIA**

**NEMATOIDES DAS GALHAS ASSOCIADOS À CULTURA DA
CENOURA NA REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL E
REAÇÃO DE CULTIVARES**

CECILIA DA SILVA RODRIGUES

Brasília – DF

2017

CECILIA DA SILVA RODRIGUES

**NEMATOIDES DAS GALHAS ASSOCIADOS À CULTURA DA CENOURA NA
REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL E REAÇÃO DE CULTIVARES.**

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

Orientador

Prof. Juvenil Enrique Cares, PhD.

Coorientador

Jadir Borges Pinheiro, DSc.

BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

BRASIL

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Rodrigues, Cecília da Silva

Nematoides das galhas associados à cultura da cenoura na região do Distrito Federal e reação de cultivares.

Brasília, 2017.

Número de páginas p.131

Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília.

1. *Meloidogyne – Daucus carota* L.

I. Universidade de Brasília. PPG/FIT.

II. Título.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e coragem para enfrentar todos os desafios.

Aos meus pais Maria do Rosário e José Soares pelo amor, estímulo, dedicação e apoio dado a mim durante toda a vida. E à minha irmã Ciléia Rodrigues pelo amor, cumplicidade e amizade.

Aos meus orientadores Prof. Juvenil Cares e Dr. Jadir Pinheiro pelos ensinamentos, conhecimento compartilhado e apoio durante o curso.

Ao Dr. Agnaldo Carvalho pela ajuda na execução dos trabalhos, análise de dados e esclarecimentos de dúvidas.

Aos queridos amigos Adriana Andrade, Amanda Gomes, Bárbara de Alencar, Cristina Gravina, Daniela Rossato, Danielle Biscaia, Deborah Oliveira, Eder Marques, Jansen Rodrigo, Jessica da Mata, Justino Dias, Kamila Araújo, Maurício Rossato, Nancy Niño e Reinaldo Pimentel por toda ajuda, apoio, conselhos, cooperação e, principalmente, pela amizade. “Amizade não é sobre o tempo de convivência. É sobre quem você pode contar nos momentos difíceis.”

A todos os amigos e colegas que encontrei durante a pós-graduação. Em especial, à minha querida amiga Claudênia Ferreira que mesmo a distância sempre esteve presente.

Aos funcionários da Estação de Biologia da Universidade de Brasília, Fábio Rocha, Deusdete Francisco, Olinda Maria, Ângelo Alves, Evandro Calisto, Wasington Ribeiro, Francisco Jesus e Denílson José pela ajuda na execução dos experimentos, cordialidade, carinho e amizade.

Aos funcionários da Embrapa Hortaliças, equipe cenoura, pela ajuda nos experimentos de campo. E a todos os estagiários do laboratório de nematologia da Embrapa Hortaliças pela ajuda e carinho.

Aos estudantes de graduação Daniel Rezende, Larissa Queiroz e Lucas Vitório por toda colaboração, cooperação no trabalho e amizade.

À Universidade de Brasília / Departamento de Fitopatologia pela oportunidade de realizar este curso. À Embrapa Hortaliças pela oportunidade de executar este projeto usando a infraestrutura de campo e laboratório da unidade.

A todos os professores do Departamento de Fitopatologia da Universidade de Brasília pelos ensinamentos, em especial, ao Prof. Carlos Uesugi pela amizade e carinho e, ao Prof. Leonardo Boiteux por toda contribuição na redação da tese. E aos funcionários pela cooperação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela concessão de bolsas.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

Trabalho realizado junto ao Programa de Pós-graduação em Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Prof. Juvenil Enrique Cares e coorientação do Dr. Jadir Borges Pinheiro, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - **CAPES**; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - **CNPq** e Embrapa Hortaliças.

**NEMATOIDES DAS GALHAS ASSOCIADOS À CULTURA DA CENOURA NA
REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL E REAÇÃO DE CULTIVARES.**

CECILIA DA SILVA RODRIGUES

TESE APROVADA em __/__/____ por:

Prof. Adalberto Corrêa Café Filho (Examinador Interno ao Programa - UnB)

Prof. Leonardo Silva Boiteux (Examinador interno ao Programa - Embrapa Hortaliças)

Doutor Dilson da Cunha Costa (Examinador externo - Embrapa Cenargen)

Professor Juvenil Enrique Cares - Orientador (Presidente da banca - UnB)

**BRASÍLIA – DISTRITO FEDERAL
BRASIL
2017**

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	09
GENERAL ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPITULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA	16
1. CENOURA	17
1.1. Aspectos Gerais	17
1.2. Origem, disseminação e importância da cenoura	20
1.3. Botânica	22
1.4. Melhoramento genético da cenoura no Brasil	23
1.5. Problemas fitossanitários	25
2. GÊNERO <i>Meloidogyne</i>	26
2.1. Características gerais	26
2.2. Ciclo de vida de espécies do gênero <i>Meloidogyne</i>	27
2.3. Perdas e danos dos nematoides das galhas no cultivo da cenoura	29
2.4. Sintomas do ataque de espécies de <i>Meloidogyne</i> em cenoura	30
2.5. Medidas de controle de espécies de <i>Meloidogyne</i> em cenoura	31
2.6. Identificação de <i>Meloidogyne</i> spp.	32
2.7. Nematoides das galhas na cultura da cenoura	34
3. RESISTÊNCIA GENÉTICA DE PLANTAS A NEMATOIDES	37
CAPÍTULO 2 – LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES DE MELOIDOGYNE ASSOCIADAS COM CULTIVOS DE CENOURA DO DISTRITO FEDERAL E EM CRISTALINA (GO).	58
RESUMO	59
ABSTRACT	60
INTRODUÇÃO	61
MATERIAL E MÉTODOS	64
RESULTADOS	67
DISCUSSÃO	70
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CAPÍTULO 3 – REAÇÃO AOS NEMATOIDES DAS GALHAS DE CULTIVARES	

COMERCIAIS DE CENOURA EM CONDIÇÕES DE CAMPO.	78
RESUMO	79
ABSTRACT	81
INTRODUÇÃO	86
MATERIAL E MÉTODOS	90
RESULTADOS	89
DISCUSSÃO	97
CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
CAPÍTULO 4 – REAÇÃO DE CULTIVARES DE CENOURA ÀS ESPÉCIES <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>M. javanica</i> e <i>M. enterolobii</i> EM CONDIÇÕES DE CAMPO E CASA DE VEGETAÇÃO.	105
RESUMO	106
ABSTRACT	108
INTRODUÇÃO	110
MATERIAL E MÉTODOS	112
RESULTADOS	117
DISCUSSÃO	122
CONCLUSÕES	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXO	130

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Produção mundial de cenoura em 2012. 19

Tabela 2. Área de cenoura cultivada nas principais regiões produtoras (2013/2014). 19

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Fenótipos de esterase e percentagem de ocorrência em populações de espécies de *Meloidogyne*. provenientes de áreas de cultivo de cenoura do Distrito Federal e Cristalina – GO. 69

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Variáveis agronômicas avaliadas nas safras 2013 e 2015 em coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em Brasília-DF. 94

Tabela 2. Percentual de raízes comercializáveis dentro do total de raízes produzidas nas safras 2013 e 2015 em uma coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em Brasília-DF. 95

Tabela 3. Avaliação dos nematoides das galhas presentes no solo e nas cascas das raízes de uma coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas safras 2013 e 2015 em Brasília-DF. 96

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Reação de cultivares de cenoura a *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação. 117

Tabela 2. Reação de cultivares de cenoura a *M. incognita* e *M. incognita* + *M. javanica* em condições de campo. 120

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Danos causados em raízes de cenoura pelo nematoide das galhas. 31

CAPÍTULO 2

Figura 1. Áreas de cultivos de cenoura amostradas no Distrito Federal e Cristalina (GO) 64

Figura 2. Fenótipos de esterese das populações de nematoides das galhas identificadas em áreas de cultivo de cenoura no Distrito Federal e Cristalina – GO. 68

CAPÍTULO 4

Figura 1. Vista geral do experimento em área de campo contendo as cultivares de cenoura Nantes, Brasília-Agrocinco e Brasília-CNPH para a reação a *Meloidogyne incognita* e *M. incognita* + *M. javanica*. 113

Figura 2. Vista geral do experimento em casa de vegetação contendo as cultivares de cenoura Kuronan, Brasília-Agrocinco e Brasília-CNPH para a reação a *Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii*. 114

Figura 3. Orifícios para receber o inóculo das espécies *Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii*. 115

Figura 4. Reação das cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ a nematoides *M. incognitai* em casa de vegetação 118

Figura 5. Reação das cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ aos nematoides *M. incognita* + *M. javanica* em casa de vegetação. 118

Figura 6. Reação das cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ ao nematoide *M. enterolobii* em casa de vegetação. 119

Figura 7. Reação das cultivares de cenoura ‘Nantes’, ‘Brasília-Agrocinco e ‘Brasília-CNPH’ a *Meloidogyne incognita* em campo. 120

Figura 8. Reação das cultivares de cenoura ‘Nantes’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ a mistura de *M. incognita* + *M. javanica* em campo. 121

RESUMO GERAL

Rodrigues, Cecília da Silva. **Nematoides das galhas associados à cultura da cenoura na região do Distrito Federal e reação de cultivares.** 2017. (131 p.) Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

A cenoura é uma das hortaliças mais importantes no mercado brasileiro, principalmente, para a comercialização *in natura*. A produção dessa hortaliça pode ser severamente afetada pela infecção de nematoides parasitas de plantas, sendo que mais de 90 espécies deste grupo de patógenos já foram associadas à referida cultura. O nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) é o grupo que causa maiores perdas na cultura da cenoura. Os objetivos desse trabalho foram: (1) identificar as espécies de *Meloidogyne* presentes em áreas de cultivo de cenoura no Distrito Federal e no Município de Cristalina (GO); (2) avaliar a resposta de cultivares de cenoura quanto aos níveis naturais de infecção por espécies de *Meloidogyne* nas safras de 2013 e 2015, e (3) avaliar a reação de cultivares de cenoura em condições de campo ('Brasília-CNPH', 'Brasília-Agrocinco' e 'Nantes') e em condições de casa de vegetação ('Brasília-CNPH', 'Brasília-Agrocinco' e 'Kuronan') aos nematoides *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* (avaliada somente em condições controladas em casa de vegetação). Amostras de solo foram coletadas em campos comerciais de cenoura do Distrito Federal (DF) e de Cristalina, Goiás (GO). Ao todo foram coletadas 32 amostras compostas (22 amostras no DF e dez amostras em Cristalina, GO). Foi possível detectar nematoides das galhas em 22 amostras e identificar as espécies dos mesmos em 19 amostras. Por meio do fenótipo de esterese, foram identificadas as espécies *M. javanica* e *M. incognita*, ambas ocorreram isoladamente ou em mistura populacional. *Meloidogyne javanica* foi a espécie predominante nas áreas amostradas. Em relação à avaliação de cultivares comerciais quanto à produtividade, verificou-se diferença estatística significativa tanto entre as

cultivares de cenoura dentro de cada safra, como entre as safras. As cultivares mais produtivas foram: ‘Brasília-CNPH’, ‘Brasília-Horticeres’, ‘BRS Planalto-CNPH’, ‘BRS Planalto-Agrocinco’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-Tecnoseed’. A cultivar Brasília-CNPH obteve produtividade semelhante nas duas safras. Quanto à reação ao nematoide das galhas, foi observada diferença estatística para o fator de aumento/redução da população de juvenis do nematoide (J2) no solo (FA), entre as cultivares avaliadas nas duas safras. A população ‘CNPH 1212554’ foi a que apresentou maior FA na safra 2013 e a cultivar ‘Brasília-Tecnoseed’ na safra 2015. Nas duas safras, as cultivares que apresentaram menor quantidade de nematoides por grama de casca de raiz foram: ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’. Quanto à reação das cultivares ao nematoide das galhas verificou-se que para as variáveis: índice de massa de ovos (IMO), índice de galhas (IG) e fator de reprodução (FR), as cultivares ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como suscetíveis ao ataque de *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e resistentes à espécie *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação. No campo, somente a cultivar ‘Nantes’ mostrou suscetibilidade frente aos nematoides *M. incognita* e *M. incognita* + *M. javanica* e as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como resistentes, de acordo com os valores de IMO e IG.

Palavras-chave: *Daucus carota*, Cristalina, levantamento, melhoramento de plantas *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne enterolobii*, Distrito Federal.

Orientador – Juvenil Enrique Cares – Universidade de Brasília; Co-orientador – Jadir Borges Pinheiro – Embrapa Hortaliças.

GENERAL ABSTRACT

Rodrigues, Cecília da Silva. **Root-knot nematodes associated with carrot crop in Federal District region, and reaction of cultivars.** 2017. (131 p.) Doctoral Thesis in Plant Pathology. Universidade de Brasília, DF.

Carrot is among the most important vegetable crops in Brazil, mainly, for the fresh root market. The production of this vegetable can be severely affected by the infection of plant parasitic-nematodes, with more than 90 species being associated with this crop. The root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) is the main group of these soil-borne pathogens that causes yield and quality losses in the carrot crop. The main objectives of this study were: (1) to identify *Meloidogyne* species with natural occurrence in carrot growing areas in the Federal District and in Cristalina, State of Goiás (GO); (2) to evaluate reaction of carrot cultivars to *Meloidogyne* species under field conditions in 2013 and 2015 crop seasons; (3) to evaluate a subset of carrot cultivars under field ('Brasília-CNPH', 'Brasília-Agrocinco' and 'Nantes') and under greenhouse conditions ('Brasília-CNPH', 'Brasília-Agrocinco' and 'Kuronan') to *M. incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii* (evaluated only in controlled assays under greenhouse conditions). Soil samples were collected in carrot fields from the Federal District (DF) and from Cristalina (GO). A total of 32 samples were collected (22 samples in the Federal District and ten samples in Cristalina, GO). It was possible to detect root-knot nematodes in 22 samples and to identify the species in 19 samples. Analyses using the esterase phenotype, indicated the presence of the species *M. javanica* and *M. incognita*, which appeared either isolated or in a population mix. *Meloidogyne javanica* was the predominant species in the sampled areas. The cultivars with the highest yields were: 'Brasília-CNPH', 'Brasília-Horticeres', 'BRS Planalto-CNPH', 'BRS Planalto-Agrocinco', 'Brasília-Agrocinco' and 'Brasília-Tecnoseed'. The cultivar 'Brasília-

CNPH' displayed similar root yields in both crop seasons. It was observed statistical difference for the factor of increase/decrease of juveniles in soil (FA) between cultivars evaluated in the two crop seasons. The population 'CNPH 1212554' was the one with the highest FA in the 2013 crop season and cv. Brasília-Tecnoseed in the 2015 crop season. The cultivars with the lowest number of nematodes per gram of root skin in the two crop seasons were: 'Brasília-CNPH' and 'Brasília-Agrocinco'. As to the reaction of the carrot cultivars to the root-knot nematode, it was verified that for the variables: egg mass index (IMO), gall index (GI) and reproduction factor (FR): cultivars 'Kuronan', 'Brasília-Agrocinco' and 'Brasília-CNPH' displayed a susceptible reaction to the attack of *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* and showed resistant reaction to *M. enterolobii* under greenhouse. Under field conditions, only cultivar 'Nantes' showed susceptibility to *M. incognita* and to *M. incognita* + *M. javanica*, whereas 'Brasília-Agrocinco' and 'Brasília-CNPH' cultivars displayed a resistant reaction, according to IMO and GI values.

Keywords: *Daucus carota*, Cristalina, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne enterolobii*, plant breeding, Distrito Federal, survey.

Advisor: Juvenil Enrique Cares– Universidade de Brasília; Co-advisor: Jadir Borges Pinheiro–
Embrapa Hortaliças.

INTRODUÇÃO GERAL

A cenoura, *Daucus carota* L., é das uma hortaliças mais importantes para a comercialização *in natura*, sendo considerada como uma das cinco principais hortaliças do mercado brasileiro (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2015). É uma planta cultivada mundialmente, principalmente nos trópicos e regiões temperadas (Anonymous, 2008). Pertence à família *Apiaceae*, sendo do grupo das raízes tuberosas, cultivada em larga escala nas regiões Sudeste, Nordeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil (Embrapa, 2000; Cepea, 2014).

A planta da cenoura produz uma raiz aromática e comestível, caracterizando-se como uma hortaliça de grande valor, por seu elevado consumo mundial, extensão de área plantada e grande envolvimento sócio-econômico dos produtores rurais (Chitarra & Carvalho, 1984; Oliveira *et al.*, 2005). Além disso, apresenta alta expressão econômica, sendo considerada a principal hortaliça-raiz em valor alimentício, rica em vitaminas (principalmente de compostos carotenoides com ação de pró-vitamina A) e sais minerais (Reghin & Duda, 2000).

Entretanto, em todo o mundo, a produção da cenoura tem enfrentado restrição significativa devido à infecção por nematoides fitoparasitas, dentre os quais mais de 90 espécies já foram assinaladas infectando a cultura (Davis & Raid, 2002). No Brasil os principais nematoides que causam danos à cultura da cenoura são os do gênero *Meloidogyne* Goeldi, conhecidos como nematoides das galhas. Esses patógenos causam perdas na qualidade e rendimento das raízes colhidas, afetando a oferta do produto para o consumo interno (Charchar *et al.*, 2000).

A infecção por nematoides das galhas em cenoura resulta em raízes bifurcadas, deformadas e com ramificações excessivas, além da presença de galhas que

comprometem qualitativamente o valor comercial das raízes (Ferraz & Santos, 1984). O controle de nematoides das galhas em solos infestados é imprescindível para a produção de raízes de cenoura qualitativamente aceitáveis no mercado, considerando que, mesmo com baixas infestações dos nematoides no solo, a produção comercial de raízes pode ser comprometida em até 25 % (Charchar & Vieira, 1990).

De acordo com Ferraz & Santos (1984), o controle químico de nematoides por meio de nematicidas não é recomendável, devido ao alto custo desses produtos e também devido ao negativo impacto ambiental. No Brasil, os nematicidas registrados para a cenoura são o Bunema 330 CS[®], Carboran Fersol 50 GR[®], Certo 100 GR[®], Diafuran 50[®], Furacarb 100GR[®], Furadan 100 G[®] e Furadan 50 GR[®] que têm qualificação de extrema a mediana toxicidade, sendo poluentes ao ambiente (Agrofit, 2016). Dessa forma, o emprego de variedades e/ou híbridos com resistência genética natural, quando disponíveis, é o método mais eficaz no controle de nematoides.

Fontes de resistência de cenoura à infecção por nematoides formadores de galhas, *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, têm sido identificadas, no Brasil, em progênies e variedades de cenoura, desde as décadas de 1970-1980 (Huang & Charchar, 1982; Charchar *et al.*, 1982; Charchar & Vieira, 1990, 1991). A maioria dos esforços direcionados à caracterização genética da resistência a nematoides nessa hortaliça têm sido restritos a *M. javanica* e *M. incognita* (Huang *et al.*, 1986; Simon *et al.*, 2000). Porém, ainda não é conhecida fonte de resistência em cenoura ao nematoide das galhas que garanta a completa imunidade ou elevados níveis de resistência.

Diante do exposto acima, os objetivos desta pesquisa foram: (1) identificar espécies de *Meloidogyne* presentes em áreas de cultivo comercial de cenoura do Distrito Federal e no município de Cristalina, Goiás (GO); (2) avaliar a resposta de cultivares de

cenoura quanto aos níveis naturais de infecção por espécies de *Meloidogyne* nas safras de 2013 e 2015 e (3) avaliar a reação de cultivares em condições de campo e em condições de casa de vegetação aos nematoides *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*.

Capítulo 1

REVISÃO DE LITERATURA

1. A cultura da cenoura

1.1. Aspectos gerais

A cenoura (*Daucus carota* L.) é definida como uma das mais importantes hortaliças tanto pela expressividade do seu consumo a nível mundial, quanto pela extensão de área plantada e pelos benefícios financeiros gerados aos produtores rurais dessa cultura (Freitas *et al.*, 2009). A cenoura é uma das cinco principais hortaliças consumidas pelo brasileiro (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2015), apresentando um conteúdo nutricional de elevada qualidade.

Apesar de ser uma hortaliça mais adaptada a condições de clima ameno, a cenoura tem sido cultivada durante todo o ano no Brasil devido ao desenvolvimento de materiais genéticos melhorados, que apresentam maiores níveis de tolerância ao calor e as principais doenças que afetam a cultura (Pádua *et al.*, 1984; Vieira *et al.*, 2012). As novas cultivares desenvolvidas pelo melhoramento genético de cenoura apresentando características de tolerância ao calor e de resistência às principais doenças, favoreceram o aumento significativo da área de cultivo em regiões de clima quente, principalmente no Nordeste e no Centro-Oeste do Brasil (Silva *et al.*, 2011).

Existem dois grandes grupos de cultivares de cenoura, as de verão e as de inverno. Cada grupo varietal possui características próprias quanto à resistência a doenças, época de plantio e formato de raízes (Souza, 2002). Mesmo com a disponibilidade de cultivares específicas para cada época do ano, o cultivo da cenoura no verão pode ser negativamente afetado por determinados eventos climáticos, incluindo a adequada germinação das sementes, o pleno desenvolvimento da planta e a qualidade das raízes (Resende *et al.*, 2005).

O fator ambiental determinante na produção da cenoura é a temperatura. As cultivares produzem raízes de boa qualidade na faixa de 18 a 25 °C. O desenvolvimento das raízes e a produtividade podem ser influenciados negativamente por temperaturas acima de 30 °C. A faixa de temperatura ideal para que ocorra uma germinação rápida e uniforme é de 20 a 30 °C, ocorrendo à emergência entre sete e dez dias após a semeadura (Vieira *et al.*, 1999).

Na região Nordeste prevalece o uso das cultivares de verão, que são adaptadas a altas temperaturas. Nesta região, predomina o plantio da cultivar ‘Brasília’ e alcança todos os Estados nordestinos, com cultivos realizados durante todo o ano (Vilela & Borges, 2008). Nas demais regiões do país utilizam-se tradicionalmente as cultivares e híbridos importados do grupo ‘Nantes’ (nos períodos de outono e inverno) e as cultivares dos grupos ‘Brasília’ (exemplos: BRS Alvorada, BRS Planalto e BRS Esplanda) e ‘Kuroda’ (na primavera e verão) (Reghin & Duda, 2000; Vieira *et al.*, 2012; Embrapa, 2014). As cultivares predominantes para a produção comercial a nível mundial incluem o grupo varietal ‘Nantes’ para a Europa, ‘Kuroda’ para a Ásia, ‘Brasília’ para o Brasil e ‘Imperador’ para a América do Norte (Simon *et al.*, 2008).

Atualmente a China é o país com maior produção de cenouras, seguida pelo Rússia, Estados Unidos, Uzbequistão, Polônia, Ucrânia, Brasil, Turquia, Marrocos Reino Unido, Japão, França e Alemanha (Tabela 1). Da produção total, de cerca de 35,6 milhões de toneladas em 2011 (FAO, 2013), a participação da China é de 45,5% e da Rússia é de 4,8% (Varmudy, 2014)

Tabela 1. Produção mundial de cenoura em 2012.

Classificação	País	Produção (ton)
1	China	16.800.000
2	Rússia	1.565.032
3	USA	1.364.080
4	Uzbequistão	1.300.000
5	Polónia	834.698
6	Ucrânia	915.900
7	Brasil**	780.000
8	Turquia	714.000
9	Marrocos	707.360
10	Reino Unido	663.700
11	Japão	619.000
12	França	544.979
13	Alemanha	592.761

Fonte: FAOSTAT 2012, ** Dados obtidos no IBGE, 2012.

O principal polo produtor de cenoura no Brasil é o município de São Gotardo, localizado no Estado de Minas Gerais. Outros Estados produtores de cenoura são: Goiás (região de Cristalina), Bahia, Paraná e Rio Grande do Sul (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2015; CEPEA, 2015) (Tabela 2).

Tabela 2. Área de cenoura cultivada nas principais regiões produtoras (2013/2014).

Região Produtora	Área cultivada (ha)
Minas Gerais	5.660
Paraná	1.200
Goiás	1.170
Bahia	900
Rio Grande do Sul	715
Total	9.645

Fonte: CEPEA, 2014

O Centro-Oeste cultiva algo em torno de 1.700 ha de cenoura por ano. O Distrito Federal (DF) é o principal produtor da região com aproximadamente 66% da produção do Centro-Oeste (26.676 toneladas) em 2002. No DF, a cenoura se posiciona entre as

principais hortaliças, sendo cultivada nas regiões administrativas de Brazlândia, Ceilândia, Gama, Núcleo Bandeirante, Paranóia, Planaltina, São Sebastião e Sobradinho. A área plantada de cenoura no Distrito Federal em 2012 foi de aproximadamente 303 hectares com uma produção total de 9.302,26 toneladas (EMATER, 2012). Na safra 2013/2014 a região de Brazlândia produziu cerca de 2.531,40 toneladas de cenoura (Agência Brasília, 2016). No DF destacam-se as regiões de Brazlândia e Alexandre Gusmão, responsáveis por aproximadamente 60% do total produzido (Pires *et al.*, 2004).

O consumo de cenoura no Brasil é ainda considerado baixo, sendo aproximadamente quatro quilos por habitante por ano. Em 2014, a produção total de cenoura foi de 760,32 mil toneladas, ocupando uma área de 24.560 hectares de lavouras. Houve uma queda de 2,5% na produção, em relação aos anos anteriores, que foi atenuada pelo crescimento de 3% em produtividade (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2015).

1.2. Origem, disseminação e importância da cenoura

O centro de diversidade do gênero *Daucus* é a região do Mediterrâneo (Arbizu *et al.*, 2016), sendo o Afeganistão (Filgueira, 2008; Simon *et al.*, 2008), o principal centro de diversidade da planta. A Turquia é considerada o centro de diversidade secundária (Mackevic, 1929). A cenoura selvagem ocorre em várias regiões temperadas do mundo, muito além de seus centros de origem (Mediterrâneo e Ásia Central) onde apresenta grande diversidade fenotípica e genética (Banga, 1957).

Cultivada há mais de dois mil anos, a cenoura foi muito apreciada por diferentes classes sociais da Grécia antiga (Disqual, 2000). A cenoura selvagem foi relatada como

planta medicinal nos jardins da antiga Roma, onde era usada como afrodisíaco e, em alguns casos, como parte de uma mistura para evitar intoxicação (Stolarczyk & Janick, 2011). As primeiras cenouras apresentavam raízes de cor branca, amarela ou roxa. As variedades atuais (com coloração laranja) provêm de mutações, muito provavelmente identificadas na Holanda no século XVII (Disqual, 2000). A cenoura cultivada evoluiu de populações relativamente complexas e foi trabalhada por diversos povos europeus e, finalmente, alcançou os tempos atuais e quase todos os países a cultivam (Casali *et al.*, 1984). Em seu estado selvagem a cenoura é pequena, de sabor amargo e com pouco apelo como alimento, porém, após anos de cultivo, com a contribuição de mutações naturais e dos processos de domesticação, tornou-se uma hortaliça versátil, contendo variedades com várias cores, sabor mais agradável e com formatos e tamanhos de raízes distintos (Stolarczyk & Janic, 2011).

O início do cultivo da cenoura no Brasil coincidiu com a imigração europeia para o extremo sul do país no século XVII. A introdução da cenoura no país ocorreu por meio de imigrantes portugueses da ilha de Açores que, em meados do século XVI, trouxeram sementes desta e de outras hortaliças. Supõe-se que as primeiras plantações tenham ocorrido no século XIX no estado do Rio Grande do Sul e, a partir dos anos 1960, as sementes submetidas a técnicas de melhoramento começaram a ser utilizadas pelos agricultores (Vilela & Borges, 2008; Simon *et al.*, 2008).

As cenouras são ricas em carotenoides, especialmente o beta-caroteno e o alfa-caroteno, que são convertidos em vitamina A no organismo humano. Uma adequada nutrição pró-vitamina A promove a saúde e o bom funcionamento da visão humana, além de ser importante para o crescimento e desenvolvimento infantil (Carvalho *et al.*, 2006; Tanumihardjo, 2011; Sharma *et al.*, 2012). Os carotenoides também são substâncias antioxidantes e têm sido associados à melhora na função imunológica,

redução do risco de várias doenças e certos tipos de câncer tais como: próstata (Wu *et al.*, 2014), colon (Slattery *et al.*, 2000), estômago (Larsson *et al.*, 2007) e mama (Eliassen *et al.*, 2012). Cenouras também são boas fontes de biotina, vitamina K (filoquinona), vitamina B6 e de potássio (Tanumihardjo, 2011).

1.3. Botânica

A cenoura (*Daucus carota* L.) pertence ao grupo das raízes tuberosas da família botânica Apiaceae (ex-Umbeliferae). A família Apiaceae é uma das maiores famílias das Angiospermas e engloba aproximadamente 400 gêneros com cerca de 4.000 espécies, tendo uma ampla distribuição geográfica (Souza & Lorenzi, 2005). A cenoura é, sem questionamento, a espécie de Apiaceae mais cultivada no mundo (Rubatzky *et al.*, 1999).

O centro de diversidade do gênero *Daucus* engloba a região do Mediterrâneo até a Ásia Central (Arbizu *et al.*, 2016). A cenoura é uma espécie essencialmente alógama, tendo várias subespécies identificadas (Riggs, 1995; Arbizu *et al.*, 2016). Todos os membros do gênero possuem números idênticos de cromossomos ($2n = 2x = 18$), tendo poucas barreiras de intercruzamento entre as diferentes subespécies (Arbizu *et al.*, 2016).

A cenoura com padrão comercial apresenta uma raiz tuberosa, intumescida, reta (sem ramificações), apresentando coloração laranja intensa e elevada concentração de açúcares. O caule situa-se no ponto de inserção das folhas, na parte superior da raiz, não sendo nítido. Originalmente é uma planta bienal. O ciclo de vida da cenoura abrange uma fase vegetativa, uma de formação de raiz (de interesse comercial) e a fase

reprodutiva, com emissão do pendão floral (o que termina com a inflorescência do tipo de umbela) (Peña, 1996).

1.4. Melhoramento genético da cenoura no Brasil

A cenoura é uma planta alógama, que apresenta flores hermafroditas e masculinas, reunidas em umbeletas, as quais em conjunto formam a umbela (Vieira & Casali, 1984). Os principais dispositivos botânicos que concorrem para alta taxa de cruzamento natural são a protandria, o longo período de florescimento e a abertura diferenciada das flores em nível de umbela (Vieira & Casali, 1984).

O melhoramento genético da cenoura teve início, provavelmente, com a sua domesticação, há cerca de 1100 anos (Laufer, 1919). Segundo Vieira (1988) as cultivares modernas de cenoura foram aperfeiçoadas a partir de populações complexas, fenotipicamente heterogêneas e de base genética ampla, onde foram submetidas a diversos ciclos de seleção, em diferentes regiões da Europa.

A maioria das cultivares de cenoura para cultivo de verão é proveniente de programas de melhoramento genético executados por instituições brasileiras públicas ou privadas. Todavia, há poucos detalhes sobre os métodos de melhoramento que foram utilizados durante o desenvolvimento dessas cultivares (Vieira *et al.*, 2006). De maneira geral, todos os métodos de seleção utilizados no melhoramento da cenoura envolvem, estratégias de recombinação dos melhores indivíduos selecionados dentro das melhores famílias, com base em avaliações fenotípicas e/ou genotípicas. Nestas estratégias de seleção recorrente, o principal objetivo é aumentar a frequência de alelos desejáveis e criar condições para a obtenção de populações superiores (Vieira & Casali, 1984). De fato, o emprego de estratégias de seleção recorrente tem oferecido avanços

significativos na constituição de novas populações de cenoura, adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras (Silva & Vieira, 2008; Viera & Casali, 1984). Entre as técnicas mais eficientes de melhoramento genético aplicadas na cultura da cenoura destaca-se o método da seleção recorrente baseado no desempenho de progênies de plantas meio-irmãs.

São vários os caracteres analisados nos programas de melhoramento de cenoura para o desenvolvimento de novas cultivares. Dentre as características mais importantes estão aquelas relacionados ao rendimento da cultura e à aparência das raízes (Silva & Vieira, 2008; Silva & Vieira, 2010). Para alguns caracteres relativamente pouco influenciados pelo ambiente, o emprego de métodos mais simples de seleção massal pode se mostrar eficiente, sendo um grande diferencial de seleção, além da recombinação em cenoura ocorrer somente entre indivíduos selecionados (Vieira & Casali, 1984).

A cultivar de cenoura ‘Brasília’ foi lançada oficialmente no ano de 1981, sendo resultado de um projeto de cooperação entre o programa de melhoramento do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ) da Embrapa Hortaliças em parceria com o Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). ‘Brasília’ é uma cultivar de polinização aberta que foi obtida por meio da seleção recorrente (Vieira *et al.*, 1983).

Grande parte das seleções feitas dentro da cultivar ‘Brasília’ que estão atualmente disponíveis no mercado está, no ponto de vista genético, descaracterizada, apresentando padrão varietal distinto daquele alcançado originalmente em 1981. Essa conjuntura é explicada pelas seleções realizadas pelas empresas produtoras de sementes, com o objetivo de melhorar a qualidade das raízes pela redução da frequência de características indesejáveis tais como: incidência de ombro verde e a baixa intensidade

da coloração laranja, características ainda presentes na cultivar ‘Brasília’ original (Granjeiro *et al.*, 2012).

1.5. Problemas fitossanitários

As principais doenças relacionadas à cultura da cenoura são: o tombamento de plântulas causado por *Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko, *Alternaria radicina* (Meier) Drechsler & Eddy, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn e *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae* (Kendrick) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings, 1995; a queima-das-folhas (causado por um complexo de patógenos, *Alternaria dauci*, *Cercospora carotae* Passerini e *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae*); a podridão das raízes (*Sclerotium rolfsii* Sacc., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary e *Pectobacterium carotovorum* (Jones) Waldee, 1945; as galhas radiculares (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 e *M. hapla* Chitwood, 1949 (Embrapa, 2008).

A queima-das-folhas é a principal doença foliar da cenoura e, é causada por um complexo fúngico-bacteriano incluindo *A. dauci*, *C. carotae* e *X. hortorum* pv. *carotae*. Os três patógenos podem estar presentes isoladamente, ou ocorrer ao mesmo tempo. O diagnóstico dos agentes causais da queima-das-folhas em condições de campo é dificultado devido ao fato de todos os componentes do complexo induzirem sintomas muito semelhantes (Reifschneider, 1980). A queima-das-folhas ocorre praticamente em todas as regiões onde se cultiva cenoura, principalmente em períodos quentes e úmidos do ano (Henz & Lopes, 2000).

A infecção por nematoides caracteriza-se como um dos principais problemas do cultivo da cenoura em praticamente todas as regiões do mundo (Ferraz & Santos, 1984).

Mais de 90 espécies de nematoides parasitas de plantas já foram associadas com o cultivo da cenoura, incluindo espécies dos gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* Filipjev, 1936, *Longidorus* (Micoletzky, 1922) Filipjev, 1934, *Paratylenchus* Micoletzky, 1922, *Paratrichodorus* Siddiqi, 1974, *Belonolaimus* Siddiqi, 1986, *Rotylenchus* Filipjev, 1936 e *Ditylenchus* Filipjev, 1936 (Davis & Raid, 2002). No Brasil os nematoides parasitas de plantas que mais causam danos à cultura da cenoura são os do gênero *Meloidogyne* (Charchar *et al.*, 2000).

2. GÊNERO *Meloidogyne*

2.1. Características gerais

O gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887, compreende os fitoatógenos conhecidos como nematoides das galhas. É um grupo economicamente importante, altamente polífago, distribuído em todo o mundo e reportado parasitando quase todas as espécies de plantas superiores (Moens *et al.*, 2009). Os nematoides das galhas atacam mais de 2.000 espécies de plantas, com um impacto na redução da produção agrícola mundial em cerca de 5% (Agris, 2005).

Os nematoides das galhas são endoparasitas sedentários e estão entre os patógenos vegetais mais bem-sucedidos na natureza (Hussey & Janssen, 2002). Uma das características dos nematoides desse gênero é o dimorfismo sexual, caracterizado pela presença de fêmeas obesas e os machos vermiformes (Castagnone-Sereno *et al.*, 2013). O juvenil de segundo estágio (J2) é o único estágio infectante de *Meloidogyne* e, penetra na planta induzindo a formação das galhas nas raízes. Estas deformações estruturais do tecido hospedeiro são resultantes do estabelecimento do nematoide no

interior das raízes afetando a absorção de água e nutrientes e favorecendo a infecção secundária por outros patógenos (Moens *et al.*, 2009).

A formação de galhas por *Meloidogyne* é a reação morfológica da planta infectada que se inicia rapidamente, algumas horas após a invasão do patógeno (Tihohod, 2000). A galha não é essencial para o desenvolvimento e a reprodução do nematoide, o fator mais importante é a formação das células gigantes, que são adaptações celulares altamente especializadas e mantidas pelos nematoides, que se desenvolvem como uma resposta a substâncias específicas introduzidas nas células normais (Tihohod, 2000).

Os nematoides das galhas possuem uma diversidade notável de modos de reprodução. Espécies desse gênero podem se reproduzir sexualmente (anfimixia) ou através de diferentes modos de partenogênese mitótica, ou meiótica, dependendo da presença ou ausência de machos (Castagnone-Sereno *et al.*, 2013).

2.2. Ciclo de Vida de Espécies do Gênero *Meloidogyne*

O ciclo de vida dos nematoides das galhas leva de três a seis semanas para ser concluído, dependendo da espécie e das condições ambientais e compreende quatro fases juvenis, além do estágio adulto. Essas fases são separadas por ecdises, durante as quais a cutícula é trocada (Castagnone-Sereno *et al.*, 2013).

Cada fêmea produz cerca de 500 ovos em uma massa gelatinosa (Agrios, 2005). Esta massa gelatinosa é composta de uma matriz de glicoproteínas, produzida nas glândulas retais da fêmea. Essas massas são encontradas na superfície das raízes com galhas. São macias, pegajosas e hialinas, mas, com o passar do tempo, ficam firmes e escurecidas. (Moens *et al.*, 2009).

Dentro do ovo, após o desenvolvimento embrionário, o juvenil de primeiro estágio (J1) passa pela primeira ecdise, dando origem ao juvenil de segundo estágio (J2). Esta é a única fase infecciosa do nematoide. A eclosão do J2 é impulsionada pela temperatura e ocorre sem a necessidade de estímulo a partir de raízes de plantas (Agrios, 2005; Karssen & Moens, 2006; Moens *et al.*, 2009).

No solo, o J2 é vulnerável e necessita localizar a hospedeira rapidamente para garantir sua sobrevivência. O J2 migra para a região de alongamento celular próxima da coifa da raiz, mesmo em plantas resistentes aos nematoides das galhas. Eles também são atraídos para meristemas apicais, os quais constituem pontos de surgimento de raízes laterais e locais de penetração de outros J2. Há pouca diferença na atratividade entre raízes suscetíveis e resistentes de plantas. Entretanto, quando os dois tipos de raízes estiverem presentes, as suscetíveis são muito mais atraentes (Karssen & Moens, 2006; Moens *et al.*, 2009).

O dióxido de carbono (CO₂) é frequentemente considerado como sendo o fator mais importante para atrair os nematoides parasitas de plantas. O J2 penetra as paredes rígidas das células da raiz devido a uma ação combinada de danos físicos, como a força mecânica do estilete e a desagregação química desencadeada por enzimas celulolíticas e pectolíticas. Depois da penetração na raiz, o J2 migra intercelularmente para o córtex na região de diferenciação celular. A alimentação em células parenquimáticas da região do protoxilema e protofloema induz a diferenciação das células nutridoradas especializadas, chamadas de células gigantes multinucleadas. Uma vez que a célula gigante é iniciada, o nematoide se torna sedentário e aumenta seu volume corpóreo (Karssen & Moens, 2006; Moens *et al.*, 2009).

Sob condições favoráveis, a ecdise de J2 para o juvenil de terceiro estágio (J3) ocorre após 14 dias, em seguida, para o quarto estágio juvenil (J4) e, finalmente para o

adulto. Os juvenis de terceiro e quarto estágio (J3 e J4) não possuem estilete funcional e, conseqüentemente, não se alimentam. Os machos, quando presentes, são vermiformes e não há evidências de que se alimentam do tecido hospedeiro. Podem ser encontrados em espécies partenogênicas quando as condições são desfavoráveis para o desenvolvimento de fêmeas, por exemplo, quando as densidades populacionais são muito elevadas e há pouca oferta de alimentos (Moens *et al.*, 2009).

O ciclo de vida é completado em torno de 25 dias a uma temperatura média de 27°C, porém, pode se prolongar quando houver oscilações de temperatura. Quando os juvenis de segundo estágio eclodem, migram para partes adjacentes da raiz e provocam novas infecções nesta ou em outras raízes da mesma planta ou de outras plantas. A maioria dos nematoides das galhas é encontrada nas raízes de 5 a 25 centímetros abaixo da superfície. Nematoides das galhas se dispersam principalmente pela água ou pelo solo (Agrios, 2005).

De acordo com Daulton & Nusbaum (1961), a duração do ciclo de vida de *Meloidogyne* é altamente afetada pela temperatura, para a qual os limites letais absolutos são 50°C (superior) e 0°C (inferior), sendo as temperaturas ideais para o desenvolvimento e reprodução entre 20 e 30°C, dependendo da espécie. A temperatura é o fator climático mais importante, determinando a distribuição geográfica de várias espécies de nematoides-das-galhas (Stephan, 1982).

2.3. Perdas e danos dos nematoides das galhas no cultivo da cenoura

As perdas causadas pelo nematoide das galhas podem variar de 20 a 100%, dependendo da densidade populacional, da suscetibilidade da cultivar, da espécie/raça do nematoide, tipo de solo e condições ambientais tais como, temperatura e umidade

relativa (Sikora & Fernandez, 2005). Essas perdas são representadas pela redução na quantidade e na qualidade do produto colhido (Pinheiro *et al.*, 2010).

As espécies dos nematoides das galhas *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* são as mais importantes nos cultivos de cenoura no Brasil (Embrapa, 2000). Todavia, existem evidências de que *M. javanica* seja a espécie que causa os maiores danos à produção de cenoura no país (Lordello, 1981).

Espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne* causam perdas que afetam a produtividade e a qualidade da cenoura. Populações mistas de *M. incognita* raça 1 e *M. javanica* podem levar a perdas de até 100 % na produção, principalmente pela perda de qualidade das raízes, inviabilizando-as totalmente para comercialização e consumo *in natura* (Charchar *et al.*, 2000).

2.4. Sintomas do ataque de espécies de *Meloidogyne* em cenoura

O principal sintoma induzido por esse grupo de nematoides na fase inicial da cultura da cenoura é o amarelecimento foliar, sendo possível observar a presença de áreas em reboleiras dentro das lavouras afetadas. Os danos causados por esses nematoides são muito mais severos até os 35 dias, quando comparados com as fases posteriores (Huang *et al.*, 1986; Pinheiro & Henz, 2008).

A infecção por nematoide das galhas em cenoura resulta em raízes bifurcadas e deformadas, excesso de raízes laterais e ramificações radiculares, alterações no comprimento e diâmetro da raiz principal, além da presença de galhas (**Figura 1**) que comprometem qualitativamente o valor comercial das raízes (Ferraz & Santos, 1984).



Figura 1. Danos causados em raízes de cenoura pelo nematoides das galhas.

2.5. Medidas de controle de espécies de *Meloidogyne* em cenoura

O controle do nematoide das galhas em solos infestados é imprescindível para a produção de raízes de cenoura qualitativamente aceitáveis no mercado, considerando que, mesmo com baixas infestações dos nematoides no solo, a produção comercial de raízes pode ser comprometida em até 25% (Charchar & Vieira, 1990).

Segundo Ferraz *et al.* (2010) a prevenção é a medida de manejo mais importante no controle de nematoides, uma vez que, após a infestação da área, fica praticamente impossível erradicar o patógeno, sendo possível somente o uso de medidas que visem à redução da população e viabilizem o cultivo de espécies suscetíveis.

O manejo dos nematoides das galhas requer a integração de várias medidas de controle, como rotação de culturas, alqueive, uso de plantas antagonistas, utilização de matéria orgânica, uso de cultivares resistentes e, em último caso controle químico (Pinheiro *et al.*, 2010). A rotação de culturas é uma das medidas de controle mais recomendadas em cultivos anuais ou perenes curtos (Tihohod, 2000).

O uso de cultivares resistentes deve ser sempre uma opção no manejo de qualquer doença, embora não seja sempre possível adotá-lo, já que existe a necessidade de se ter genótipos disponíveis para serem utilizados e que apresentem características de resistência combinadas com qualidades agronômicas e de adaptação desejáveis (Neves *et al.*, 2011).

Para Ferraz & Santos (1984), o controle químico de nematoides por meio de nematicidas não é recomendável, devido ao alto custo destes produtos e também à possível poluição ambiental. Dessa forma, a resistência é o método mais prático no controle de nematoides, especialmente na cultura da cenoura, onde os danos causados por espécies de *Meloidogyne* variam, entre outros fatores, com a suscetibilidade da cultivar (Huang *et al.*, 1986).

2.6. Identificação de *Meloidogyne* spp.

A identificação precisa das espécies de nematoides das galhas é crucial para o controle genético efetivo da doença em cenoura, uma vez que as fontes de resistência são, em muitos casos, específicas contra um subgrupo de espécies (Simon *et al.*, 2000). No entanto, a classificação rápida e acurada dos patógenos envolvidos no nível de espécie é difícil de ser executada. Esse grupo de patógenos apresenta poucas características morfológicas de valor diagnóstico e apresentam morfometria variável de acordo com os efeitos do hospedeiro, variação intraespecífica e reprodução partenogenética. A existência de espécies crípticas e o registro de um número cada vez maior de espécies servem para ofuscar os limites interespecíficos neste grupo de patógenos (Hunt & Handoo, 2009).

Os métodos utilizados para identificação de espécies de *Meloidogyne* são a morfologia da região labial e estilete de juvenis de segundo estágio, de machos e de fêmeas; gama de hospedeiros (Hartman & Sasser, 1985); caracterização bioquímica (Hussey *et al.*, 1972) e molecular (Curran *et al.*, 1986).

A identificação morfológica é conduzida por meio da análise da configuração perineal (Eisenback, 1985; Hirschmann, 1985). Porém, a identificação baseada exclusivamente na configuração perineal tem se tornada inapropriada devido às variações dos caracteres observadas entre indivíduos de uma mesma espécie (Whitehead, 1968; Carneiro & Almeida, 2001). O uso da gama de hospedeiros diferenciadores para identificar as principais espécies de *Meloidogyne* e suas raças fisiológicas é considerado um método simples, confiável e de baixo custo (Eisenback, 1985).

A caracterização bioquímica possui grande importância na identificação das principais espécies do gênero *Meloidogyne* e também na detecção de potenciais novas espécies (Carneiro *et al.*, 1996a). As enzimas esterase, malato desidrogenase, superóxido dismutase e a glutamato oxalocetato transaminase são empregadas na caracterização bioquímica para a taxonomia de *Meloidogyne* (Carneiro *et al.*, 1996b, 2000). A eletroforese de isoenzimas destaca-se como técnica promissora por apresentar alta eficiência, identificação de populações atípicas, rapidez e custo relativamente baixo (Hussey *et al.*, 1972; Esbenshade & Triantaphyllou, 1990). Contudo, essa técnica apresenta algumas limitações como: não permite a separação de raças fisiológicas (Janati *et al.*, 1982; Esbenshade & Triantaphyllou, 1990), apenas fêmeas maduras podem ser utilizadas (Williamson *et al.*, 1997) e são conhecidos apenas cerca de 42 fenótipos de esterase e 42 fenótipos de malato desidrogenase (Blok & Powers, 2009).

Embora a caracterização isoenzimática seja talvez o método diagnóstico atual de escolha com perfis que acompanham a descrição de várias espécies novas, por exemplo, parece provável que as metodologias baseadas em DNA irão usurpar em breve este método para muitas aplicações onde uma resolução mais fina, particularmente da variação intraespecífica, é primordial (Hunt & Handoo, 2009).

Várias técnicas moleculares também têm sido utilizadas para identificação de *Meloidogyne*, após o aumento dos estudos baseados na análise de DNA, “primers” foram desenvolvidos e estão possibilitando a identificação de algumas espécies de *Meloidogyne* (Zijlstra, 2000; Randig *et al.*, 2002).

A técnica de RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) baseada na técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) é utilizada para estudos genéticos e filogenéticos de muitas espécies de *Meloidogyne*, com base em perfis de bandas geradas com o auxílio de “primers” de sequências aleatórias (Cenis, 1993; Castagnone-Sereno *et al.*, 1994; Blok *et al.*, 1997; Randig *et al.*, 2002).

Os marcadores SCAR (*Sequence Characterized Amplified Regions*) é uma técnica recente e bastante sensível, utilizada para a detecção de espécies presentes em mistura de populações em proporções iguais ou superiores a 1% (Fourie *et al.*, 2001; Randig *et al.*, 2004).

2.7. Nematoides das galhas na cultura da cenoura

A produção de cenoura em todo o mundo tem enfrentado significativas limitações devido aos nematoides parasitas de plantas, especialmente os pertencentes ao gênero *Meloidogyne*. Vários trabalhos têm sido realizados para estudar a relação desses

nematoides com a cenoura e as medidas de manejo a serem aplicadas em áreas infestadas.

Neste contexto, visando estudar a possibilidade de se controlar *M. incognita* no cultivo da cenoura por meio da rotação com a leguminosa *Crotalaria spectabilis* Roth, Huang *et al.* (1980) constataram que a rotação aumentou a produção de cenouras livres de galhas e o peso total das raízes, além de reduzir o número de juvenis de segundo estágio. Para os autores *C. spectabilis* representa uma opção efetiva para controlar *M. incognita*.

Covolo & Benetti (1981) avaliaram a suscetibilidade de algumas cultivares de cenoura ao nematoide *M. javanica*, bem como estudaram o comportamento das cultivares ‘Nantes’, ‘Kuroda’, ‘Chantenay’, ‘Flaker’ e ‘Danvers’. Todas as cultivares avaliadas neste estudo, apresentaram suscetibilidade ao nematoide, sendo que as cultivares ‘Kuroda’ e ‘Nantes’- apresentaram os menores níveis de suscetibilidade. Huang *et al.* (1986) também observaram que os danos causados por *Meloidogyne* spp. variam, entre outros fatores, com os níveis de resistência/suscetibilidade da cultivar.

Para determinar o efeito das densidades iniciais de *M. hapla* no desenvolvimento e produtividade da cenoura, avaliou-se esse efeito em ambiente controlado (câmara de crescimento) e em campo. No campo houve uma correlação negativa entre o peso das raízes e a densidade inicial dos nematoides. A emergência de plântulas não foi afetada pelos nematoides em condições controladas. Verificou-se que os níveis de tolerância aumentam à medida que as plantas avançam em seus estágios de desenvolvimento. Em plantas mais velhas em condições de campo, o peso e o comprimento das raízes de cenoura apresentaram valores maiores, independente da infestação de nematoides. Este estudo indicou que se faz necessário ter conhecimento detalhado sobre a densidade inicial do nematoide no solo Vrain (1982)

Ensaio foram conduzidos para estabelecer um método confiável de avaliação de germoplasma de cenoura para resistência a *M. javanica* e *M. incognita* em casa de vegetação e comparar a reação a estas duas espécies do nematoide das galhas em cinco cultivares ('Brasília', 'Tropical', 'Kuronan', 'Nantes' e 'Kuroda') e em uma população resistente de cenoura ('CNP 1437'), previamente selecionada por Huang *et al.* (1986). Esses ensaios confirmaram os elevados níveis de resistência do acesso 'CNP 1437' que se mostraram similares aos demonstrados pelas cultivares 'Brasília' e 'Tropical' tanto para *M. javanica* quanto para *M. incognita*. Por meio do critério de avaliação baseado no índice de galhas, a cultivar 'Kuronan' foi classificada como tolerante e as cultivares 'Nantes' e 'Kuroda' como suscetíveis. Os autores também observaram que o uso do nematicida carbofuran em cultivares classificadas como resistentes, resultou em um incremento no rendimento de raízes. No entanto, o emprego do nematicida não se mostrou eficaz para controlar nematoides das galhas nas cultivares suscetíveis.

Huang *et al.* (1986) também observaram que as galhas ficaram evidentes nas raízes 35 dias após a emergência, tornando-se resquícios após 106 de dias, indicando que o sintoma de galhas na cenoura, aparentemente diminui com a idade da planta. Os resultados sugerem que a presença de galhas nas raízes das plântulas de cenoura pode ser considerado um indicador adequado para a avaliação de resistência. No entanto, esse parâmetro pode ser afetado pelo momento em que a avaliação é conduzida, podendo levar a falsas interpretações dos níveis de resistência das diferentes cultivares de cenoura.

Medina-Canales *et al.* (2012) avaliaram o desempenho em estufa de duas cultivares de cenouras comerciais ('Magnum' e 'Mexicana'), quando inoculadas com diferentes densidades populacionais (0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16 e 32 ovos/g de solo) de *M. arenaria*. Os resultados indicaram que as duas cultivares são altamente suscetíveis

ao nematoide. Houve redução no crescimento, especialmente em plantas inoculadas com maiores densidades populacionais do nematoide. Os resultados demonstraram que a cultivar ‘Magnum’ como sendo a mais suscetível, sendo considerada uma melhor hospedeira de *M. arenaria* do que a cultivar ‘Mexicana’.

Fernandez *et al.* (2014) avaliaram a reação da cultivar Brasília a populações mistas de *M. incognita* raça 2 e *M. javanica*, por meio da massa fresca das raízes, índice de galhas e presença de algum tipo de deformação na raiz principal. Os autores observaram que, apesar dos nematoides terem infectado e se multiplicado nas raízes de cenoura, a cultivar ‘Brasília’ comportou-se como tolerante à mistura populacional empregada nos ensaios.

Ensaio de avaliação de germoplasma de cenoura para resistência ao nematoide das galhas conduzidos por Seo *et al.* (2014) sugeriram que a resistência não pode ser derivada da fuga da doença (resistência aparente), mas sim a partir da expressão de genes verdadeiros de resistência.

3. RESISTÊNCIA GENÉTICA DE PLANTAS A NEMATOIDES

As terminologias usadas em estudos envolvendo resistência de plantas a nematoides são as seguintes: **Imunidade** é uma resposta na qual a planta não permite o desenvolvimento e a multiplicação dos nematoides no interior de seus tecidos; **Resistência**, que consiste na capacidade da planta em restringir ou prevenir a multiplicação do nematoide; **Suscetibilidade** se refere à capacidade da planta em permitir abundante reprodução do nematoide e **Tolerância** que é a capacidade da planta em suportar ou se recuperar de danos causados pelos nematoides, mesmo sob altos níveis de infestação (Roberts, 1990; Trudgill, 1991; Silva, 2001; Roberts, 2002).

Resistência é definida como sendo habilidade do hospedeiro para deter o crescimento do patógeno, ou seja, retardar ou suprimir a invasão de seus tecidos por um dado patógeno (Tapiero, 1999). A resistência pode ser considerada a mais importante defesa das plantas contra os patógenos (Ribeiro do Vale *et al.*, 2001).

Para nematoides a resistência genética de planta é um dos métodos de manejo mais eficientes e econômicos de se controlar as perdas ocasionadas por estes patógenos (Roberts, 2002). As plantas são definidas como resistentes a nematoides quando conseguem reduzir os níveis de reprodução destes patógenos (Trudgill, 1991).

A resistência genética é uma valiosa medida no manejo de doenças em qualquer sistema agrícola, pois combina eficiência, praticidade e segurança ambiental. Porém, a baixa oferta de materiais resistentes não permite que essa forma de manejo seja a mais amplamente adotada em relação aos nematoides das galhas (Ferraz *et al.*, 2010).

De acordo com Trudgill (1991), cultivares de plantas hospedeiras também necessitam ser **tolerantes**, aquelas que são **intolerantes** sofrem danos extremos se cultivadas em solo altamente infestado. Igualmente, cultivares tolerantes tendem a aumentar a densidade da população de nematoides resultando em prejuízos elevados para cultivos subsequentes.

A resistência descreve os efeitos de genes do hospedeiro que restringem ou impedem que os nematoides se multipliquem nas espécies hospedeiras (Trudgill, 1986). A resistência das plantas a nematoides é, geralmente, caracterizada por falha do nematoide em produzir sítios de alimentação na hospedeira após a invasão (Williamson & Kumar, 2006).

A identificação de fatores de resistência/tolerância bem como o desenvolvimento e lançamento de uma cultivar resistente necessitam de muita pesquisa. Sabe-se que a maioria das variedades resistentes conhecidas para o controle de nematoides estão sendo

desenvolvidas para nematoides sedentários dos gêneros *Meloidogyne*, *Heterodera* e *Globodera* ou semiendoparasitas sedentários, como *Rotylenchulus* e *Tylenchulus* (Ferraz *et al.*, 2010).

Genes de resistência a nematoides estão presentes em diversas espécies cultivadas como: *Mi-1* em tomate que funciona contra *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (Milligan *et al.*, 1998; Vos *et al.*, 1998); *Gro1-4* em batata para *Globodera rostochiensis* Wollenweber, 1923 (Paal *et al.*, 2004); *Rhg1* e *Rgh4* em soja para *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 (Hauge *et al.*, 2001; Lightfoot & Meksem., 2002); Os genes *Me1* e *Me3/Me7* em *Capsicum* que são efetivos para *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e *M. hapla* (Claverie *et al.*, 2004), mas não funcionam contra *M. enterolobii* (Pinheiro *et al.*, 2015). Em cenoura, dois genes/loci foram descritos (*Mj-1* e *Mj-2*) que são efetivos contra populações de *M. javanica* e *M. incognita* (Simon *et al.*, 2000; Ali *et al.*, 2014).

O gene *Mi* em tomateiro é um dos mais efetivos genes de resistência a nematoides já caracterizados (Williamson & Hussey, 1996). Além de conferir resistência a três espécies de nematoides das galhas, o gene *Mi-1* também confere resistência a outros organismos, como o pulgão da batata, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Rossi *et al.*, 1998), e a mosca branca, *Bemisia tabaci* Genn. Biótipo Q (Nombela *et al.*, 2003).

O mecanismo de resistência de plantas que contém o gene *Mi* é a reação de hipersensibilidade, que causa mudanças histológicas, como a morte celular próxima ao sitio de infecção do juvenil de segundo estágio de *Meloidogyne* spp. porém a resistência conferida pelo gene *Mi-1* não se expressa em temperaturas do solo acima de 28 °C (Dropkin, 1969).

Estudos da herança da resistência de cenoura ao nematoide *M. javanica*, foram conduziram com uma seleção dentro da cultivar Brasília (Brasília-1252). Os resultados indicaram o controle genético mediado por um gene dominante (*Mj-1*), sendo esse o primeiro fator de resistência de cenoura aos nematoides das galhas, caracterizado em cenoura (Simon *et al.*, 2000). Além disso, os dados de segregação dos cruzamentos envolvendo ‘Brasília 1252’ (resistente) e ‘B6274’ (suscetível), indicaram que um único gene dominante ou dois genes dominantes em ligação relacionados poderiam estar associados com a resposta de resistência a *M. javanica*. Os resultados indicaram também que as cenouras resistentes a *M. javanica* também são resistentes a *M. incognita*.

Boiteux *et al.* (2000) identificaram marcadores de RAPD ligados ao *locus* *Mj-1* de resistência de cenoura a *M. javanica*. Os autores sugeriram que os genes que controlam a resistência a *M. javanica* e *M. incognita* residem em *loci* distintos, que podem ser localizados relativamente próximos uns dos outros no mesmo grupo de ligação. Após avaliação de uma população de 47 progênies meio-irmãs obtidas da cultivar Alvorada (derivada da cultivar Brasília), Vieira *et al.* (2003) indicaram que a variabilidade genética dessa população, quanto à resistência a múltiplas espécies de nematoides das galhas sob condições de campo está longe de ser esgotada. Esse fato reforça a ideia de que o melhoramento para a resistência de campo a diversas espécies de *Meloidogyne* empregando populações/linhagens derivadas de ‘Brasília’ como germoplasma básico pode ser bem-sucedido. A cultivar ‘Brasília’ é tida como uma das fontes mais promissoras, de amplo espectro de resistência de campo para espécies de nematoides das galhas na cenoura.

Uma segunda fonte de resistência a *M. javanica* foi identificada no acesso ‘PI 652188’, um germoplasma de cenoura de origem asiática (Ali *et al.*, 2014). O padrão de

hereditariedade para resistência a *M. javanica* se mostrou com dominância incompleta e distinto do locus *Mj-1* da cultivar ‘Brasília’ (Simon *et al.*, 2000). Este estudo leva a hipótese de que um único gene com dominância incompleta está atuando em conjunto com genes modificados no sentido de condicionar a resistência a *M. javanica* no acesso ‘PI 652188’. A nova fonte de resistência ao nematoide das galhas descrita nesse estudo (com símbolo proposto o gene *Mj-2*) apresentou uma distância genética de aproximadamente foi ~41cM do locus *Mj-1*. Parsons *et al.* (2015), visando determinar os padrões de herança e mapear as regiões cromossômicas responsáveis pela resistência a *M. incognita* identificadas em populações de cenoura oriundas da América do Sul, Oriente Médio e Europa, observaram que a herança quantitativa encontrada nessas populações para resistência a *M. incognita* torna o desenvolvimento de linhagens resistentes mais difícil. Porém, com o emprego de estratégias de seleção recorrente e o uso combinado de marcadores moleculares, progressos no desenvolvimento de germoplasmas com resistência poderão ser obtidos (Parsons *et al.*, 2015).. Os parentais das três populações exibiram QTLs de resistência únicos que serão introgrididos em germoplasma suscetível e serão combinados para desenvolver o que pode ser uma resistência mais durável e eficaz contra ambos *M. incognita* (QTLs detectados nesse estudo) e *M. javanica* (a partir do locus *Mj-1*).

O lançamento, identificação e desenvolvimento de uma cultivar resistente necessitam de muita pesquisa. Sabe-se que a maioria das variedades resistentes conhecidas para o controle de nematoides são desenvolvidas para nematoides sedentários como espécies de *Meloidogyne*, *Heterodera* e *Globodera* ou semiendoparasitas sedentários, como *Rotylenchulus* e *Tylenchulus* (Ferraz *et al.*, 2010).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA BRASÍLIA. 2016. O lado agrícola da Capital. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/01/05/o-lado-agricola-da-capital/> Acesso: 22/04/2017
- AGRIOS, G.N. 2005. Plant diseases caused by estômago nematodes. Plant Pathology. 5^a Ed. p.826-870.
- AGROFIT. 2016. http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Consultado em: 14/01/2016.
- ALI, A.; MATTHEUS, W.C.; CAVAGNARO, P.F.; IORIZZO, M.; ROBERTS, P.A.; SIMON, P.W. 2014. Inheritance and mapping of Mj-2, a new source of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) resistance in carrot. Journal of Heredity 105(2): 288-291.
- ANONYMOUS. 2008. www.carrotmuseum.co.uk/today.html#cultivated Consultado em: 07/02/2013.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2015. SANTOS, C.E.; KIST, B.B.; CARVALHO, C. REETZ, E.R.; MÜLLER, I.; BELING, R.R.; POLL, H. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 68p. <http://www.grupogaz.com.br/> Consultado: 20/01/2016.
- ARBIZU, C.I.; ELLISON, S.L.; SENALIK, D.; SIMON, P.W.; SPOONER, D.M. 2016. Genotyping-by-sequencing provides the discriminating power to investigate the subspecies of *Daucus carota* (Apiaceae). BMC Evolutionary Biology 16: 234.
- BANGA, O. 1957. Origin of the European cultivated carrot. Euphytica 6:54-63

- BLOK, V.C.; PHILLIPS, M.S.; MCNICOL, J.W.; FARGETTE, M. 1997. Genetic variation in tropical *Meloidogyne* spp. as shown by RAPDs. *Fundamental and Applied Nematology* 20: 127-133.
- BLOK, V.C.; POWERS, O. 2009. Biochemical and molecular identification. In: PERRY, R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (eds). *Root-knot Nematodes*. Cambridge, CABI International, p.98-118.
- BOITEUX, L.S.; BETTER, J.G.; ROBERTS, P.A.; SIMON, P.W. 2000. RAPD linkage map of the genomic region encompassing the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) resistance locus in carrot. *Theoretical and Applied Genetics* 100: 439-446.
- CARNEIRO, R.M.D.; ALMEIDA, M.R.A. 2001. Técnica de eletroferese usada no estudo de enzimas dos nematoides-de-galhas para identificação da espécie. *Nematologia Brasileira* 25: 35-44.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; CARNEIRO, R.G.; ABRANTES, I.M.O.; SANTOS, M.S.N.A.; ALMEIDA, M.R.A. 1996a. *Meloidogyne paranaensis* n.sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee em Brasil. *Journal of Nematology* 28: 177-189.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; CARNEIRO, R.G. 1996b. Enzyme phenotypes of Brazilian population of *Meloidogyne* spp. *Fundamental and Applied Nematology* 19:555-560.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; QUÉNÉHERVÉ, P. 2000. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. *Nematology* 2: 645-654.
- CARVALHO, P.G.; MACHADO, C.M.N.; MORETTI, C.L.; FONSECA, M.E.N. Hortaliças como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira* 24: 397-404. 2006.
- CASALI, V.W.D.; PINTO, C.M.F.; PÁDUA, J.G. 1984. Origem e botânica da cenoura. *Informe Agropecuário* 10 (120): 8-9.

CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E.G.J.; PERFUS-BARBEOCH, L.; ABAD, P. 2013. Diversity and evolution of root-knot nematodes, genus *Meloidogyne*: new Insights from the genomic era. *Annual Review of Phytopathology* 51:203-220.

CASTAGNONE-SERENO, P.; VANLERBERGHE-MASUTTI, F.; LEROY, F. 1994. Genetic polymorphism between and within *Meloidogyne* species detected with RAPD markers. *Genome* 37: 904-909.

CENIS, J.L. 1993. Identification of four major *Meloidogyne* spp. by random amplified polymorphic DNA (RAPD-PCR). *Phytopathology* 83: 76-80.

CEPEA. 2014. Cenoura. www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/130/cenoura.pdf
Consultado em 04/02/2016

CEPEA. 2015. Cenoura. www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/152.cenoura.pdf
Consultado em 04/02/2016

CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1990. Seleção de linhagens de cenoura para resistência a nematoides de galhas *Meloidogyne* spp. *Fitopatologia Brasileira* 15(2):130.

CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1991. Metodologia para seleção de cenoura com resistência a nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira* 16(2):22.

CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; FACION, C.E. 2000. Controle de nematoides das galhas em cenoura através de rotação. *Fitopatologia Brasileira* 25 (suplemento): 335 (Resumo)

CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; HUANG, C.S. 1982. Ciclos de seleção em cenoura para resistência a *Meloidogyne*. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 22, Vitória, ES. Resumos. Vitória, Sociedade de Olericultura do Brasil, p.216. (Resumo).

CHITARRA, M.I.F.; CARVALHO, V.D. 1984. Cenoura: qualidade e industrialização. *Informe Agropecuário* 10(120): 73-75.

CLAVERIE, M.; DIRLEWANGER, E.; COSSON, P.; BOSSELUT, N.; LECOULS, A.C.; VOISIN, R.; KLEINHENTZ, M.; LAFARGUE, B.; CABOCHE, M.; CHALHOUB, B.; ESMENJAUD, D. 2004. High-resolution mapping and chromosome landing at the root-knot nematode resistance locus Ma from Myrobalan plum using a large-insert BAC DNA library. *Theoretical and Applied Genetics* 109: 1318–1327

COVOLO, G.; BENETTI, E. 1981. Comportamento de algumas cultivares de cenoura (*Daucus carota* L.) ao nematoide *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Revista Centro Ciências Rurais* 11 (2-3): 163-168.

CURRAN, J.; MCCLURE, M.A.; WEBSTER, J.M. 1986. Genotypic differentiation of *Meloidogyne* populations by detection of restriction fragment length difference in total DNA. *Journal of Nematology* 18: 83-86.

DAULTON, R.A.; NUSBAUM, C.J. 1961. The effect of soil temperature on the survival of the root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica* and *M. hapla*. *Nematologica* 6: 280-294.

DAVIS, R.M.; RAID, R.N. 2002. Compendium of umbelliferous crop diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

DISQUAL – Programa Praxis XX1. 2000. Otimização da qualidade e redução de custos na cadeia de distribuição de produtos hortofrutícolas frescos. Manual de boas práticas. Disponível em: http://www2.esb.ucp.pt/twt/disqual/pdfs/disqual_cenoura.pdf. Acesso: 17/06/2015.

DROPKIN V.H. 1969. The necrotic reaction of tomates and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. *Phytopathology* 59(11): 1632-1637.

EISENBACK, J.D. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: SASSER, J.N.;

CARTER, C.C. (Eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*. North Carolina: North Carolina State University. v.1, p. 95-112.

ELIASSEN, A.H.; HENDRICKSON, .S.J.; BRINTON, L.A.; BURING, .E.; CAMPOS, H.; DAÍ, Q.; DORGAN, J.F.; FRANKE, A.A.; GAO, Y.T.; GOODMAN, M.T.; HALLMANS, G.; HELZLSOUER, K.J.; HOFFMAN-BOLTON, J.; HULTÉN, K.; SESSO, H.D.; SOWELL, A.L.; TAMIMI, R.M.; TONIOLO, P.; WILKENS, L.R.; WINKVIST, A.; ZELENIUCH-JACQUOTTE, A.; ZHENG, W.; HANKINSON, S.E. 2012. Circulating carotenoids and risk of breast cancer: pooled analysis of eight prospective studies. *Journal of the National Cancer Institute*. 104(24):1905-16.

EMATER – DF. 2012. Informações agropecuárias do Distrito Federal. Disponível em: www.emater.df.gov.br/index.php?...agropecuarias...agropecuarias... Acesso: 10/03/2017

EMBRAPA. 2000. Cultivo da cenoura: Doenças e métodos de controle. <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cenoura/doencas.htm> Consultado em: 07/02/2013.

EMBRAPA. 2008. Cenoura (*Daucus carota*): Doenças. https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cenoura/Cenoura_Daucus_Carota/doencas.html Consultado em 07/02/2013.

Embrapa. 2014. Cultivares da Embrapa Hortaliças (1981-2013). Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 182p.

ESBENSHADE, P.R.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. 1990. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 22: 10-15

FAO. 2013. Agricultural production, primary crops. <http://www.fao.org>. Consultado em 06/10/2013.

FAOSTAT. 2012. The Statistics Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org>. Consultado em 12/05/2016.

FERNANDEZ, R.H.; BORGES, D.F.; LOPES, E.A. 2014. Reação do cultivar de cenoura BRS Brasília à mistura populacional de *Meloidogyne incognita* raça 2 e *Meloidogyne javanica*. Cerrado Agrociências 4: 74-81.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. 2010. Manejo sustentável de fitonematoides. Ed. UFV. Viçosa, MG. 306p.

FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. 1984. Os problemas com nematoides na cultura da cenoura e da mandioquinha-salsa. Informe Agropecuário 10(120):52-56.

FILGUEIRA, F.A.R. 2008. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa UFV. 421p.

FOURIE, H.; ZIJLSTRA, C.; MCDONALD, A.H. 2001. Identification of root-knot nematode species occurring in South Africa, using the SCAR-PCR technique. Nematology 3: 675-680.

FREITAS, F.C.L.; ALMEIDA, M.E.L.; NEGREIROS, M.Z.; HONORATO, A.R.F.; MESQUITA, H.C.; SILVA, S.V.O.F. 2009. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da cenoura em função do espaçamento entre fileiras. Planta Daninha 27(3): 473-480.

GRANJEIRO, L.C.; AZEVEDO, P.E.; NUNES, G.H.S.; DANTAS, M.S.M.; CRUZ, C.A. 2012. Desempenho e divergência genética da cenoura 'Brasília' em função da procedência das sementes. Horticultura Brasileira 30: 137-142.

HARTMAN, K.M.; SASSER, J.N. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (Eds) An advanced treatise on *Meloidogyne*. North Carolina: North Carolina State University, v. 2, p.69-77.

- HAUGE, B.M.; WANG, M.L.; PARSONS, J.D.; PARNELL, L.D. 2001. Nucleic acid molecules and other molecules associated with soybean cyst nematode resistance. Monsanto. U.S.P. No. 20030005491.
- HENZ, G.P.; LOPES, C.A. 2000. Doenças das apiáceas. In: ZAMBOLIN, L.; VALE, F.X.R.; COSTA, H. (eds). Controle de Doenças de Plantas – Hortaliças Viçosa, UFV. v.2, p.445-522.
- HIRSCHMANN, H. 1985. The genus *Meloidogyne* and morphological characters differentiating its species. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (eds) An advanced treatise on *Meloidogyne*. Methodology. North Carolina State University Graphics. Raleigh 2: 79-93.
- HUANG, C.S.; CHARCHAR, J.M. 1982. Preplanting inoculum densities of root-knot nematode to carrots yield in greenhouse. Plant Disease 66: 1064-1068.
- HUANG, C.S.; CHARCHAR, J.M.; TENENTE, R. C. V. 1980. Controle de *Meloidogyne incognita* em cenoura através de rotação com *Crotalaria spectabilis*. Fitopatologia Brasileira 5(3): 329-335.
- HUANG, S.P.; DELLA VECCHIA, P.T.; FERREIRA, P.E. 1986. Varietal response and estimates of heritability of resistance to *Meloidogyne javanica* in carrots. Journal of Nematology 18(4): 496-501.
- HUNT, D.J.; HANDOO, Z.A. 2009. Taxonomy, identification and principal species. In: PERRY, R.N.; MOENS, M.; STARRY, J.L. (Eds). Root-Knot nematodes. Texas / USA CAB International p.55-88.
- HUSSEY, R.S.; JANSSEN, G.J.W. 2002. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species. In: STARRY, J.L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Eds). Plant resistance to nematodes. Biddles, Guildford and Kings Lynn, UK. p. 43-71.

HUSSEY, R.S.; SASSER, J.N.; HUISING, D. 1972. Disc-electrophoretic studies of soluble proteins and enzymes of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. Journal of Nematology 4: 183-189.

IBGE. 2012. Pesquisa de Orçamentos Familiares: 2008-2009. Aquisição alimentar domiciliar *per capita* anual, por grandes regiões, segundo os produtos: período 2008-2009.

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/tabelas_pdf/tab111.pdf Consultado em 18/07/2016.

JANATI, A.A.; BERGÉ, J.B.; TRIANTAPHYLLOU, A.C.; DALMASSO, A. 1982. Nouvelles données sur utilisation des isoestérasés pour l'identification des *Meloidogyne*. Revue de Nematologie 5: 147-154.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. 2006. Root-knot nematodes. In: PERRY, R.N.; MOENS, M. (eds). Plant Nematology. Wallingford. CAB international. p.60-63.

LARSSON, S.C.; BERGKVIST, L.; NÄSLUND, I.; RUTEGÅRD, J.; WOLK, A. 2007. Vitamin A, retinol, and carotenoids and the risk of gastric cancer: a prospective cohort study. The American Journal of Clinical Nutrition 85(2): 497-503.

LAUFER, B. 1919. Sino-Iranica. Chicago, Field Museum of Natural History Pub. 201. Anthropology Ser 15: 451-454.

LIGHTFOOT, D.; MEKSEM, K. 2002. Isolated polynucleotides and polypeptides relating to loci underlying resistance to soybean cyst nematode and soybean sudden death syndrome and methods employing same. University of Illinois. U.S.P. No. 20020144310.

LORDELLO, L.G. 1981. Nematóides das plantas cultivadas. 6 ed. São Paulo, Nobel, 314p.

MACKEVIC, V.I. 1929. The carrot of Afghanistan. *Bulletin of Applied Botany Genetics and Plant Breeding* 20: 517-562.

MEDINA-CANALES, M.G.; RAMÍREZ-SAN JUAN, E.; TORRES-CORONEL, R.; TOVAR-SOTO, A. 2012. Pathogenicity of *Meloidogyne arenaria* against two varieties of carrot (*Daucus carota* L.) in Mexico. *Nematropica* 42: 337-342.

MILLIGAN, S.B.; BODEAU, J.; YAGHOUBI, J.; KALOSHIAM, I.; ZABEL, P.; WILLIAMSON, V.M. 1998. The root-knot nematode resistance gene Mi from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine rich repeat family of plant genes. *Plant Cell* 10: 1370-1319.

MOENS, M.; PERRY, R.N.; STARR, J.L. 2009. *Meloidogyne* species – a diverse group of novel and important plant parasites. In: PERRY RN, MOENS M, STARRY JL (eds) *Root-Knot nematodes. Texas / USA*. CAB international. p.1-13.

NEVES, W.S.; LOPES, E.A.; FERNANDES, R.H.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; PARREIRA, D.F. 2011. Nematóides na cultura da cenoura: sintomas, disseminação e principais métodos de controle. *Circular técnica* 133. Minas Gerais, MG. EPAMIG.

NOMBELA, G.; WILLIAMSON V.M.; MUNIZ. M. 2003. The root-knot nematode resistance gene Mi-1.2 of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 16 (7): 645-649.

OLIVEIRA, C.D.; BRAZ, L.T.; BANZATTO, D.A. 2005. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cenoura. *Horticultura Brasileira* 23(3): 743-748.

PAAL, J.; HENSELEWSKI, H.; MUTH, J.; MEKSEM, K.; MENÉNDEZ, C.M.; SALAMINI, F.; BALLVORA, A.; GEBHARDT, C. 2004. Molecular cloning of the potato Gro1-4 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of the root cyst nematode *Globodera rostochiensis*, based on a candidate gene approach. *Plant Journal* 38: 285-297.

PÁDUA, J.G.; CASALI, V.W.D.; PINTO, C.M.F. 1984. Efeitos climáticos sobre a cenoura. Informe Agropecuário (120): 3-15.

PARSONS, J.; MATTHEUS, W.; IORIZZO, M.; ROBERTS, P.; SIMON, P. 2015. *Meloidogyne incognita* nematode resistance QTL in carrot. Molecular Breeding 35:114.

PEÑA, R.P. 1996. Rendimento, qualidade e conservação pós-colheita de cenoura (*Daucus carota* L.) sob adubação mineral, orgânica e biodinâmica. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, Brasil.

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.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA, J.V. 2010. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) em cultivos de cenoura na região de Irecê – BA. Comunicado Técnico 77. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.

PINHEIRO, J.B.; HENZ, G.P. 2008. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) na cultura da cenoura. Comunicado Técnico 55. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.

PIRES A. M. M.; VIEIRA J. V.; SILVA L. H. G. 2004. Estimativa do impacto ambiental gerado pelo cultivo da cenoura ‘Brasília’ no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 22 (2): suplemento CD-ROM (Congresso Brasileiro de Olericultura, Campo Grande-MS).

RANDIG, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CASTAGNONE-SERENO, P. 2002. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. Genome 45: 862-870.

- RANDIG, O.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CASTAGNONE-SERENO, P. 2004. Identificação das principais espécies de *Meloidogyne* parasitas do cafeeiro no Brasil com marcadores SCAR-CAFÉ em Multiplex-PCR. *Nematologia Brasileira* 28: 1-10.
- REGHIN, M.Y.; DUDA, C. 2000. Efeito da época de semeadura em cultivares de cenoura. *Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia* 6(1): 103-114.
- REIFCSHNEIDER, F.J.B. 1980. Queima-das-folhas da cenoura, um complexo patológico. *Fitopatologia Brasileira* 5(3): 445-446.
- RESENDE, F.V.; SOUZA, L.S.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUALBERTO, R. 2005. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. *Ciência e Agrotecnologia* 29(1): 100-105.
- RIBEIRO DO VALE, F.X.; PARLEVLIET, J.E.; ZAMBOLIM, L. 2001. Concepts in plant disease resistance. *Fitopatologia Brasileira* 26: 577-589.
- RIGGS, T.J. 1995. Carrot: *Daucus carota* (Umbelliferae). In: SMARTT J, SIMMONDS NW (eds). p. 477-480.
- ROBERTS, P.A. 1990. Resistance to nematodes: definition, concepts and consequences. In: STARR, J.L. (ed) *Methods for evaluating plant species for resistance to plant parasitic nematodes*. Maryland: Society of Nematology. p.1-15.
- ROBERTS, P.A. 2002. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J.L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (eds.) *Plant resistance to parasitic nematodes*. Wallingford: CAB Internacional. p. 23-41.
- ROSSI, M.; GOGGIN, F.L.; MILLIGAN, S.B.; KALOSHIAN, I.; ULMAN, D.E.; WILLIAMSON V.M. 1998. The nematode resistance gene Mi of tomato confers resistance against the potato aphid. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 95 (17): 9750-9754.

- RUBATZKY, V.E.; QUIROS, C.F.; SIMON, P.W. 1999. Carrots and related vegetable Umbeliferae: Wallingford, CABI Publishing. 294p.
- SEO, Y.; PARK, J.; KIM, Y.S.; PARK, Y.; KIM, Y.H. 2014. Screening and histopathological characterization of Korean carrot lines for resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. The Plant Pathology Journal 30(1): 75-81.
- SHARMA, K. D.; KARKI, A.; THAKUR, N. S.; ATTRI, S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot - a review. Journal of Food Science and Technology 49(1): 22–32.
- SIKORA, R.A.; FERNANDEZ, E. 2005. Nematodes parasites of vegetables. In: LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIGDE, J. (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford: CAB International p. 319-392.
- SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V. 2008. Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. Horticultura Brasileira 26: 481-485.
- SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V. 2010. Ganhos genéticos após seis ciclos de seleção em três populações de cenoura. Revista Ceres 57: 768-772.
- SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V.; NASCIMENTO, W.M.; BOITEUX, L.S. 2011. Estratégias de seleção para germinação de sementes de cenoura em condições de temperaturas elevadas. Revista Ceres 58(1): 121-125.
- SILVA, J.F.V. 2001. Resistência genética de soja a nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J.F.V. (org) Relações parasito-hospedeiro na meloidoginose da soja, Embrapa Soja – Sociedade Brasileira de Nematologia. Londrina, PR. p.95-127.
- SIMON, P. W.; FREEMAN, R.; VIEIRA, J.V.; BOITEUX, L.S.; BRIARD, M.; NOTHNAGEL, T.; MICHALIK, B.; KWON, Y.C. 2008. Carrot. In: Prohens, J.; Nuez, F. (orgs). Handbook of Plant Breeding 2: 327-357.

SIMON, P.W.; MATTHEWS, W.C.; ROBERTS, P.A. 2000. Evidence for simply inherited dominant resistance to *Meloidogyne javanica* in carrot. *Theoretical Applied Genetics* 100: 735-742.

SLATTERY, M.L.; BENSON, J.; CURTIN, K.; MA, K.N.; SCHAEFFER, D.; POTTER, J.D. 2000. Carotenoids and colon cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71(2):575-82.

SOUZA, R.J.; MACHADO, A.Q.; GONÇALVES, L.D.; YURI, J.E.; MOTA, J.H.; RESENDE, G.M. 2002. *Cultura da cenoura*. Lavras: UFLA. 68p. (Textos acadêmicos).

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. 2005. *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII*. Instituto Plantarum. 640p.

STEPHAN, Z.A. 1982. The influence of temperature and storage time on eggs of four species of *Meloidogyne*. *Nematologia Mediterranea* 10:167-173.

STOLARCZYK, J.; JANICK, J. 2011. Carrot: history and iconograph. *Chronica Horticulturae* 51(2):12-18.

TANUMIHARDJO, A. S. 2011. Vitamin A: biomarkers of nutrition for development. *The American Journal of Clinical Nutrition* 94(suppl): 658S–665S.

TAPIERO, A.L. 1999. Durable resistance to plant disease. *Revista Corpoica* 3(1): 36-40.

TIHOHOD, D. 2000. Alimentação de fitonematoides. In: Tihohod, D. *Nematologia Agrícola Aplicada*. 2^aed. Fapesp. Jaboticabal. p. 235-236.

TRUDGILL, D. L. 1986. Yield losses caused by potato cyst nematodes: a review of the current position in Britain and future prospect for improvements. *Annals of Applied Biology* 108 (1): 89-98.

- TRUDGILL, D.L. 1991. Resistance and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology* 29: 167-192.
- VARMUDY, V. 2014. Carrots: a call for increased cultivation. *Facts for you*. (www.ffymag.com) p.22-23.
- VIEIRA, J.V. 1988. Herdabilidades, correlações e índice de seleção em população de cenoura (*Daucus carota* L.). Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- VIEIRA, J.V.; CASALI, V.W.D. 1984. Melhoramento de cenoura para o verão. *Informe Agropecuário* 10 (120): 17-18.
- VIEIRA, J.V.; CHARCHAR, J.M.; ARAGÃO, F.A.S.; BOITEUX, L.S. 2003. Heritability and gain from selection for field resistance against multiple root-knot nematode species (*Meloidogyne incognita* race 1 and *M. javanica*) in carrot. *Euphytica* 130: 11-16.
- VIEIRA, J.V.; NASCIMENTO, W.M.; SILVA, J.B.C. 2006. Número mínimo de famílias de meios-irmãos para avaliação de uma população de cenouras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41(2): 365-367.
- VIEIRA, J.V.; PESSOA, H.B.S.V.; MAKISHIMA, N. 1999. A cultura da cenoura. Embrapa Hortaliças. Coleção Plantar 43. Brasília. 77p.
- VIEIRA, J.V.; SILVA, G.O.; CHARCHAR, J.M.; FONSECA, M.E.N.; SILVA, J.B.C.; LANA, M.M.; NASCIMENTO, W.M.; BOITEUX, L.S., PINHEIRO, J.B.; REIS, A.; RESENDE, F.V.; CARVALHO, A.D.F. 2012. BRS Planalto: Cultivar de cenoura de polinização aberta para cultivo de verão. *Horticultura Brasileira* 30: 359-363.
- VIEIRA, J.V.; VECCHIA, P.T.D.; IKUTA, H. 1983. Cenoura 'Brasília'. *Horticultura Brasileira* 1(2): 42.

VILELA, N.J.; BORGES, I.O. 2008. Retrospectiva e situação atual da cenoura no Brasil. Circular Técnica 59. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças.

VOS, P.; SIMONS, G.; JESSE, T.; WIJBRANDI, J.; HEINEN, L.; HOGERS, R.; FRIJTERS, A.; GROENENDIJK, J.; DIERGAARDE, P.; REIJANS, M.; FIERENS-ONSTENK, J.; DE BOTH, M.; PELEMAN, J.; LIHARSKA, T.; HONTELEZ, J.; ZABEAU, M. 1998. The tomato Mi-1 gene confers resistance to both root-knot nematodes and potato aphids. *Nature Biotechnology* 16: 1365-1369.

VRAIN, T.C. 1982. Relationship between *Meloidogyne hapla* density and damage to carrots in organic soils. *Journal of Nematology* 14(1): 52-57.

WHITEHEAD, A.G. 1968. Taxonomy of *Meloidogyne* (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. *Transactions Zoology Society of London* 31: 263-401

WILLIAMSON, V.M.; SAWELL-CHEN, E.P.; WESTERDAHL, B.B.; WU, F.F.; CARYL, G.A. 1997. PCR assay to identify and distinguish single juveniles of *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi*. *Journal of Nematology* 29: 9-15.

WILLIAMSON, V.M.; HUSSEY, R.S. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. *The Plant Cell* 8: 1735-1745.

WILLIAMSON, V.M.; KUMAR, A. 2006. Nematode resistance in plants: the battle underground. *Trends in Genetics* 22 (7): 396-403.

WU, K.; ERDMAN, J.W. JR.; SCHWARTZ, S.J.; PLATZ, E.A.; LEITZMANN, M.; CLINTON, S.K.; DEGROFF, V.; WILLETT, W.C.; GIOVANNUCCI, E. 2014. Plasma and dietary carotenoids, and the risk of prostate cancer: a nested case-control study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention* 13(2): 260-269.

ZIJLSTRA, C.; DONKERS-VENNE, D.T.H.M.; FARGETTE, M. 2000. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterized amplified regions (SCAR) based PCR assays. *Nematology* 2: 847-53.

Capítulo 2

**LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES DE *MELOIDGYNE*
ASSOCIADAS COM CULTIVOS DE CENOURA NO DISTRITO
FEDERAL E EM CRISTALINA (GO).**

RESUMO

A produção de cenoura (*Daucus carota* L.) enfrenta limitações devido à infecção por espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne*. O objetivo do trabalho foi identificar as espécies de *Meloidogyne* predominantemente associadas com a cultura da cenoura em áreas produtoras do Distrito Federal e Cristalina (GO). Amostras compostas de solo foram coletadas em plantios de cenouras nas localidades de Brazlândia, Gama, Núcleo Rural Boa Esperança (Ceilândia), Alto Rodeador (Brazlândia), Taguatinga, Samambaia (DF) e Cristalina (GO). Ao todo foram coletadas 32 amostras compostas, 22 amostras no Distrito Federal e dez em Cristalina (GO). Cerca de 1,0 l de solo das amostras coletadas foram colocadas em sacos plásticos contendo 1,0 l de solo autoclavado para posterior plantio de uma muda de tomate Santa Cruz em cada saco para a multiplicação do nematoide das galhas. A identificação das espécies de *Meloidogyne* foi realizada por meio da técnica de eletroforese de isoenzimas (fenótipos de esterase). Foram identificadas as espécies *M. javanica* e *M. incognita*, sendo a primeira predominante nas áreas amostradas de cultivo de cenoura do Distrito Federal e Cristalina (GO).

Palavras-Chave: *Daucus carota*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*.

ABSTRACT

Survey of *Meloidogyne* species associated with carrots crops in Federal District and Cristalina (GO).

Carrot production faces limitations due infection by root-knot nematodes. The objective of this work was to identify the predominant species of *Meloidogyne* infecting carrot crop in growing areas of the Federal District and Cristalina (GO) in Central Brazil. Soil samples were collected in carrot fields of Brazlândia, Gama, Núcleo Rural Boa Esperança (Ceilândia), Alto Rodeador (Brazlândia), Taguatinga, Samambaia (DF), and Cristalina (GO). A total of 32 samples were collected, 22 samples in the Federal District and ten samples in Cristalina (GO). About 1.0 l of each collected soil sample was placed in plastic bags containing 1.0 l of autoclaved soil for subsequent planting of one seedling of tomato cv. Santa Cruz per plastic bag. The identification of *Meloidogyne* species was carried out using the esterase isoenzyme electrophoresis technique. The species *M. javanica* and *M. incognita* were identified. *Meloidogyne javanica* was the predominant species in the sampled carrot growing areas of the Federal District and Cristalina (GO).

Keywords: *Daucus carota*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*.

INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma das cinco principais hortaliças consumidas no Brasil. A produção nacional em 2014 foi de 760,32 mil toneladas, em uma área total cultivada de 24.560 hectares. Os principais estados produtores desta hortaliça são Minas Gerais, Paraná, Goiás, Bahia e Rio Grande do Sul (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2015; CEPEA, 2015).

O Distrito Federal tem grande destaque na produção de hortaliças e frutas, com altos índices de produtividade devido ao alto padrão tecnológico empregado pelos produtores locais (Queiroz, 2013). A cenoura se posiciona entre as hortaliças produzidas na região, cultivada nas regiões administrativas de Brazlândia, Ceilândia, Gama, Núcleo Bandeirante, Paranóia, Planaltina, São Sebastião e Sobradinho. A área plantada de cenoura no Distrito Federal em 2012 foi de aproximadamente 303 hectares com uma produção total de 9.302,26 toneladas (EMATER, 2012). Na safra 2013/2014 a região de Brazlândia produziu cerca de 2.531,40 toneladas de cenoura (Agência Brasília, 2016).

O município de Cristalina, no Estado de Goiás, destaca-se na produção irrigada de hortaliças e grãos. O perfil dos produtores da região é diversificado, mas tendo como principal característica o emprego de alta tecnologia e obtenção frequente de lavouras de altos rendimentos. A região ainda é favorecida pelo clima seco (em parte do ano), grande disponibilidade de água (que favorece a irrigação), e o relevo (plano e apto à mecanização) (Zagati & Braga, 2013). Por conta desse conjunto de características favoráveis a região de Cristalina se encontra, atualmente, entre os cinco maiores polos produtores de cenoura do Brasil. Na safra 2014/2015 produziu cenoura em uma área de 1.300 ha (CEPEA, 2015).

O cultivo de cenoura sofre, em praticamente todas as regiões do mundo, grande restrição devido à infecção por nematoides (Ferraz & Santos, 1984). No Brasil os principais nematoides que causam danos a essa hortaliça são os do gênero *Meloidogyne* (Charchar *et al.*, 2000). As perdas ocasionadas na cultura da cenoura devido à presença dos nematoides das galhas estão relacionadas, principalmente, à redução na quantidade e na qualidade do produto colhido (Huang *et al.*, 1986).

Para um controle efetivo do nematoide das galhas é primordial efetuar identificação precisa da espécie envolvida. No entanto, essa identificação a nível de espécie não é trivial devido a uma série de fatores: escassas características morfológicas de valor taxinômico, morfometria naturalmente variável e efeitos do hospedeiro sobre aspectos morfológicos e morfométricos do nematoide (Hunt & Handoo, 2009). Entre os métodos usados para realizar a identificação desses nematoides, tem-se a caracterização isoenzimática. É uma técnica promissora por apresentar alta eficiência, identificação de populações atípicas, rapidez e custo relativamente baixo (Hussey *et al.*, 1972; Esbenschade & Triantaphyllou, 1990).

Alguns levantamentos vêm sendo realizados com o objetivo de identificar as espécies de *Meloidogyne* que estão causando danos a diversas culturas, para tornar mais eficiente o manejo desses nematoides nas lavouras. Segundo Charchar (1995), *M. incognita* é a espécie mais frequente em cultivos de cenoura, ervilha e feijão no Distrito Federal. No norte do Estado de Minas Gerais a cultura da cenoura é fortemente afetada pela mistura populacional dos nematoides *M. incognita* e *M. javanica* (Charchar *et al.*, 1997).

Carneiro *et al.* (2008) identificaram as espécies *M. javanica*, *M. incognita* e *M. ethiopica* em diversas áreas de hortaliças do Distrito Federal. As espécies *M. incognita* e *M. javanica* foram as mais frequentes em levantamento realizado em áreas de hortaliças

da região central do estado de São Paulo, ocorrendo em quase todos os municípios amostrados (Rosa *et al.*, 2013). Por sua vez, uma nova espécie denominada de *M. polycephannulata* Charchar, Eisenback, Vieira, Fonseca-Boiteux & Boiteux, 2009 foi identificada parasitando cenoura na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais (Charchar *et al.*, 2009).

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento dos nematoides das galhas que ocorrem em áreas produtoras de cenoura no Distrito Federal e Cristalina (GO) e identificar as espécies de *Meloidogyne* presentes nestas áreas.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Áreas amostradas

O estudo foi realizado em dois importantes polos produtores de cenoura da região centro-oeste do país, Distrito Federal (DF) e Cristalina (GO). No Distrito Federal, o estudo foi realizado nas localidades de Alto Rodeador (Brazlândia), Brazlândia, Gama, Núcleo Rural Boa Esperança (Ceilândia), Samambaia e Taguatinga (**Figura 1**). As amostras foram coletadas no período de janeiro a fevereiro de 2017, na época chuvosa. Ao todo foram coletadas 32 amostras compostas nas regiões amostradas.



Figura 1. Áreas de cultivos de cenoura amostradas no Distrito Federal e Cristalina (GO). (Fonte: Google Earth).

2. Amostragem

No DF foram coletadas 22 amostras compostas sendo três no Alto Rodeador (Brazlândia), seis em Brazlândia, quatro no Gama, três no Núcleo Rural Boa Esperança (Ceilândia), três em Samambaia e três em Taguatinga. Em Cristalina (GO) foram coletadas dez amostras compostas.

As amostras foram coletadas percorrendo-se cada lavoura de cenoura em zig-zague, determinando-se 15 subamostras (uma amostra composta), na profundidade de 0-20 cm, em áreas de sistema de cultivo convencional, exceto, as amostras do Núcleo Rural Boa Esperança (Ceilândia) e uma amostra do Gama que foram coletadas em áreas de sistema de produção orgânica. A amostragem do município de Cristalina - GO foi realizada em áreas de pivô central.

Em cada amostragem foram obtidas as coordenadas geográficas com a utilização de um GPS (Sistema de posicionamento global) para a localização das propriedades (**ANEXO**). As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas em caixas de isopor para o Laboratório de Campo da Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília - DF, para avaliação da presença e caracterização da(s) espécie(s) de *Meloidogyne*.

3. Manutenção e multiplicação de isolados de *Meloidogyne* spp.

A manutenção e multiplicação de isolados de espécies de *Meloidogyne* foram conduzidas em condições de casa de vegetação da Estação Experimental de Biologia - Universidade de Brasília. Foi utilizado aproximadamente 1,0 l de cada amostra de solo para a multiplicação de *Meloidogyne*, usando como isca plantas de tomateiro, cultivar

Santa Cruz. Plantas de tomate foram transplantadas para sacos plásticos com capacidade para de 2,0 l contendo 1,0 l de solo autoclavado + 1,0 l de solo da amostra coletada. Após 90 dias, as raízes foram coletadas para a extração de fêmeas e, posterior identificação das espécies de *Meloidogyne* presentes nas áreas amostradas.

4. Identificação da(s) espécie(s) de *Meloidogyne* via caracterização isoenzimática

A caracterização isoenzimática das espécies foi realizada para a enzima esterase conforme o protocolo descrito por Carneiro & Almeida (2001) com adaptações para o sistema vertical. Foram testadas 36 fêmeas adultas de cada amostra e, fêmeas de *M. javanica* foram incluídas no estudo como padrão de caracterização das bandas polimórficas (EST J3, Rm: 1,0; 1,25; 1,4). Os fenótipos foram identificados pela letra inicial da espécie identificada acompanhada do número correspondente ao número de bandas expresso pela enzima (Esbenshade & Triantaphyllou, 1985; 1990; Carneiro *et al.*, 2000; Carneiro & Almeida, 2001; Cofcewicz *et al.*, 2004; Carneiro & Cofcewicz, 2008).

RESULTADOS

Das 32 amostras avaliadas, foi possível detectar nematoides das galhas em 22 amostras e identificar a(s) espécie(s) associadas à cenoura em 19 amostras. Com base no fenótipo de esterase foram identificadas as espécies *Meloidogyne javanica* [(Est J2, Rm: 1,0; 1,25); (Est J3, Rm: 1,0; 1,25; 1,40)] e *M. incognita* (Est I2, Rm 1,0) (Figura 2). Entretanto, somente a espécie *M. javanica* esteve presente em quase todas as áreas, exceto em Taguatinga – DF, onde não houve multiplicação de nenhuma espécie de *Meloidogyne* nas plantas usadas como isca.

Em Brazlândia - DF, *M. javanica* apareceu em quase todas as amostras, exceto na amostra seis, onde 100% das fêmeas avaliadas pelo fenótipo de esterase eram de *M. incognita*. Na amostra três, foi identificada uma mistura populacional das duas espécies. No Gama – DF predominou a mistura populacional de *M. javanica* + *M. incognita*. Porém, a amostra sete apresentou somente *M. incognita*. Em Cristalina – GO, das 10 amostras coletadas, apenas em cinco foi possível recuperar os nematoides das galhas. Em três amostras foram identificadas somente *M. javanica* e em outras duas a mistura populacional de *M. javanica* com *M. incognita*. Na localidade Núcleo Rural Boa Esperança – DF houve prevalência de *M. javanica*. Em Taguatinga – DF não foi recuperado o nematoide das galhas. Já em Samambaia foi identificada a espécie *M. javanica* e a mistura desta com *M. incognita* (Tabela 1).

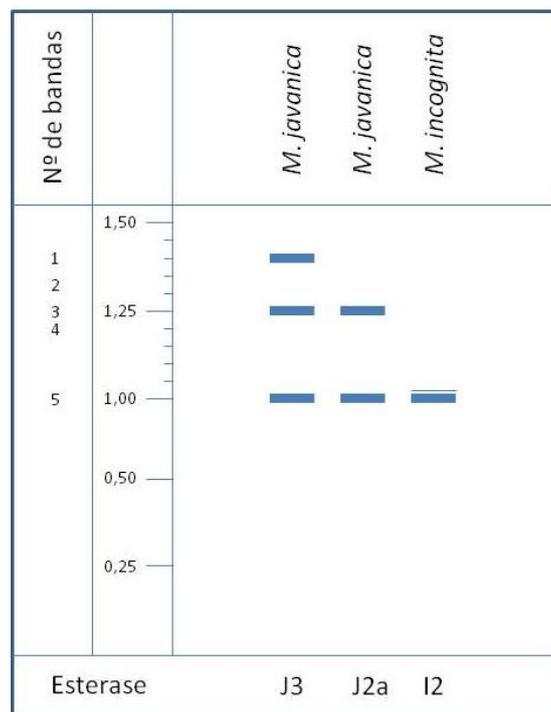
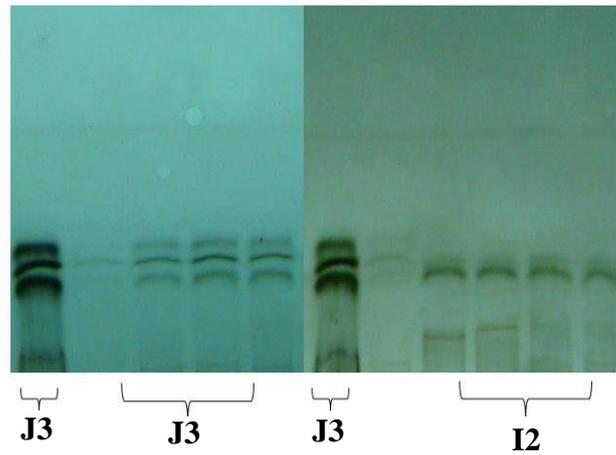


Figura 2. Fenótipos de esterase das populações de nematoides das galhas identificadas em áreas de cultivo de cenoura no Distrito Federal e Cristalina – GO.

Tabela 1. Fenótipos de esterase e percentagem de ocorrência em populações de espécies de *Meloidogyne* provenientes de áreas de cultivo de cenoura do Distrito Federal e Cristalina – GO.

Amostra	Localidade	Espécie (s) Identificada (s) / Fenótipo de Esterase	Ocorrência (%) da espécie na amostra*
		<i>M. javanica</i> (J3)	100
1	Brazlândia –DF	<i>M. javanica</i> (J3)	66,6
2	Brazlândia –DF	<i>M. javanica</i> (J3)	100
3	Brazlândia –DF	<i>M. javanica</i> (J3)	72,2 e 27,7
4	Brazlândia –DF	<i>M. javanica</i> (J3) + <i>M. incognita</i> (I2)	100
5	Brazlândia –DF	<i>M. javanica</i> (J2)	100
6	Brazlândia –DF	<i>M. incognita</i> (I2)	100
7	Gama –DF	<i>M. incognita</i> (I2)	100
8	Gama –DF	<i>M. javanica</i> (J3) + <i>M. incognita</i> (I2)	58,3 e 41,6
9	Gama –DF	-	-
10	Gama –DF	<i>M. javanica</i> (J3) + <i>M. incognita</i> (I2)	69,2 e 30,7
11	Cristalina – GO	<i>M. javanica</i> (J3) + <i>M. incognita</i> (I2)	47,0 e 52,9
12	Cristalina – GO	<i>M. javanica</i> (J3) + <i>M. incognita</i> (I2)	2,9 e 97
13	Cristalina – GO	-	-
14	Cristalina – GO	<i>M. javanica</i> (J3)	75
15	Cristalina – GO	<i>M. javanica</i> (J3)	70,3
16	Cristalina – GO	-	-
17	Cristalina – GO	-	-
18	Cristalina – GO	<i>M. javanica</i> (J3)	86,1
19	Cristalina – GO	-	-
20	Cristalina – GO	-	-
21	Núcleo Rural Boa Esperança - DF	<i>M. javanica</i> (J3)	92,5
22	Núcleo Rural Boa Esperança - DF	<i>M. javanica</i> (J3)	86,1
23	Núcleo Rural Boa Esperança - DF	-	-
24	Alto Rodeador – DF	<i>Meloidogyne</i> spp.	-
25	Alto Rodeador – DF	<i>M. javanica</i> (J3)	100
26	Alto Rodeador – DF	<i>Meloidogyne</i> spp	-
27	Taguantiga – DF	-	-
28	Taguantiga – DF	-	-
29	Taguantiga – DF	-	-
30	Samambaia – DF	-	-
31	Samambaia – DF	<i>M. javanica</i> (J2) (J3)	94,4 e 5,5
32	Samambaia – DF	<i>M. javanica</i> (J3) + <i>M. incognita</i> (I2)	44,4 e 55,5

DISCUSSÃO

Esse foi o primeiro levantamento específico para identificar espécies de nematoides das galhas associados com à cultura da cenoura no Distrito Federal e Cristalina – GO. No presente estudo foram identificadas somente as espécies *M. javanica* e *M. incognita*. Foi constatada a predominância da espécie *M. javanica* nas áreas amostradas. As espécies dos nematoides das galhas *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* são as mais importantes nos cultivos de cenoura no Brasil (Embrapa, 2000). Todavia, de acordo com Lordello (1981) existem evidências de que *M. javanica* seja a espécie que causa os maiores danos à produção desta hortaliça no País. Essa observação foi de fato confirmada pela maior ocorrência dessa espécie nas áreas estudadas com cultivos de cenoura no Distrito Federal e Cristalina.

Sabe-se que os nematoides parasitas de plantas que mais causam danos à cultura da cenoura são os do gênero *Meloidogyne*. As espécies *M. javanica* e *M. incognita* estão entre os patógenos mais importantes da cenoura no Brasil (Huang, 1984), porém, em áreas isoladas do país, é possível encontrar espécies como *M. hapla* e *M. arenaria* (Pinheiro & Henz, 2008).

Segundo Rubatzky *et al.*(1999) a infecção por *M. javanica* e *M. incognita* é mais prevalente nas áreas tropicais e subtropicais do mundo, sendo que tais espécies estão restritas a cultivos protegidos em regiões temperadas (Hunt & Handoo, 2009).

Rosa *et al.* (2013) realizaram levantamento visando identificar espécies de *Meloidogyne* em áreas cultivadas com hortaliças na região central do Estado de São Paulo e verificaram que a cenoura se revela como umas das hortaliças mais atacadas por esses nematoides.

De acordo com Charchar (1995), *M. incognita* é a espécie que ocorre com maior frequência em cultivos de cenoura, ervilha e feijão no DF, afirmação que contrasta-se com os resultados do presente trabalho, onde verificou-se a predominância de *M. javanica* nas áreas de cultivo de cenoura do Distrito Federal e Cristalina. A mistura populacional dos nematoides *M. incognita* e *M. javanica* afeta fortemente a cultura da cenoura no norte do Estado de Minas Gerais (Charchar *et al.*, 1997). Foi observada a ocorrência de mistura populacional em algumas das áreas amostradas no presente estudo.

Visando identificar espécies de *Meloidogyne* em diferentes hortaliças no DF, Carneiro *et al.* (2008) encontraram as espécies *M. javanica* (Est J3, Rm: 1,0; 1,25; 1,4) e *M. incognita* (Est I2, Rm: 1,0; 1,1), além da mistura populacional *M. javanica* + *M. incognita* parasitando a cultura da cenoura em diferentes localidades do Distrito Federal. Resultados que corroboram com o presente trabalho. O presente levantamento foi realizado com a coleta de poucas amostras, dessa forma, há a necessidade de se efetuar um levantamento mais abrangente, considerando mais áreas e mais amostras.

De acordo com Neves *et al.* (2009) resultados alcançados em levantamentos são úteis na identificação dos nematoides associados às culturas e na determinação da distribuição numa dada localidade, além de possibilitar o início de estudos a respeito da biologia, ecologia e métodos de controle desses nematoides. Essas informações são relevantes para adoção de medidas de controle eficientes.

As áreas produtoras de cenoura sofrem com perdas ocasionadas pelo ataque de espécies de *Meloidogyne* às raízes dessa hortaliça. Portanto, é de suma importância conhecer as espécies desses nematoides presentes na cultura, pois isso pode fornecer importantes subsídios na seleção de populações do patógeno para avaliação de

germoplasma visando identificar fontes de resistência e na definição e planejamento de estratégias de manejo mais eficazes para as áreas afetadas.

CONCLUSÕES

As principais espécies de nematoides das galhas associadas à cultura da cenoura no Distrito Federal e Cristalina - GO são *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*, sendo que no presente estudo a primeira mostrou-se mais frequente. Essa informação pode fornecer importantes subsídios na seleção de populações do patógeno para avaliação de germoplasma visando identificar fontes de resistência e na definição e planejamento de estratégias de manejo mais eficazes para as áreas afetadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA BRASÍLIA. 2016. O lado agrícola da Capital. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/01/05/o-lado-agricola-da-capital/> Acesso: 22/04/2017
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2015. SANTOS, C.E.; KIST, B.B.; CARVALHO, C. REETZ, E.R.; MÜLLER, I.; BELING, R.R.; POLL, H. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 68p. <http://www.grupogaz.com.br/> Consultado: 20/01/2016
- CARNEIRO, R.M.D.; ALMEIDA, M.R.A. 2001. Técnica de eletroferese usada no estudo de enzimas dos nematoides-de-galhas para identificação da espécie. *Nematologia Brasileira* 25: 35-44.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; QUÉNÉHERVÉ, P. 2000. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. *Nematology* 2: 645-654.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; SOUZA, J.F.; PIRES, A.Q.; TIGANO, M.S. 2008. Ocorrência de *Meloidogyne* spp. e fungos nematófagos em hortaliças no Distrito Federal, Brasil. *Nematologia Brasileira* 32 (2): 135 – 141.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; COFCEWICZ, E.T. 2008. The taxonomy of coffee – parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. In: Souza RM (Ed.) *Plant–parasitic nematodes of coffee*. Springer. Dordrecht. p. 87-122.
- CEPEA. 2015. Cenoura. www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/152.cenoura.pdf Consultado em 04/02/2016
- CHARCHAR, J.M. 1995. *Meloidogyne* em hortaliças. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 19. Rio Quente. Programa e anais. Brasília: SBN. p.149-153.

CHARCHAR, J.M.; EISENBACK, J.D.; VIEIRA, J.V.; FONSECA-BOITEUX, M.E.N.; BOITEX, L.S. 2009. *Meloidogyne polycephannulata* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing carrot in Brazil. *Journal of Nematology* 41(3): 174-186.

CHARCHAR, J.M.; GONZAGA, V.; RODRIGUES, A.G.; VIEIRA, J.V.; RITSCHER, P.S. 1997. Rotação de culturas no controle de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica* em cenoura na região do Jaíba. *Horticultura Brasileira* 15 (suplemento): 68 (Resumo).

CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; FACION, C.E. 2000. Controle de nematoides das galhas em cenoura através de rotação. *Fitopatologia Brasileira* 25 (suplemento): 335 (Resumo).

COFCEWICZ, E.T.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CASTAGNONE-SERENO, P.; QUÉNÉHERVÉ, P. 2004. Enzyme phenotype and genetic diversity of root-knot nematode parasitizing *Musa* in Brazil. *Nematology* 6: 85-95.

EMATER – DF. 2012. Informações agropecuárias do Distrito Federal. Disponível em: www.emater.df.gov.br/index.php?...agropecuarias...agropecuarias... Acesso: 10/03/2017

EMBRAPA. 2000. Cultivo da cenoura: Doenças e métodos de controle.

<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cenoura/doencas.htm> Consultado em: 07/02/2013.

ESBENSHADE, P.R.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. 1985. Use of enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species (Nematoda: Tylenchida). *Journal of Nematology* 17: 6-10.

ESBENSHADE, P.R.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. 1990. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 22: 10-15

FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. 1984. Os problemas com nematoides na cultura da cenoura e da mandioquinha-salsa. *Informe Agropecuário* 10(120):52-56.

- HUANG, S.P. 1984. Cropping effects of marigolds, corn, and okra on population levels of *Meloidogyne javanica* and on carrot yields. *Journal of Nematology* 16 (4): 396-398.
- HUANG, S.P.; DELLA VECCHIA, P.T.; FERREIRA, P.E. 1986. Varietal response and estimates of heritability of resistance to *Meloidogyne javanica* in carrots. *Journal of Nematology* 18(4): 496-501.
- HUNT, D.J.; HANDOO, Z.A. 2009. Taxonomy, identification and principal species. In: PERRY, R.N.; MOENS, M.; STARRY, J.L. (eds). *Root-Knot nematodes*. Texas / USA CAB International p.55-88.
- HUSSEY, R.S.; SASSER, J.N.; HUISING, D. 1972. Disc-electrophoretic studies of soluble proteins and enzymes of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. *Journal of Nematology* 4: 183-189.
- LORDELLO, L.G. 1981. *Nematoides das plantas cultivadas*. 6^a ed. São Paulo, Nobel, 314p.
- NEVES, W. S.; DIAS, M.S.C. BARBOSA, J. G. 2009. Flutuação populacional de nematoides em bananais de Minas Gerais e Bahia (2003 a 2008). *Nematologia Brasileira* 33(4): 281-285
- PINHEIRO, J.B.; HENZ, G.P. 2008. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) na cultura da cenoura. Comunicado Técnico 55. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.
- QUEIROZ, L. 2013. Produção agrícola do Distrito Federal é destaque nacional. Disponível em: <http://comunidade.maiscomunidade.com/conteudo/2013-09-14/cidades/8263/PRODUCAO-AGRICOLA-DO-DISTRITO-FEDERAL-E-DESTAQUE-NACIONAL.pnhtml> Acesso: 22/04/2017.
- ROSA, J.M.O.; WESTERICH, J.N.; WILCKEN, S.R.S. 2013. Nematoides-das-galhas em áreas de cultivo de olerícolas no Estado de São Paulo. *Nematologia Brasileira* 37(1-2): 15-19.

RUBATZKY, V.E.; QUIROS, C.F.; SIMON, P.W. 1999. Carrots and related vegetable umbellifere. CABI Publishing. p.294.

ZAGATI, F.Q.; BRAGA, D. 2013. O novo mapa da hortifrutícola. Disponível em: www.hfbrazil.org.br Acesso: 22/04/2017

Capítulo 3

**REAÇÃO AOS NEMATOIDES DAS GALHAS DE CULTIVARES
COMERCIAIS DE CENOURA EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

RESUMO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma cultura altamente suscetível ao ataque de diversos patógenos, incluindo os nematoides das galhas. O objetivo deste estudo foi avaliar (em condições de campo naturalmente infestado) a reação de cultivares comerciais disponíveis no mercado aos nematoides *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. Foram avaliadas uma população experimental (CNPH 1212554) e 19 cultivares comerciais de cenoura de diferentes empresas produtoras de sementes. Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas 2013 e 2015, em área de campo experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília (DF). O delineamento foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de um canteiro de 2 m de comprimento por 1m de largura (parcela útil de 2 m²). Cento e dois dias após o de plantio foi realizada a colheita do experimento e as seguintes variáveis agrônômicas foram avaliadas: massa de raiz total, MRT (t/ha); massa de raiz comercial, MRC (t/ha); e massa de raiz de refugo, MRR (t/ha). Foram também avaliadas as variáveis nematológicas: População inicial de juvenis (J2) no solo (Pi); População final de J2 no solo (Pfsolo); Fator de aumento/redução de juvenis no solo (FA) = (Pfsolo/Pisolo); e População de nematoides (J2 + ovos) por grama de casca de raiz processada (PNC). Para a extração dos nematoides do solo, utilizou-se o método de flutuação-sedimentação-peneiramento. Para a extração dos nematoides das raízes foi realizada a descasca de 10 a 12 raízes de cada cultivar avaliada. Posteriormente, as cascas foram pesadas e, em seguida, trituradas em liquidificador contendo solução de hipoclorito de sódio (NaOCl 0,375%) por 30 segundos, em seguida a suspensão foi centrifugada em solução de sacarose. Com relação à produtividade, verificou-se diferença estatística significativa tanto entre as cultivares de cenoura dentro de cada safra, como entre as

safras. As cultivares mais produtivas foram: Brasília-CNPH, Brasília-Horticultores, Planalto-CNPH, Planalto-Agrocinco, Brasília-Agrocinco e Brasília-Tecnoseed. A cultivar Brasília-CNPH obteve produtividade relativamente semelhante nas duas safras. Foi observada diferença estatística para FA entre os materiais avaliados nas duas safras. A população ‘CNPH 1212554’ foi a que apresentou maior FA na safra 2013 e a cultivar Brasília-Tecnoseed na safra 2015. Nas duas safras, as cultivares que apresentaram menor quantidade de nematoides por grama de casca de raiz foram: Brasília-CNPH e Brasília-Agrocinco.

Palavras-Chave: *Daucus carota*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, resistência.

ABSTRACT

Reaction of of commercial carrot cultivars to the root-knot nematode under field conditions.

Carrot crop is susceptible to the attack of many pathogens, including the root-knot nematodes. The aim of this study was to assess the reaction to mixed populations of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* under field conditions on a collection commercial carrot cultivars currently available in the market. One carrot breeding population (CNPH 1212554) and 19 commercial carrot cultivars (from different seed companies) were evaluated during the crop seasons of 2013 and 2015 in Brasília (DF), Central Brazil. The evaluation was carried out 102 days after sowing based on the following traits: total root weight (t/ha); commercial root weight (t/ha); non-commercial root weight (t/ha). Variables related to the nematodes also were evaluated: initial population of second stage juveniles (J2) in soil (Pisolo); final J2 population in soil (Pfsoil); Increase/decrease factor of J2 in soil (FA) = (Pfsoil/Pisolo); and total nematode population (J2 + eggs) per gram of root skin (epidermis). The nematodes were extracted from soil by the flotation-sedimentation-sieving technique, combined with sugar flotation. For nematode extraction from the roots, 10 to 12 roots of each cultivar, had been peeled, subsequently, the root skins were weighed and then ground in a blender with Sodium hypochlorite solution (NaOCl 0.375%) and centrifuged in sugar solution. The most productive cultivars were 'Brasília-CNPH', 'Brasília-Horticeres', 'Planalto-CNPH', 'Planalto-Agrocinco', 'Brasília-Agrocinco' and 'Brasília-Tecnoseed'. The cultivar 'Brasília-CNPH' displayed similar yields in both field assays. Statistical differences were observed for FA among the cultivars evaluated in the two assays. The population 'CNPH 1212554' was the accession with the highest FA in the 2013 assay

and 'Brasília-Tecnoseed' in 2015 assay. The cultivars with the lowest number of nematodes per gram of root skin in the two experiments were 'Brasília-CNPH' and 'Brasília- Agrocinco'.

Keywords: *Daucus carota*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, resistance.

INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma cultura suscetível ao ataque de diversos patógenos que, em condições favoráveis, podem se tornar fatores limitantes à produção dessa hortaliça. Dentre os patógenos que acometem a cultura, destacam-se os nematoides do gênero *Meloidogyne*, que causam danos expressivos à planta. Conhecidos como nematoide das galhas, eles causam perdas na qualidade e quantidade do produto colhido (Pinheiro *et al.*, 2010).

A infecção por espécies de *Meloidogyne* em cenoura gera raízes bifurcadas, deformadas e com ramificações excessivas, além de propiciar o crescimento de galhas que comprometem qualitativamente o valor comercial das raízes (Ferraz & Santos, 1984). Os danos causados por esses nematoides variam, entre outros fatores, com a suscetibilidade da cultivar e a densidade populacional inicial desses organismos no solo (Huang *et al.*, 1986).

As perdas causadas no cultivo da cenoura pelos nematoides das galhas, principalmente das espécies *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, podem chegar a 100% devido às deformações e galhas nas raízes, reduzindo a produtividade, a qualidade e comprometendo a classificação comercial do produto (Huang *et al.*, 1986; Charchar *et al.*, 2000; Pinheiro & Henz, 2008).

A prevenção é o princípio mais importante para o controle de nematoides, já que após a infestação de uma determinada área a erradicação é praticamente impossível. Dessa forma, as medidas de controle adotadas têm como objetivo reduzir a população do patógeno, permitindo assim o cultivo de espécies suscetíveis (Ferraz *et al.*, 2010).

Para o manejo do nematoide das galhas é necessário a integração de várias medidas de controle, sendo as principais a rotação de culturas, o alqueive, o uso de plantas antagonistas, a utilização de matéria orgânica e o plantio de variedades resistentes e, em último caso, o controle químico (Pinheiro *et al.*, 2010).

Fontes de resistência em cenoura à infecção por nematoides das galhas, *M. incognita* raça 1 e *M. javanica* têm sido identificadas em genótipos de cenoura obtidos pela Embrapa Hortaliças, desde 1978 (Huang & Charchar, 1982; Charchar *et al.*, 1982; Charchar & Vieira, 1990, 1991).

A cultivar ‘Brasília’ representa aproximadamente 40% da área de cenoura plantada no Brasil, sendo considerada a principal cultivar desta hortaliça (Granjeiro *et al.*, 2012). Cultivar de polinização aberta, a cenoura ‘Brasília’ foi obtida por meio de seleção recorrente baseada no comportamento de progênies meio-irmãs, tendo completado quatro ciclos de seleção anterior ao seu lançamento, em 1981 (Vieira *et al.*, 1983).

Charchar & Vieira (1994) avaliaram diferentes acessos em condições de campo buscando fontes de resistência genética múltipla contra *M. incognita* e *M. javanica*. Esses experimentos foram conduzidos em solo naturalmente infestado por esses dois nematoides. Materiais genéticos derivados de germoplasma das cultivares ‘Brasília’ e ‘Cenoura Nacional’ apresentaram os mais elevados níveis de resistência. Os ensaios conduzidos por Vieira *et al.* (2003), Pinheiro *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2011) também confirmaram que ‘Brasília’, ‘BRS Esplanada’ (Vieira *et al.*, 2005), ‘BRS Planalto’ (Vieira *et al.*, 2012) como um germoplasma de interesse para o melhoramento visando resistência a ambos os patógenos.

A herança da resistência a *M. javanica* foi investigada em uma linhagem, derivada do cultivar de polinização aberta ‘Brasília’ (Simon *et al.*, 2000). Em

cruzamentos envolvendo a cenoura resistente 'Brasília 1252' e a linhagem suscetível 'B6274' os dados de segregação indicaram que um único locus (ou dois loci dominantes fortemente ligados) controlam a resistência a *M. javanica*. A região genômica, englobando o locus de resistência *M. javanica* 'Brasília' foi nomeada provisoriamente como locus *Mj-1* (Simon *et al.*, 2000). Uma fonte distinta de resistência a *M. javanica* foi identificada no acesso 'PI 652188', um germoplasma de cenoura de origem asiática (Ali *et al.*, 2014). O padrão de hereditariedade para resistência a *M. javanica* se mostrou com dominância incompleta tendo esse sido denominado de *Mj-2* (Ali *et al.*, 2014).

Em relação à resistência da cultivar Brasília ao nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*), Simon *et al.* (2000) identificaram um gene maior controlando a resistência, denominando-o *Mj-1*, sendo esse gene a primeira fonte de resistência de cenoura ao nematoide das galhas, encontrado na cenoura 'Brasília'. A segunda fonte de resistência de cenoura a *M. javanica* foi derivada de um germoplasma asiático, tendo sido denominada, gene *Mj-2* (Ali *et al.*, 2014).

Na atualidade, grande parte das seleções da cultivar 'Brasília' disponíveis no mercado está geneticamente descaracterizada, exibindo padrão varietal diferente do originalmente descrito em 1981. Isso é explicado pelas seleções realizadas pelas empresas produtoras de sementes, com a intenção de melhorar a qualidade das raízes para reduzir a frequência de características não-desejáveis presentes na cultivar 'Brasília' original (Granjeiro *et al.*, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de cultivares comerciais atualmente disponíveis no mercado em relação a *M. incognita* e *M. javanica*, com avaliação, principalmente, dos níveis de resistência das diferentes seleções da cultivar 'Brasília' comercializadas por diferentes empresas produtoras de sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em área de campo da Embrapa Hortaliças, Brasília/DF, em solo naturalmente infestado pela mistura populacional de *M. incognita* e *M. javanica*. Para o aumento e homogeneização dos níveis populacionais da área foi realizado o transplântio do quiabeiro suscetível (*Abelmoschus esculentus* L.), semeado em sementeira em casa de vegetação, após atingir 10 cm de altura. Procedimento realizado nas duas safras (ensaios).

Foram avaliadas para reação à população mista das duas espécies de nematoides (*M. incognita* + *M. javanica*) 19 cultivares comerciais de cenoura ('Alvorada-ISLA'; 'Brasília calibrada media verão-ISLA'; 'Brasília Irecê-Feltrin'; 'Brasília-CNPH'; 'Brasília-Horticeres'; 'Carandaí-Horticeres'; 'Danvers-ISLA'; 'Juliana-Seminis'; 'Kuroda-Agroceres'; 'Kuronan-CNPH'; 'Nantes-Topseed'; 'Planalto-CNPH'; 'Planalto-Agrocinco'; 'Planeta-Topseed'; 'Suprema-ISLA'; 'Tropical-ISLA'; 'Alvorada-CNPH'; 'Brasília-Agrocinco' e 'Brasília-Tecnoseed') e uma população experimental da Embrapa Hortaliças (CNPH 1212554).

O primeiro experimento foi realizado entre abril e julho de 2013 (safra 2013) e um segundo experimento foi conduzido entre janeiro e maio de 2015 (safra 2015). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. A parcela experimental adotada constituiu-se de 12 linhas (seis linhas duplas, com espaço de 10 cm entre linhas simples e entre linhas duplas de 20 cm), totalizando uma área de 2 m² por parcela.

No preparo do solo realizou-se aração, levantamento de canteiros, distribuição e incorporação do adubo com rotoencanteirador. Na safra 2013, a adubação utilizada foi 3000 kg/ha da fórmula comercial 04-14-08 de NPK, 8% de Ca e 10% de S, conforme

análise química do solo e, adubação de cobertura de 400 kg/ha de sulfato de amônio após o desbaste (30-35 dias após a semeadura da cenoura). Na safra 2015, a adubação foi de 200 g/m linear de fórmula 04-30-16 de NPK e utilizou-se a mesma adubação de cobertura da safra anterior. Durante os ensaios nas duas safras, as plantas foram irrigadas por aspersão convencional.

A avaliação das cultivares de cenoura para resistência ao nematoide das galhas foi realizada 102 dias após a semeadura com base nas seguintes variáveis agronômicas e nematológicas: **(1)** massa de raiz total (t/ha = MRT); **(2)** massa de raiz comercial (t/ha = MRC); **(3)** massa de raiz de refugo (t/ha = MRR); **(4)** População inicial de juvenis do segundo estágio (J2) do nematoide (=Pisolo); **(5)** População final (número de J2 por 300 cm³ de solo = Pfsolo); **(6)** FA = Fator de aumento/redução de J2 no solo (Pfsolo/Pisolo); e **(7)** população de nematoides (J2 + ovos) por grama de casca de raiz processada (= PNC).

A introdução das variáveis, fator de aumento/redução da população de juvenis (J2) do nematoide no solo (FA) e população do nematoide (J2 e ovos) por grama de casca de raiz processada (PNC), nos experimentos, ocorreu devido à dificuldade de se avaliar o Fator de Reprodução (FR) na cultura da cenoura em condições de campo.

Para a amostragem da população inicial de juvenis no solo (Pisolo), antes da semeadura, foi usada a média geral de J2 por 300 cc de solo da área de experimento. Para a safra 2013 o Pisolo foi de 3,71 J2 das espécies de *Meloidogyne* por 300 cc de solo e, para a safra 2015, o valor estimado foi de 5,41 J2 por 300 cc de solo.

Para a extração dos nematoides do solo, utilizou-se o método de flutuação-sedimentação-peneiramento (Flegg & Hopper, 1970). Amostras de solo de 300 cc foram suspensas em dois litros de água e passadas em peneiras de 42 e 400 mesh,

respectivamente. Para clarificar as amostras utilizou-se a técnica de centrifugação em solução de sacarose (modificada de Jenkins, 1964).

A suspensão resultante da peneira de 400 mesh foi centrifugada a 1.750 rpm por cinco minutos. Após esse período, descartou-se o sobrenadante e adicionou-se solução de sacarose (456g por litro de solução) ao sedimento presente no fundo do tubo, sendo esse centrifugado por um minuto a 1.750 rpm. O sobrenadante de cada amostra foi vertido sobre peneira de 500 mesh para lavar a sacarose e posteriormente a suspensão clarificada dos nematoides foi recolhida em um béquer.

Para extração dos nematoides das raízes foi realizada a remoção da casca de 10-12 raízes de cada material avaliado. As massas das cascas foram posteriormente obtidas e em seguida as cascas foram trituradas por 30 segundos em liquidificador contendo solução de hipoclorito de sódio (NaOCl 0,375%) em volume o suficiente para cobrir as cascas das raízes. A suspensão resultante foi, em seguida, submetida a um conjunto de peneiras de 42 mesh e de 500 mesh, respectivamente.

A suspensão aquosa retida na peneira de 500 mesh foi recolhida e posteriormente centrifugada a 1.750 rpm por cinco minutos. Após esse período, descartou-se o sobrenadante e adicionou-se solução de sacarose (456 g por litro de solução) ao sedimento presente no fundo do tubo, misturando-se em seguida com bastão de vidro. Logo após este procedimento, a suspensão foi centrifugada por um minuto a 1.750 rpm e o sobrenadante de cada amostra foi vertido sobre peneira de 500 mesh para lavagem da sacarose e posterior recolhimento da suspensão contendo ovos e J2, para um béquer. A suspensão de nematoides do solo e das raízes foi acondicionada em frascos de 20 ml. A contagem dos nematoides foi feita em lâmina de Peter, sob microscópio de luz.

Foi determinado o número total de nematoides em cada amostra de solo. O fator de aumento/redução de juvenis no solo (FA) foi obtido pelo quociente entre a média da população final no solo coletada durante a colheita e a população inicial no solo antes da semeadura.

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância pelo programa SAS – Statistical Analysis System (1999) e o agrupamento de médias dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5%, utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS

De acordo com a análise de variância conjunta verificou-se diferenças significativas pelo teste de F, para as fontes de variação: cultivares, safras e na interação entre ambas em relação às variáveis: MRT, MRC e MRR. Esse fato demonstra a grande interação ambiental existente entre os diferentes experimentos, ou seja, distintas influências ambientais podem interferir nos resultados quando se quer discriminar materiais com maior ou menor grau de sensibilidade ao ataque dos nematoides das galhas em condições de campo.

Para MRT, os maiores valores foram observados na safra 2013, com destaque para as cultivares ‘BRS Planalto-CNPH’ (52,06 t/ha), ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (51,57 t/ha), ‘Brasília-CNPH’ (48,02 t/ha), ‘Brasília-Horticeres’ (47,98 t/ha), ‘Brasília-Tecnoseed’ (43,24 t/ha) e ‘Brasília-Agrocinco’ (43,15 t/ha). A cultivar que apresentou menor valor de MRT nesta safra foi a ‘Planeta-Topseed’ (10,20 t/ha) (Tabela 1).

Já na safra 2015 as cultivares ‘Brasília-CNPH’ (46,33 t/ha), ‘BRS Planalto-CNPH’ (40,94 t/ha) e ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (39,86 t/ha) foram as que se destacaram, exibindo os maiores valores de MRT, e mais uma vez o menor valor foi da cultivar ‘Planeta-Topseed’ (2,64 t/ha), devido ao reduzido tamanho da raiz (Tabela 1).

Para a variável MRC, foi observada diferença estatística tanto entre as cultivares dentro de cada safra, como entre as safras. As cultivares que se destacaram na safra 2013 foram a ‘BRS Planalto-CNPH’ (27,97 t/ha), ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (26,98 t/ha), ‘Brasília-CNPH’ (25,48 t/ha), ‘Brasília-Horticeres’ (24,54 t/ha), ‘Alvorada-CNPH’ (23,27 t/ha), ‘Brasília-Tecnoseed’ (22,00 t/ha) e ‘Suprema-ISLA’ (21,69 t/ha). As cultivares que apresentaram os menores valores de MRC foram ‘Nantes-Topseed’ (8,29 t/ha) e ‘Danvers-ISLA’ (5,62 t/ha) (Tabelas 1 e 2).

Na safra 2015 poucas cultivares se destacaram para MRC, apenas ‘Brasília-CNPH’ (30,78 t/ha), ‘BRS Planalto-CNPH’ (22,56 t/ha) e ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (22,18 t/ha). As cultivares que apresentaram menores valores de MRC nesta safra foram ‘Tropical-ISLA’ (4,69 t/ha) e ‘Nantes-Topseed’ (3,67 t/ha) (Tabelas 1 e 2).

Comparando as duas safras observou-se que as cultivares ‘Brasília-CNPH’, ‘BRS Planalto-CNPH’ e ‘BRS Planalto-Agrocinco’ produziram grande quantidade de raízes comerciais nas duas safras, mostrando serem cultivares de alta produtividade, entretanto as cultivares ‘Nantes-Topseed’ e ‘Planeta-Topseed’ foram as que produziram menor quantidade de raízes comerciais nas duas safras em comparação às demais (Tabela 1).

Com relação à variável MRR, as cultivares na safra 2013 que exibiram os maiores valores foram ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (24,58 t/ha), ‘BRS Planalto-CNPH’ (24,09 t/ha), ‘Brasília-Hortíceres’ (23,43 t/ha), ‘Brasília-CNPH’ (22,54 t/ha), ‘Brasília-Agrocinco’ (22,25 t/ha), ‘Brasília-Tecnoseed’ (21,24 t/ha) e a cultivar que apresentou o menor valor de MRR foi a ‘Planeta-Topseed’ (5,06 t/ha). Na safra 2015 apenas duas cultivares apresentaram valores elevados de MRR, ‘Brasília-Hortíceres’ (21,01 t/ha) e ‘Suprema-ISLA’ (20,36 t/ha), sendo a cultivar ‘Suprema-ISLA’ a de menor MRR (0,98 t/ha). Apesar dos baixos valores de MRR, essas foram as cultivares que produziram menos MRT (Tabela 1).

Não foi possível estimar o Fator de reprodução (FR) nos ensaios devido à dificuldade de avaliação desta variável na cultura da cenoura em condições de campo. Desse modo, foram introduzidas outras variáveis de mais fácil avaliação incluindo o fator de aumento/redução de nematoides no solo (FA) e a população do nematoide (J2 e ovos) por grama de casca de raiz processada (PNC). Diferentemente de experimentos conduzidos em vasos em casa de vegetação em que a população final do nematoide

pode ser calculada com precisão, levando em conta os nematoides em volume conhecido de solo e em todas as raízes (pivotante e secundárias). Em experimentos realizados em campo não é possível estimar com precisão a população final do nematoide, visto que raízes secundárias são de difícil recuperação durante o processo de colheita. Desta forma, torna-se frágil e imprecisa a avaliação do FR que é um dos parâmetros mais importantes na seleção de plantas resistentes a nematoides. As variáveis usadas em substituição ao parâmetro FR poderão ser validadas em futuros experimentos.

Com relação aos resultados das variáveis nematológicas, para a variável fator de aumento/redução de nematoides no solo (FA) houve diferença significativa, pelo teste de F, entre as cultivares avaliadas. Os valores de FA nas duas safras variaram de 0,00 a 7,20. Na safra 2013 os menores valores de FA foram observados nas cultivares ‘Brasília-CNPH’ (0,57); ‘Tropical-ISLA’ (0,73); ‘Brasília-Agrocinco’ (0,79). Os maiores valores de FA foram observados na população experimental ‘CNPH 1212554’ (7,20); e nas cultivares ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (5,40); ‘Kuronan-CNPH’ (4,55); ‘Juliana-Seminis’ (4,31); ‘Alvorada-CNPH’ (3,86); ‘Nantes-Topseed’ (3,83); ‘Alvorada-ISLA’ (3,66); ‘Brasília-Hortices’ (3,51); ‘Brasília-Tecnoseed’ (3,51); ‘Kuroda-Agroceres’ (3,24) e ‘Planeta-Topseed’ (3,14) (Tabela 3).

Na safra 2015, as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ (0,00); a população experimental ‘1212554-CNPH’ (0,24); ‘Brasília-Hortices’ (0,24) e ‘Kuronan-CNPH’ (0,24) foram os acessos que apresentaram menores valores de FA. Por outro lado, as cultivares ‘Brasília-Tecnoseed’ (3,13); ‘Danvers-ISLA’ (2,88); ‘Brasília Calibrada Media Verão-ISLA’ (2,27) foram as cultivares que apresentaram maiores FA (Tabela 3).

Nota-se que as cultivares ‘Brasília’ das diferentes empresas apresentaram diferentes comportamentos com relação à sensibilidade aos nematoides na safra 2013. Ao contrário do que aconteceu na safra 2013, a maioria dos materiais avaliados na safra 2015 foram semelhantes, apresentando baixos valores de FA (Tabela 3).

De acordo com a análise de variância para os nematoides avaliados nas raízes de cenoura (PNC) conforme aconteceu com os nematoides no solo, o fator safra influenciou significativamente ($P < 0,01$) na multiplicação dos nematoides nas raízes, enquanto que, o efeito das cultivares não influenciou. Os valores de PNC oscilaram de 0,00 a 4,55 nas duas safras (Tabela 3).

Não foram observadas diferenças significativas entre os acessos em relação ao parâmetro população de nematoides por grama de casca de raiz nos dois ensaios (2013 e 2015). As cultivares ‘Planeta-Topseed’ (3,37); ‘Nantes-Topseed’ (1,78); ‘Carandaí-Hortices’ (1,20) e ‘Danvers-ISLA’ (1,20) apresentaram maiores quantidades de nematoides na safra 2013. As cultivares que exibiram menor quantidade de nematoides na raiz em 2013 foram ‘Brasília-CNPH’ (0,04); ‘BRS Planalto-Agrocinco’ (0,04); ‘Tropical-ISLA’ (0,04); população experimental ‘CNPH 1212554’ (0,07); ‘Kuroda-Agroceres’ (0,07) e ‘Brasília-Agrocinco’ (0,08), indicando melhor qualidade da raiz em condições de infestação natural com os dois nematoides (Tabela 3).

Da mesma forma, na safra 2015 as cultivares não apresentaram diferença significativa para PNC. As cultivares ‘Nantes-Topseed’ (4,55); ‘Danvers-ISLA’ (1,88) e ‘Alvorada-CNPH’ (1,20) apresentaram maior quantidade de nematoides por grama de casca de raiz. As cultivares que apresentaram menores valores de nematoides das galhas nas raízes foram ‘Brasília-CNPH’ (0,00); ‘Suprema-ISLA’ (0,04) e ‘Brasília-Agrocinco’ (0,09) (Tabela 3).

Tabela 1. Variáveis agronômicas avaliadas nas safras 2013 e 2015 em coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em Brasília-DF

Acesso	Empresa	MRT		MRC		MRR							
		2013	2015	2013	2015	2013	2015						
1212554	CNPH	38,77	Ab	36,18	Ab	19,01	Ac ²	18,86	Ac	19,76	Aa	17,32	Bb
Alvorada	ISLA	33,21	Ab	29,68	Bc	14,78	Ad	14,77	Ad	18,43	Ab	14,91	Ab
Brasília	ISLA	35,03	Ab	27,83	Bc	17,52	Ac	11,37	Bd	17,51	Ab	16,46	Ab
Brasília Irecê	FELTRIN	36,84	Ab	28,32	Bc	16,29	Ac	11,29	Bd	20,55	Aa	17,03	Bb
Brasília	CNPH	48,02	Aa	46,34	Aa	25,48	Bb	30,78	Aa	22,54	Aa	15,56	Bb
Brasília	HORTICERES	47,97	Aa	33,44	Bb	24,54	Ab	12,43	Bd	23,43	Aa	21,01	Aa
Carandaí	HORTICERES	28,97	Bc	33,83	Ab	12,84	Bd	16,61	Ac	16,13	Ab	17,22	Ab
Danvers	ISLA	18,52	Ad	19,43	Ad	5,62	Be	11,30	Ad	12,90	Ac	8,13	Ac
Juliana	SEMINIS	34,07	Ab	26,99	Bc	16,35	Ac	14,02	Bd	17,72	Ab	12,97	Bc
Kuroda	AGROCERES	24,79	Ac	19,28	Bd	12,00	Ad	10,55	Ad	12,79	Ac	8,73	Ac
Kuronan	CNPH	39,04	Ab	35,88	Ab	20,18	Ac	18,60	Ac	18,86	Ab	17,28	Ab
Nantes	TOPSEED	20,17	Ad	17,13	Ad	8,29	Ae	3,67	Ae	11,88	Ac	13,46	Ac
BRS Planalto	CNPH	52,06	Aa	40,94	Bb	27,97	Aa	22,56	Bb	24,09	Aa	18,38	Bb
BRS Planalto	AGROCINCO	51,56	Aa	39,86	Bb	26,98	Aa	22,18	Bb	24,58	Aa	17,68	Bb
Planeta	TOPSEED	10,20	Ae	3,68	Ae	5,14	Ae	2,70	Ae	5,06	Ad	0,98	Ad
Suprema	ISLA	38,88	Ab	34,16	Ab	21,69	Ab	13,80	Bd	17,19	Bb	20,36	Aa
Tropical	ISLA	34,43	Ab	16,15	Bd	16,46	Ac	4,69	Be	17,97	Ab	11,46	Bc
Alvorada	CNPH	39,98	Ab	33,16	Ab	23,27	Ab	16,48	Bc	16,71	Ab	16,68	Ab
Brasília	AGROCINCO	43,15	Aa	36,26	Bb	20,90	Ac	18,06	Ac	22,25	Aa	18,20	Bb
Brasília	TECNOSSED	43,24	Aa	36,01	Bb	22,00	Ab	18,41	Bc	21,24	Aa	17,60	Bb
³ QMCult (C)		864,40**				313,78**				165,32**			
QMSafra (S)		1.572,60**				412,05**				362,13**			
C x S		54,29*				45,86**				16,04ns			
Média		32,81				16,26				16,57			
CV (%)		16,82				24,04				22,2			

MRT (t ha⁻¹) = Massa da raiz total; MRC (t ha⁻¹) = Massa de raiz comercial; MRR (t ha⁻¹) = Massa de raiz de refugo. ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo com base no teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade; ³QMCult = Quadrado Médio da Cultivar; QMSafra = Quadrado Médio da Safra; C x S = Cultivar x Safra; CV = Coeficiente de variação. CNPH = Embrapa Hortalças.

Tabela 2. Percentual de raízes comercializáveis dentro do total de raízes produzidas nas safras 2013 e 2015 em uma coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em Brasília-DF.

Acesso	Empresa	MRC %	
		2013	2015
1212554	CNPH	49,0	52,1
Alvorada	ISLA	44,5	49,7
Brasília	ISLA	50,0	40,8
Brasília Irecê	FELTRIN	44,2	39,8
Brasília	CNPH	53,0	66,4
Brasília	HORTICERES	51,1	37,1
Carandaí	HORTICERES	44,3	49,0
Danvers	ISLA	30,3	58,1
Juliana	SEMINIS	47,9	51,9
Kuroda	AGROCERES	48,4	54,7
Kuronan	CNPH	51,6	51,8
Nantes	TOPSEED	41,1	21,4
BRS Planalto	CNPH	53,7	55,1
BRS Planalto	AGROCINCO	52,3	55,6
Planeta	TOPSEED	50,3	73,3
Suprema	ISLA	55,7	40,3
Tropical	ISLA	47,8	29,0
Alvorada	CNPH	58,2	49,6
Brasília	AGROCINCO	48,4	49,8
Brasília	TECNOSEED	50,8	51,1

Tabela 3. Avaliação dos nematoides das galhas presentes no solo e nas cascas das raízes de uma coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas safras 2013 e 2015 em Brasília-DF

Acesso	Empresa	FA		PNC	
		2013	2015	2013	2015
1212554	CNPH	7,20 Aa	0,24 Bb	0,07 Aa	0,76 Aa
Alvorada	ISLA	3,66 Aa	0,59 Bb	0,24 Aa	0,29 Aa
Brasília Calibrada Media					
Verão	ISLA	1,56 Bb	2,27 Aa	0,54 Aa	0,14 Aa
Brasília Irece	FELTRIN	4,41 Aa	0,74 Bb	0,37 Aa	0,72 Aa
Brasília	CNPH	0,57 Ab	0,93 Ab	0,04 Aa	0,00 Aa
Brasília	HORTICERES	3,51 Aa	0,24 Bb	0,18 Aa	0,14 Aa
Carandai	HORTICERES	1,53 Ab	0,59 Ab	1,20 Aa	0,28 Aa
Danvers	ISLA	1,00 Bb	2,88 Aa	1,10 Aa	1,88 Aa
Juliana	SEMINIS	4,31 Aa	0,74 Bb	0,55 Aa	0,22 Aa
Kuroda	AGROCERES	3,24 Aa	1,54 Bb	0,07 Aa	0,58 Aa
Kuronan	CNPH	4,55 Aa	0,24 Bb	0,25 Aa	0,26 Aa
Nantes	TOPSEED	3,83 Aa	0,52 Bb	1,78 Aa	4,55 Aa
BRS Planalto	CNPH	1,19 Ab	0,59 Ab	0,62 Aa	0,29 Aa
BRS Planalto	AGROCINCO	5,40 Aa	0,88 Bb	0,04 Aa	0,10 Aa
Planeta	TOPSEED	3,14 Aa	0,74 Bb	3,37 Aa	0,42 Aa
Suprema	ISLA	1,91 Ab	0,74 Ab	0,51 Aa	0,04 Aa
Tropical	ISLA	0,73 Ab	0,24 Ab	0,04 Aa	0,17 Aa
Alvorada	CNPH	3,86 Aa	0,52 Bb	0,11 Aa	1,20 Aa
Brasília	AGROCINCO	0,79 Ab	0,00 Ab	0,08 Aa	0,09 Aa
Brasília	TECNOSSED	3,51 Aa	3,13 Aa	0,21 Aa	0,71 Aa
Média	---	1,47		7,00	
CV (%)	---	63,90		6,41	

¹FA= Fator de aumento/redução de juvenis (J2) no solo (Pfsolo/Pi). ²PNC = População de nematoides (J2 e ovos) por grama de casca de raiz processada. ³J2/300 centímetros cúbicos de solo; Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo com base no teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Valores de FA e PNC foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$.

DISCUSSÃO

As cultivares de cenoura que apresentaram maior produtividade nas safras 2013 e 2015 dentro de uma coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* foram ‘Brasília-CNPH’, ‘Brasília-Horticeres’, ‘BRS Planalto-CNPH’, ‘BRS Planalto-Agrocinco’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-Tecnoseed’. A cultivar ‘Brasília-CNPH’ obteve produtividades relativamente semelhantes nas duas safras. As cultivares com menor produtividade foram ‘Danvers-ISLA’, ‘Kuroda-Agroceres’, ‘Nantes-Topseed’ e ‘Planeta-Topseed’.

Neste trabalho observou-se uma diferença acentuada entre os valores das populações finais do nematoide no solo de uma safra para outra sendo que, de maneira geral, a população de nematoides na primeira safra foi maior do que na segunda, embora, em média, a população inicial do nematoide tenha sido ligeiramente superior antes do plantio da segunda safra. Experimentos realizados em campo sofrem influência de fatores não controláveis, fato que muitas vezes torna frágil a avaliação da reação da hospedeira tendo a população de nematoides no solo como inóculo.

A maioria das cultivares da safra 2013 apresentou valores de FA elevados. Na safra 2015 ocorreu o contrário, sendo que a maioria das cultivares mostraram baixos valores de FA. É importante observar que cultivares derivadas de ‘Brasília’ das diferentes empresas apresentaram valores discrepantes entre si nas duas safras.

Com relação à avaliação de PNC (população de nematoides por grama de casca de raiz de cenoura processada), foi observado que as cultivares ‘Brasília-CNPH’; ‘BRS Planalto-Agrocinco’ e ‘Brasília-Agrocinco’ foram as que apresentaram as menores quantidades de nematoides por grama de casca de raiz. Fazendo uma ligação entre os resultados do FA no solo com a população de nematoides por grama de casca de raiz e a

produtividade, verificou-se que as cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ foram as que menos favoreceram a multiplicação do nematoide nas duas avaliações.

Dados do presente estudo confirmam em parte os resultados de Covolo & Benetti (1981), que visando avaliar a suscetibilidade das cultivares ‘Nantes’, ‘Kuroda’, ‘Chantenay’, ‘Flaker’ e ‘Danvers’ ao nematoide *M. javanica*, concluíram que todas as cultivares foram suscetíveis, entretanto, as cultivares ‘Kuroda’ e ‘Nantes’ foram menos suscetíveis. Verificou-se que a cultivar ‘Kuroda-Agroceres’, não contribuiu para a multiplicação do nematoide nas raízes apesar de ter apresentado elevado FA nas duas safras.

Huang *et al.* (1986) conduziram estudos para estabelecer um método confiável para avaliar o germoplasma de cenoura para resistência ao nematoide das galhas em casa de vegetação. As reações de cinco cultivares de cenoura (‘Brasília’, ‘Tropical’, ‘Kuronan’, ‘Nantes’ e ‘Kuroda’) a *M. javanica* foram comparadas com uma linhagem resistente de cenoura (‘CNPH 1437’). Huang *et al.* (1986) confirmaram a resistência da linhagem ‘CNPH 1437’, demonstrando a possibilidade das cultivares ‘Brasília’ e ‘Tropical’ terem o mesmo nível de resistência de ‘CNPH 1437’ para *M. javanica* e *M. incognita*. Segundo os autores, por meio do índice de galhas, a cultivar ‘Kuronan’ foi classificada como tolerante e as cultivares ‘Nantes’ e ‘Kuroda’ como suscetíveis.

De certa forma, os resultados do presente trabalho confirmam os dados de Huang *et al.* (1986), já que as cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Tropical-ISLA’ apresentaram comportamento classificado como de resistência. A cultivar ‘Brasília-CNPH’ apresentou baixos valores de FA e PNC e a ‘Tropical-ISLA’ também, apesar de não ter se sobressaído comparada com a cultivar ‘Brasília-CNPH’ quanto à produtividade. A cultivar ‘Nantes-Topseed’ apresentou comportamento compatível com suscetibilidade, apresentando altos valores de FA e PNC. A produção satisfatória de

raízes totais e de comerciais pode ser considerada evidência para se pensar numa provável resistência/tolerância da cultivar ‘Brasília-CNPH’ aos nematoides das galhas. Entretanto, nem sempre uma maior produção de raízes totais reflete em uma maior produção de raízes comerciais devido aos valores elevados de raízes de refugo. Por exemplo, a cultivar ‘Brasília-ISLA’ produziu na safra 2013 35,03 t/ha de cenoura, entretanto, 17,52 t/ha foram de raízes comercializáveis e 17,51 t/ha de raízes de refugo.

A cultivar ‘BRS Planalto’, desenvolvida a partir de seleções da cenoura ‘Brasília’ apresenta alta resistência aos nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) com nível similar ao encontrado nas cultivares do grupo Brasília, apesar de ainda não ter ocorrido uma seleção específica para esta característica (Vieira *et al.*, 2012).

Silva *et al.* (2011) avaliaram para reação aos nematoides das galhas 38 progênies da população ‘0812518’ e 31 progênies da população ‘0812519’, além das cultivares ‘Brasília’ e ‘Kuronan’ que foram usadas como testemunhas tolerante e suscetível, respectivamente. Esses autores verificaram que para as variáveis avaliadas (% de infecção, rendimento e Fator de reprodução) em casa de vegetação, a testemunha ‘Kuronan’ foi uma das cultivares mais suscetíveis e ‘Brasília’ uma das mais resistentes. Estes resultados foram confirmados, em parte, no presente trabalho, já que a cultivar ‘Kuronan-CNP’H não foi classificada como uma das mais suscetíveis.

Após avaliar a reação da cultivar ‘Brasília’ às populações mistas de *M. incognita* raça 2 e *M. javanica*, considerando massa fresca de raízes, índice de galhas e presença de algum tipo de deformação na raiz principal, Fernandes *et al.* (2014) observaram que, apesar dos nematoides terem infectado e se multiplicado nas raízes, a cultivar Brasília comportou-se como tolerante à aquela mistura populacional. Estes dados, contrariam, em parte, os obtidos no presente estudo, pois as cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ mostraram comportamento compatível à resistência, apresentando alta

produtividade de raiz totais e comerciais e baixos valores de nematoides no solo e nas raízes.

Verificou-se que a maioria das cultivares na safra 2015 apresentou bom desempenho na presença dos nematoides das galhas no solo. Na safra 2013 apenas as cultivares ‘Brasília-CNPH’, ‘Tropical-ISLA’ e ‘Brasília-Agrocinco’ apresentaram baixos valores de FA. Entretanto, somente as cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ se destacaram nos demais parâmetros agronômicos. Com relação aos nematoides encontrados no solo e nas raízes de cenoura, pode se inferir que as cultivares ‘Brasília-CNPH’, ‘BRS Planalto-Agrocinco’ e ‘Brasília-Agrocinco’ apresentaram comportamento que pode ser caracterizado como de resistência.

Dessa maneira, constatou-se que as cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ como sendo superiores em comparação com as demais cultivares nas duas safras, tanto na avaliação dos nematoides presentes no solo como dos nematoides presentes nas raízes, além de terem apresentado boa produtividade nas duas safras. A superioridade em relação aos nematoides das galhas de duas seleções dentro da cultivar ‘Brasília’ provavelmente ocorreu devido às alterações resultantes nos processos de seleções às quais foram submetidas, distanciando-as das características da cultivar original ao longo do tempo.

CONCLUSÕES

Ficou demonstrada a superioridade das cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ quanto à resistência ao nematoide das galhas na maioria dos aspectos avaliados. As cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ comportaram-se como resistentes ao nematoide das galhas dentro de uma coleção de acessos de cenoura cultivados em condições de campo em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em Brasília-DF. ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ expressaram padrões agronômicos superiores, assim como baixos valores numéricos de juvenis no solo, no final das duas safras (2013 e 2015). Por sua vez, as cultivares ‘Danvers-ISLA’, ‘Nantes-Topseed’ e ‘Planeta-Topseed’ comportaram-se como suscetíveis na safra 2013.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, A.; MATTHEUS, W.C.; CAVAGNARO, P.F.; IORIZZO, M.; ROBERTS, P.A.; SIMON, P.W. 2014. Inheritance and mapping of Mj-2, a new source of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) resistance in carrot. *Journal of Heredity* 105(2): 288-291.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1990. Seleção de linhagens de cenoura para resistência a nematoides de galhas *Meloidogyne* spp. *Fitopatologia Brasileira* 15(2):130.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1991. Metodologia para seleção de cenoura com resistência a nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira* 16(2):22.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1994. Seleção de cenoura com resistência a nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.). *Horticultura Brasileira* 12(2): 144-148.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; FACION, C.E. 2000. Controle de nematoides das galhas em cenoura através de rotação. *Fitopatologia Brasileira* 25 (suplemento): 335 (Resumo).
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; HUANG, C.S. 1982. Ciclos de seleção em cenoura para resistência a *Meloidogyne*. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 22, Vitória, ES. Resumos... Vitória, Sociedade de Olericultura do Brasil, p.216. (Resumo).
- COVOLO, G.; BENETTI, E. 1981. Comportamento de algumas cultivares de cenoura (*Daucus carota* L.) ao nematoide *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Revista Centro Ciências Rurais* 11 (2-3): 163-168.
- CRUZ, C.D. 2013. Genes – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy* 35(3): 271-276.

- FERNANDES, R.H.; BORGES, D.F.; LOPES, E.A. 2014. Reação do cultivar de cenoura BRS Brasília à mistura populacional de *Meloidogyne incognita* raça 2 e *Meloidogyne javanica*. Cerrado Agrociências 4: 74-81.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. 2010. Manejo sustentável de fitonematoides. Ed. UFV. Viçosa, MG. 306p.
- FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. 1984. Os problemas com nematoides na cultura da cenoura e da mandioquinha-salsa. Informe Agropecuário 10 (120):52-56.
- FLEGG, J.J.M.; HOPPER, D.J. 1970. Extraction of free-living stages from soil. In: SOUTHEY, J.F. (Ed) Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Commonwealth Agricultural Bureaux. Herts, Technical Bulletin 2:5-22.
- GRANJEIRO, L.C.; AZEVEDO, P.E.; NUNES, G.H.S.; DANTAS, M.S.M.; CRUZ, C.A. 2012. Desempenho e divergência genética da cenoura 'Brasília' em função da procedência das sementes. Horticultura Brasileira 30: 137-142.
- HUANG, C.S.; CHARCHAR, J.M. 1982. Preplanting inoculum densities of root-knot nematode to carrots yield in greenhouse. Plant Disease 66: 1064-1068.
- HUANG, S.P.; DELLA VECCHIA, P.T.; FERREIRA, P.E. 1986. Varietal response and estimates of heritability of resistance to *Meloidogyne javanica* in carrots. Journal of Nematology 18(4): 496-501.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematode from soil. Plant Disease Reporter 48:62.
- PINHEIRO, J.B.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA, J.V. 2010. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) em cultivos de cenoura na região de Irecê – BA. Comunicado Técnico 77. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.
- PINHEIRO, J.B.; HENZ, G.P. 2008. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) na cultura da cenoura. Comunicado Técnico 55. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.

- SAS INSTITUTE. 1999. *Sas/Stat User's guide for personal computers*. Version 8.1. Cary: Nashville University.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512.
- SILVA, G.O.; PINHEIRO, J.B.; VIEIRA, J.V.; CARVALHO, A.D.F. 2011. Seleção para resistência de genótipos de cenoura aos nematoides-das-galhas. *Horticultura Brasileira* 29: 335-341.
- SIMON, P.W.; MATTHEWS, W.C.; ROBERTS, P.A. 2000 Evidence for simply inherited dominant resistance to *Meloidogyne javanica* in carrot. *Theoretical and Applied Genetics* 100: 735-742.
- VIEIRA, J.V.; CHARCHAR, J.M.; ARAGÃO, F.A.S.; BOITEUX, L.S. 2003. Heritability and gain from selection for field resistance against multiple root-knot nematode species (*Meloidogyne incognita* race 1 and *M. javanica*) in carrot. *Euphytica* 130: 11-16.
- VIEIRA, J.V.; SILVA, G.O.; CHARCHAR, J.M.; FONSECA, M.E.N.; SILVA, J.B.C.; LANA, M.M.; NASCIMENTO, W.M.; BOITEUX, L.S., PINHEIRO, J.B.; REIS, A.; RESENDE, F.V.; CARVALHO, A.D.F. 2012. BRS Planalto: Cultivar de cenoura de polinização aberta para cultivo de verão. *Horticultura Brasileira* 30: 359-363.
- VIEIRA, J.V.; SILVA, J.B.C.; CHARCHAR, J.M.; RESENDE, F.V.; FONSECA, M.E.N.; CARVALHO, A.M.; MACHADO, C.M.M. 2005. Esplanada: cultivar de cenoura de verão para fins de processamento. *Horticultura Brasileira* 23: 851-852.
- VIEIRA, J.V.; VECCHIA, P.T.D.; IKUTA, H. 1983. Cenoura 'Brasília'. *Horticultura Brasileira* 1(2): 42.

Capítulo 4

**REAÇÃO DE CULTIVARES DE CENOURA ÀS ESPÉCIES
Meloidogyne incognita, *M. javanica* e *M. enterolobii* EM CONDIÇÕES
DE CAMPO E CASA DE VEGETAÇÃO.**

RESUMO

O ataque dos nematoides das galhas em cultivos de cenoura (*Daucus carota* L.) leva a importantes perdas na produção e qualidade desta hortaliça, principalmente devido às deformações na raiz. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a reação de três cultivares de cenoura a três espécies dos nematoides das galhas (*M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*) em condições de campo e casa de vegetação. Os experimentos foram instalados em área de campo e casa de vegetação da Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, DF. O experimento de campo foi realizado em manilhas de concreto contendo solo autoclavado e em casa de vegetação em vasos de 5 l contendo também solo autoclavado. O delineamento utilizado no campo foi de blocos casualizados com cinco repetições e em casa de vegetação, delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. Em campo, foram avaliadas: as cultivares ‘Brasília-CNPH’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Nantes’, esta última como padrão de suscetibilidade para reação a *Meloidgyne incognita* e a mistura populacional de *M. incognita* + *M. javanica*. Em casa de vegetação, foram avaliadas: as cultivares ‘Brasília-CNPH’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Kuronan’, esta última como padrão de suscetibilidade para reação a *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii*. Foram avaliados: índice de massa de ovos (IMO), índice de galhas (IG) e fator de reprodução (FR). Em casa de vegetação as cultivares ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como suscetíveis ao ataque de *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e resistente a *M. enterolobii* de acordo com as variáveis IMO, IG e FR. No campo, somente a cultivar Nantes mostrou suscetibilidade frente aos nematoides *M. incognita* e *M. incognita* + *M. javanica* e as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como resistentes, de acordo com os valores de IMO e IG.

Palavras-chave: *Daucus carota*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne enterolobii*, resistência.

ABSTRACT

Reaction of carrot cultivars to the root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii* under field and greenhouse conditions

The attack of root-knot nematodes on carrot crops causes restrictions to the production of this vegetable, leading to yield and quality losses mainly due to root deformation. The objective of the present work was to evaluate under field and greenhouse conditions the reaction of three carrot cultivars to three species of root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii*). The experiments were carried out in a field area and under greenhouse of the Experimental Biology Station of the University of Brasília, DF. Field experiment was carried out in microplots containing autoclaved soil. In the experiment under greenhouse conditions, the plants were grown in 5 l pots containing autoclaved soil. The experimental design for the field assay was a randomized complete block with five replications, and a completely randomized design (DIC) with five replications for the greenhouse experiment. In the field experiment, the cultivars 'Brasília-CNPH', 'Brasília-Agrocinco' and 'Nantes' were evaluated for reaction to *M. incognita* and *M. javanica*. In a greenhouse, the cultivars 'Brasília-CNPH', 'Brasília-Agrocinco' and 'Kuronan' were evaluated for reaction to *M. incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii*. The egg mass index (IMO), gall index (IG) and the reproduction factor (RF) were used as evaluation criteria. Under greenhouse conditions, the cultivars 'Kuronan', 'Brasília-Agrocinco' and 'Brasília-CNPH' behaved as susceptible to the attack of *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* and resistant to *M. enterolobii*, according to the criteria IMO, IG and FR. Under field conditions, only cultivar 'Nantes' showed a susceptible reaction to *M. incognita* and *M. incognita* + *M.*

javanica. 'Brasília-Agrocinco' and 'Brasília-CNPH' behaved as resistant, according to IMO and IG values.

Keywords: *Daucus carota*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne enterolobii*, resistance.

INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil e tem sua produção limitada devido a diversos problemas fitossanitários. Dentre estes, a infecção por nematoides fitoparasitas, dos quais mais de 90 espécies já foram associadas à cultura (Davis & Raid, 2002).

No Brasil os nematoides fitoparasitas que mais causam danos à cultura da cenoura são os do gênero *Meloidogyne*. Conhecidos como nematoides das galhas, esses patógenos causam perdas na qualidade e quantidade do produto colhido, afetando o consumo interno (Charchar *et al.*, 2000).

As perdas causadas por nematoides, principalmente *M. incognita* e *M. javanica*, espécies com maior distribuição, podem chegar a 100% devido, principalmente, a deformações nas raízes, fato que reduz a produtividade, a qualidade e compromete a classificação comercial do produto (Huang *et al.*, 1986; Charchar *et al.*, 2000; Pinheiro & Henz, 2008).

O uso de cultivares resistentes para o controle do nematoide das galhas é uma medida de controle de grande importância no manejo das doenças causadas por esse grupo de patógenos. A incorporação de fatores de resistência não oferece riscos à saúde humana, apresenta custo relativamente baixo e não polue o ambiente (Pinheiro *et al.*, 2010). Dessa forma, a incorporação de genes de resistência a esses nematoides tem sido um dos temas prioritários do melhoramento genético da cenoura. Fontes de resistência de cenoura à infecção por nematoides das galhas, *M. incognita* e *M. javanica* têm sido identificadas em progênies e variedades de cenoura, desde o final da década de 1970 (Huang & Charchar, 1982; Charchar *et al.*, 1982; Charchar & Vieira, 1990, 1991).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de cultivares comerciais de cenoura a populações de *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* em condições de campo e de *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação. A condução desses experimentos foi movida pelos resultados promissores verificados na reação de algumas cultivares de cenoura aos nematoides das galhas em experimentos de campos descritos no capítulo 3 da presente tese.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos de fevereiro a maio de 2017, em condições de campo e casa de vegetação da Estação de Experimental de Biologia da Universidade de Brasília-DF. Em campo, foram avaliados as cultivares ‘Brasília-CNPH’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Nantes’ (usada como padrão de suscetibilidade) para resistência a *M. incognita* e a mistura populacional *M. incognita* + *M. javanica*. Em casa de vegetação, foram avaliados as cultivares Brasília-CNPH, Brasília-Agrocinco e Kuronan (usada como padrão de suscetibilidade) para resistência a *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e também a espécie *M. enterolobii*.

Em campo as sementes de cenoura foram semeadas em manilhas de concreto (microparcels) fincadas no solo, com 40 cm de diâmetro e aproximadamente 2 m de profundidade, contendo solo autoclavado (Figura 5). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos [1. (Nantes x *M. incognita*); 2. (Nantes x *M. incognita* + *M. javanica*); 3. (Brasília-Agrocinco x *M. incognita*); 4. (Brasília-Agrocinco x *M. incognita* + *M. javanica*); 5. (Brasília – CNPH x *M. incognita*); 6. (Brasília-CNPH x *M. incognita* + *M. javanica*);] e cinco repetições, (cinco blocos), totalizando 30 microparcels (Figura 6).

Em casa de vegetação as sementes foram semeadas em vasos de 5 l contendo solo autoclavado + areia + substrato na proporção de 2:1:1 (Figura 7). O delineamento experimental utilizado foi em DIC, delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos [1. (Kuronan x *M. incognita*); 2. (Kuronan x *M. incognita* + *M. javanica*); 3. (Kuronan x *M. enterolobii*); 4. (Brasília-Agrocinco x *M. incognita*); 5. (Brasília-Agrocinco x *M. incognita* + *M. javanica*); 6. (Brasília-Agrocinco x *M. enterolobii*); 7.

(Brasília-CNPH x *M. incognita*); 8. (Brasília-CNPH x *M. incognita* + *M. javanica*); 9. (Brasília-CNPH x *M. enterolobii*);] em cinco repetições, totalizando 45 parcelas.

A adubação utilizada foi de 5 g/vaso de NPK 04 -14-08 e de 15 g/manilha da mesma formulação. O desbaste foi realizado 25 dias após a semeadura, ficando apenas uma planta por vaso / manilha. Ao longo do experimento foi feito catação manual de eventuais plantas espontâneas. Durante os ensaios dos dois experimentos, as plantas foram irrigadas por mangueira do tipo 3/4.



Figura 1. Vista geral do experimento em área de campo contendo as cultivares de cenoura ‘Nantes’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ para a reação a *Meloidogyne incognita* e *M. incognita* + *M. javanica*.



Figura 2. Vista geral do experimento em casa de vegetação contendo as cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ para a reação a *Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii*.

As plantas de cenoura foram inoculadas trinta dias após a semeadura. No campo as plantas foram inoculadas com aproximadamente 30.000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio de *M. incognita* e da mistura populacional *M. incognita* + *M. javanica* por manilha, e em casa de vegetação com aproximadamente 20.000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio de *M. incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii* por vaso, provenientes de populações mantidas em tomateiros ‘Rutgers’ e ‘Santa Cruz’, processadas segundo Hussey & Baker (1973), modificada por Bonetti & Ferraz (1981), que é o tritramento das raízes em liquidificador com hipoclorito de sódio a 0,5%.

A suspensão de ovos e eventuais juvenis foi recolhida e a contagem e calibração do inóculo foi realizada em microscópio óptico com o auxílio de uma lâmina de Peter. A inoculação foi efetuada colocando-se 10 ml da suspensão de inóculo em cinco

orifícios equidistantes com 2,0 cm de profundidade na rizosfera de cada planta (Figura 8).



Figura 3. Orifícios para receber o inóculo das espécies *Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii*.

Após 60 dias da inoculação, as raízes foram colhidas e lavadas sob água corrente, e em seguida, submetidas à coloração com Floxina B (Taylor & Sasser, 1978). As massas de ovos e o número de galhas foram contados, sendo esses números relacionados à metodologia proposta por Taylor & Sasser (1978), quando 0 = sem massa de ovos ou galhas, 1 = 1 a 2; 2 = 3 a 10; 3 = 11 a 30; 4 = 31 a 100; 5 = mais de 100 massas de ovos ou galhas por raiz, obtendo-se assim o índice de massa de ovos (IMO) e o índice de galhas (IG). Em seguida, as raízes foram descascadas, tendo suas cascas pesadas e depois trituradas em liquidificador com solução de hipoclorito de sódio

a 0,5% por 30 segundos. Em seguida, a suspensão resultante foi submetida a um conjunto de peneiras de 45 mesh, 200 mesh e de 500 mesh.

A suspensão aquosa retida na peneira de 500 mesh foi recolhida e, posteriormente centrifugada a 3.500 rpm por cinco minutos. Após esse período, descartou-se o sobrenadante e adicionou-se solução de sacarose (456 g por litro de solução) ao sedimento presente no fundo do tubo, misturando-se em seguida com bastão de vidro. Logo após este procedimento, a suspensão foi centrifugada por um minuto a 1.500 rpm e o sobrenadante de cada amostra foi vertido sobre peneira de 500 mesh para lavagem da sacarose e posterior recolhimento da suspensão contendo nematoides, para um béquer.

A determinação do número final de ovos e eventuais juvenis foi efetuada com auxílio da lâmina de Peter, sob microscópio óptico. Esse número final (população final) foi usado no cálculo do fator de reprodução (FR) que é a população final do nematoide (Pf) / população inicial - número de ovos e eventuais juvenis utilizados na inoculação do nematoide (Pi), dessa forma, $FR = 0$ (planta imune), $FR < 1$ (planta resistente) e $FR > 1$ (planta suscetível) (Oostenbrink, 1996).

Os resultados obtidos de Pf e o FR foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$ e submetidos análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste t a 1% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Assistat (2016).

RESULTADOS

No experimento de casa de vegetação, as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ apresentaram IMO que variaram de 4,2 a 4,25 e IG que variaram de 4,2 a 4,8 para a espécie *M. incognita* e para mistura populacional de *M. incognita* + *M. javanica*, que assim comportaram-se como suscetíveis a esses nematoides. Já os valores de IMO que variaram de 0 a 0,6 e IG de 0 a 1 para a espécie *M. enterolobii* mostraram que essas cultivares se comportaram como resistentes a essa espécie. Esse resultado foi confirmado pela população final (Pf) e fator de reprodução (FR) que apresentaram diferença estatística entre as cultivares inoculadas com cada espécie de nematoide das galhas usadas no experimento. A cultivar Kuronan usada como padrão de suscetibilidade também se comportou como resistente à espécie *M. enterolobii* (Tabela 1 e Figuras 4, 5 e 6).

Tabela 1. Reação de cultivares de cenoura a *Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica* e *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação.

Tratamento	¹ IMO	¹ IG	² Pf	³ FR
Kuronan x ⁴ Mi	3,8	4,2	86,55 a	1,1 a
Kuronan x Mi+Mj	3,5	3,75	105,34 a	1,24 a
Kuronan x Me	0,4	0,4	2,69 b	0,51 b
Brasília-Agrocinco x Mi	4,2	4,2	92,7 a	1,15 a
Brasília-Agrocinco x Mi+Mj	4,25	4,25	83,2 a	1,08 a
Brasília-Agrocinco x Me	0,6	1	6,86 b	0,54 b
Brasília-CNPH x Mi	4	4,4	96,98 a	1,18 a
Brasília-CNPH x Mi+Mj	4	4,8	86,57 a	1,1 a
Brasília-CNPH x Me	0	0	0,5 b	0,5 b
CV (%)			79,07	37,34

¹Índice de massa de ovos e de galhas de acordo com Taylor e Sasser (1978); ²População final de nematoides do sistema radicular; ³Fator de reprodução; ⁴*Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica*, *M. enterolobii*. Os valores de Pf e FR foram transformados para $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, a 1% de probabilidade.



Figura 4. Reação das cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ a nematoides *M. incognitai* em casa de vegetação.



Figura 5. Reação das cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ aos nematoides *Meloidogyne incognita* + *M. javanica* em casa de vegetação



Figura 6. Reação das cultivares de cenoura ‘Kuronan’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ ao nematoide *Meloidogyne enterolobii* em casa de vegetação

No experimento de campo, os resultados diferiram dos resultados obtidos em casa de vegetação. A cultivar ‘Nantes’ usada como padrão de suscetibilidade foi a que apresentou maiores valores de IMO e IG, como previsto. Por sua vez, as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como resistentes, levando-se em consideração os valores de IMO e IG. Entretanto, de acordo com os valores de Pf e FR não houve diferença estatística entre as cultivares avaliadas (Tabela 2 e Figuras 7 e 8).

Tabela 2. Reação de cultivares de cenoura a *Meloidogyne incognita* e *M. incognita* + *M. javanica* em condições de campo.

Tratamento	¹ IMO	¹ IG	² Pf	³ FR
Nantes x ⁴ Mi	3,25	3,75	69,88 a	0,8 a
Nantes x Mi+Mj	2,5	3	59,19 a	0,73 a
Brasília-Agrocinco x Mi	1,8	2,4	18,08 a	0,6 a
Brasília-Agrocinco x Mi+Mj	1,4	2	16,96 a	0,59 a
Brasília-CNPH x Mi	1,4	2,2	33,51 a	0,69 a
Brasília-CNPH x Mi+Mj	0,8	2,2	36,06 a	0,7 a
CV (%)			123,79	54,42

¹Índice de massa de ovos e de galhas de acordo com Taylor e Sasser (1978); ²População final de nematoides do sistema radicular; ³Fator de reprodução; ⁴*Meloidogyne incognita*, *M. incognita* + *M. javanica*. Os valores de Pf e FR foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, a 1% de probabilidade.

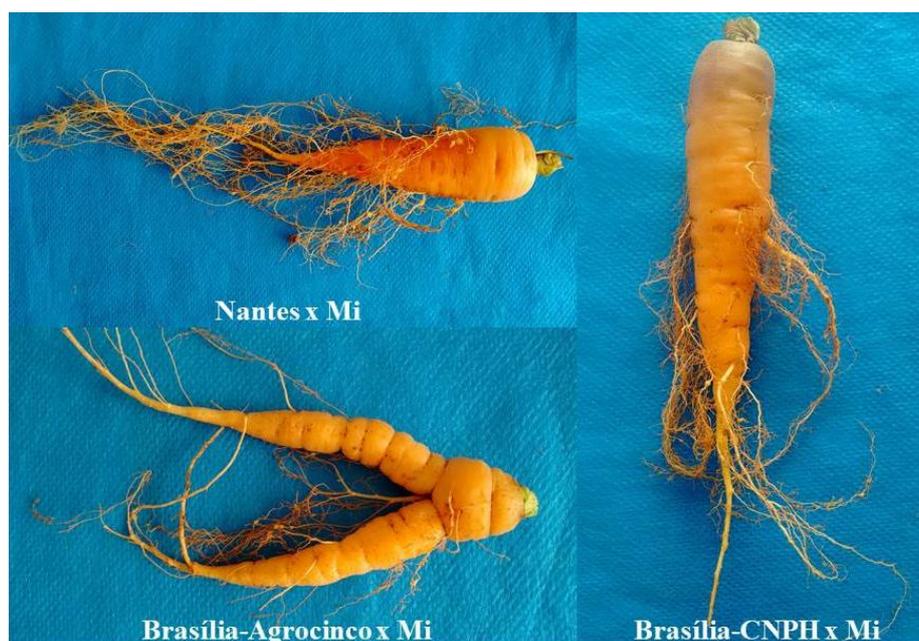


Figura 7. Reação das cultivares de cenoura ‘Nantes’, ‘Brasília-Agrocinco e ‘Brasília-CNPH’ a *Meloidogyne incognita* em campo.



Figura 8. Reação das cultivares de cenoura ‘Nantes’, ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ a mistura de *Meloidogyne incognita* + *M. javanica* em campo.

DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou o parasitismo das espécies *M. incognita* e mistura populacional *M. incognita* + *M. javanica* nas cultivares de cenoura ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’, demonstrando suscetibilidade destes materiais genéticos frente às espécies de nematoides das galhas em condições de casa de vegetação. Porém, o mesmo comportamento não foi observado após a inoculação com a espécie *M. enterolobii*. As duas cultivares não mostraram imunidade a *M. enterolobii*, todavia, comportaram-se como resistentes.

Em condições de campo, de acordo com os valores de IMO e IG ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como resistentes ao ataque de *M. incognita* e da mistura populacional *M. incognita* + *M. javanica*. Provavelmente, essa diferença de comportamento nos dois ambientes avaliados (casa de vegetação versus campo) tenha ocorrido por conta das condições ambientais diferentes (especialmente devido a temperaturas mais elevadas observadas na casa de vegetação) e até mesmo pelas diferenças nos espaços ocupados pelos nematoides em cada experimento, que pode ter influenciado na taxa de reprodução destes patógenos.

Propondo-se a caracterizar o comportamento de algumas cultivares de cenoura (‘Nantes’, ‘Kuroda’, ‘Chantenay’, ‘Flaker’ e ‘Danvers’) ao ataque de *M. javanica*. Covolo & Benetii (1981) constataram (com base no número e peso de galhas) que todas as cultivares avaliadas foram suscetíveis a essa espécie de nematoide. Confirmando os resultados do presente trabalho com relação à cultivar ‘Nantes’ que foi utilizada como padrão de suscetibilidade.

Visando determinar a incidência e distribuição de *M. incognita* em áreas com cultivos de vegetais, Anwar & Mckenry (2010) observaram que essa espécie foi

encontrada em mais de 90% dos campos, com 60% de incidência na cultura da cenoura. Sendo esta hortaliça caracterizada como uma boa hospedeira (suscetível) a esse nematoide. Apresentando IG igual a 5,0 e IMO igual a 4,0. Os resultados acima concordam com o presente trabalho, no qual também foi observado que a cenoura é uma boa hospedeira para *M. incognita* em condições de casa de vegetação.

Com o objetivo de avaliar sete cultivares de cenoura ('Alvorada', 'Brasília', 'Esplanada', 'Kuronan', 'BRS Planalto', 'Nantes' e o híbrido 'Juliana') por meio do IMO, IG e peso do sistema radicular em relação à resistência a espécies *M. incognita* e *M. enterolobii*, Pinheiro *et al.* (2010) observaram que todas as cultivares avaliadas apresentaram galhas e massas de ovos quando parasitadas por essas duas espécies de nematoides. Enquanto que as cultivares 'Alvorada' e 'Brasília' foram as que apresentaram os mais baixos valores de IMO e IG. As cultivares 'Kuronan' e 'Nantes' mostraram-se suscetíveis a *M. incognita*, pois apresentaram altos valores de IMO. No presente trabalho a cultivar 'Kuronan' apresentou elevados valores de IMO e IG em casa de vegetação e 'Nantes' em campo, confirmando a suscetibilidade das cultivares. Os autores acreditam que *M. enterolobii* seja menos agressiva a cenoura do que *M. incognita*. Pinheiro *et al.* (2010) observaram que *M. enterolobii* é menos agressiva à cenoura do que *M. incognita*. No presente trabalho, *M. enterolobii* não foi considerada agressiva à cenoura, pois as todas as cultivares avaliadas comportaram-se como resistentes a esta espécie.

Silva *et al.* (2011) verificaram que a cultivar 'Kuronan' foi uma das cultivares mais suscetíveis e 'Brasília' uma das mais resistentes aos nematoides *M. incognita* raça 1 e *M. javanica* de acordo com as variáveis % de infecção, rendimento e fator de reprodução em casa de vegetação. Esses resultados foram parcialmente confirmados no

presente trabalho, uma vez que as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como suscetíveis a esses nematoides em casa de vegetação.

Com intuito de determinar o potencial reprodutivo e a preferência de hospedeiro de um isolado de *M. enterolobii* Brito *et al.*(2007) verificaram que as cultivares de cenoura ‘Royal Chantenay’ e ‘Imperador’ avaliadas no experimento, comportaram-se como não hospedeiras. Caracterizadas como altamente resistentes a essa espécie de nematoide das galhas.

Tendo em vista avaliar o potencial reprodutivo de *M. enterolobii* em hortaliças de importância econômica Bitencourt & Silva (2010) constaram que a cultivar de cenoura ‘Brasília Irecê’ comportou-se como má hospedeira desse nematoide das galhas, produzindo poucos ovos. Segundo os autores, esse é um resultado interessante, pois a maioria das cenouras cultivadas no país é suscetível a outras espécies de *Meloidogyne*. Rosa *et al.* (2015) após avaliar a reprodução de *M. enterolobii* em diferentes hortaliças constataram que as cultivares de cenoura ‘Brasília’, ‘Brasília Irecê’ e ‘Planeta’ foram resistentes a essa espécie de nematoide, com valor de FR igual a 0,05; 0,06 e 0,08, respectivamente. Esses resultados foram corroborados pelos dados obtidos no presente trabalho.

Fernandez *et al.* (2014) avaliaram a reação da cultivar ‘Brasília’ a populações mistas de *M. incognita* raça 2 e *M. javanica* em casa de vegetação considerando massa fresca de raízes, índice de galhas e presença de alguma deformação, observaram que apesar dos nematoides terem infectado e se multiplicado nas raízes, a cultivar comportou-se como tolerante à mistura populacional. Esse resultado não corrobora com o presente trabalho, pois as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ avaliadas em casa de vegetação comportaram-se como suscetíveis a população mista de *M. incognita* + *M. javanica*.

Foi observado que as cultivares de cenoura como a ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ apresentam comportamento variado em relação ao ataque dos nematoides das galhas, notando-se que isso depende do local onde é semeada (casa de vegetação ou campo), época do ano, temperatura, tipo de solo entre outros fatores. No capítulo 3, da presente tese, as cultivares ‘Brasília-CNPH’ e ‘Brasília-Agrocinco’ comportaram-se como resistentes ao nematoide das galhas em condições de campo, pois expressaram padrões agronômicos adequados e baixos valores numéricos de juvenis no solo. No presente capítulo, o resultado foi semelhante em condições de campo, pois estas também se comportaram como resistentes, porém em casa de vegetação as referidas cultivares se mostraram suscetíveis a esses nematoides.

Os resultados deste trabalho são preliminares, havendo a necessidade da repetição dos experimentos para a validação dos resultados apresentados. Entretanto, fornecem um importante conjunto de informações de como as cultivares de cenoura reagem ao parasitismo dos nematoides das galhas em condições de casa de vegetação e de campo.

CONCLUSÕES

Em casa de vegetação, as cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ comportaram-se como suscetíveis aos nematoides *M. incognita* e à mistura *M. incognita* + *M. javanica* e mostraram-se resistentes frente a *M. enterolobii*. O comportamento da cultivar ‘Kuronan’ (usada como padrão de suscetibilidade) foi semelhante ao das cultivares citadas acima. No entanto, a reação das cultivares ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ foi diferente em condições de campo onde estas se comportaram como resistentes aos nematoides *M. incognita* e à mistura *M. incognita* + *M. javanica*. A cultivar ‘Nantes’ (usada como padrão de suscetibilidade) mostrou-se suscetível a esses nematoides, como o previsto. Desta forma, as cultivares de cenoura ‘Brasília-Agrocinco’ e ‘Brasília-CNPH’ apresentam comportamento variado em relação ao ataque dos nematoides das galhas, notando-se que isso depende do local (condições ambientais) onde os experimentos são conduzidos (casa de vegetação ou campo), época do ano, temperatura do ar e solo, entre outros fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANWAR, S.A.; MCKENRY, M. V. 2010. Incidence and reproduction of *Meloidogyne incognita* on vegetable crop genotypes. *Pakistan Journal of Zoology* 42(2): 135-141.
- BITENCOURT, N.V.; SILVA, G.S. 2010. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em Olerícolas. *Nematologia Brasileira* 34(3) : 181-183.
- BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. 1981. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira* 6: 553.
- BRITO, J.A.; STANLEY, J.D.; MENDES, M. L.; CETINTAS, R.; DICKSON, D.W. 2007. Host statuts of selected cultivated plants to *Meloidogyne mayaguensis* in Florida. *Nematropica* 37: 65-71.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1990. Seleção de linhagens de cenoura para resistência a nematoides de galhas *Meloidogyne* spp. *Fitopatologia Brasileira* 15(2): 130.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V. 1991. Metodologia para seleção de cenoura com resistência a nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira* 16(2): 22.
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; FACION, C.E. 2000. Controle de nematoides das galhas em cenoura através de rotação. *Fitopatologia Brasileira* 25 (suplemento): 335 (Resumo).
- CHARCHAR, J.M.; VIEIRA, J.V.; HUANG, C.S. 1982. Ciclos de seleção em cenoura para resistência a *Meloidogyne*. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 22, Vitória, ES. Resumos... Vitória, Sociedade de Olericultura do Brasil, p.216. (Resumo).

- COVOLO, G.; BENETTI, E. 1981. Comportamento de algumas cultivares de cenoura (*Daucus carota* L.) ao nematoide *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Revista Centro Ciências Rurais 11 (2-3): 163-168.
- DAVIS, R.M.; RAID, R.N. 2002. Compendium of umbelliferous crop diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- FERNANDEZ, R.H.; BORGES, D.F.; LOPES, E.A. 2014. Reação do cultivar de cenoura BRS Brasília à mistura populacional de *Meloidogyne incognita* raça 2 e *Meloidogyne javanica*. Cerrado Agrociências 4: 74-81.
- HUANG, C.S.; CHARCHAR, J.M. 1982. Preplanting inoculum densities of root-knot nematode to carrots yield in greenhouse. Plant Disease 66: 1064-1068.
- HUANG, S.P.; DELLA VECCHIA, P.T.; FERREIRA, P.E. 1986. Varietal response and estimates of heritability of resistance to *Meloidogyne javanica* in carrots. Journal of Nematology 18(4): 496-501.
- HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter 57 (12): 1025-1028.
- OOSTENBRINK, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededeelingen der Landbouw-Hoogeschool 66: 1- 46.
- PINHEIRO, J.B.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA, J.V. 2010. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) em cultivos de cenoura na região de Irecê – BA. Comunicado Técnico 77. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.
- PINHEIRO, J.B.; HENZ, G.P. 2008. Manejo do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) na cultura da cenoura. Comunicado Técnico 55. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças.

ROSA, J. M. O; WESTERICH, J. N. WILCKEN, S. R. S. 2015. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em olerícolas e plantas utilizadas na adubação verde. Revista Ciência Agronômica 46(4): 826-835.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. 2016. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. African Journal of Agricultural 11(39): 3733-3740.

TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. 1978. Identification of *Meloidogyne* species. In: Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh: North Carolina State University. p.101-105.

ANEXO - Coordenadas geográficas dos pontos amostrados (Capítulo 2)

Ponto Amostrado	Coordenada Geográfica	Altitude	Localização	Observações
1	15° 34' 59,08 S; 48° 17' 07,09 W	1321 m	Brazlândia - DF	Cenoura com 100 dias
2	15° 34' 59,08 S; 48° 17' 07,09 W	1321 m	Brazlândia - DF	Cenoura com 90 dias
3	15° 34' 59,08 S; 48° 17' 07,09 W	1321 m	Brazlândia - DF	Cenoura com 80 dias
4	15° 34' 59,08 S; 48° 17' 07,09 W	1321 m	Brazlândia - DF	Cenoura com 60 dias
5	15° 37' 31,3 S; 48° 14' 46,1 W	1146 m	Brazlândia - DF	Cenoura recém-colhida
6	15° 37' 31,3 S; 48° 14' 46,1 W	1146 m	Brazlândia - DF	Cenoura com 100 dias e sintomas de nematoides
7	15° 55' 43,87 S; 48° 08' 35,32 W	1000 m	Gama - DF	Cenoura com 70 dias
8	15° 55' 43,87 S; 48° 08' 35,32 W	1000 m	Gama - DF	Amostras colhidas em local onde foram conduzidos os telados de cenoura de inverno
9	15° 56' 00,97 S; 48° 08' 10,13 W	995 m	Gama - DF	Amostras colhidas ao lado de plantio de quiabo com galhas nas raízes
10	15° 56' 28,13 S; 48° 08' 13,78 W	950 m	Gama - DF	Cenoura orgânica com 60 dias após a semeadura
11	16° 08' 52'' S; 47° 26' 47'' W	975 m	Cristalina - GO	Cenoura com sérios problemas com os nematoides das galhas no último ano
12	16° 08' 49'' S; 47° 26' 36'' W	983 m	Cristalina - GO	Cenoura colhida há um mês com bifurcações
13	16° 09' 09'' S; 47° 25' 52'' W	965 m	Cristalina - GO	Cenoura colhida há dois meses com sintomas
14	16° 08' 19'' S; 47° 25' 55'' W	961 m	Cristalina - GO	Cenoura recém-gradeada com muitas raízes bifurcadas
15	16° 08' 27'' S; 47° 26' 21'' W	981 m	Cristalina - GO	Cenoura recém-gradeada com muitas raízes bifurcadas
16	16° 07' 45'' S; 47° 26' 47' W	996 m	Cristalina - GO	Cenoura com 82 dias após a semeadura. Cultivar Juliana
17	16° 07' 46'' S; 47° 26' 46'' W	1003 m	Cristalina - GO	Cenoura com 62 dias. Apresentando algumas

				bifurcações. Cultivar Juliana.
18	16° 04' 33" S; 47° 26' 26" W	969 m	Cristalina - GO	Cenoura recém-colhida. Cultivar Verano
19	16° 04' 48" S; 47° 26' 20" W	972 m	Cristalina - GO	Cenoura no momento da colheita. Cultivar Verano com poucas bifurcações
20	16° 07' 55" S; 47° 26' 40" W	989 m	Cristalina - GO	Cenoura com 60 dias. Muitas bifurcações
21	15° 49' 30" S; 48° 15' 06" W	1091 m	Núcleo Rural Boa Esperança - DF	Cenoura orgânica no momento da colheita
22	15° 49' 31" S; 48° 15' 07" W	1092 m	Núcleo Rural Boa Esperança - DF	Cenoura orgânica com 60 dias
23	15° 49' 31" S; 48° 15' 08" W	1093 m	Núcleo Rural Boa Esperança - DF	Cenoura orgânica recém-colhida
24	15° 36' 43" S; 48° 04' 41" W	1272 m	Alto Rodeador - DF	Cenoura no momento da colheita. Cultivar Brasília-ISLA com galhas.
25	15° 36' 42" S; 48° 04' 42" W	1272 m	Alto Rodeador - DF	Cenoura com 60 dias. Cultivar Brasília-ISLA
26	15° 36' 42" S; 48° 04' 39" W	1271 m	Alto Rodeador - DF	Cenoura colhida há 30 dias
27	15° 49' 39" S; 48° 04' 13" W	1170 m	Taguantiga - DF	Cenoura no final da colheita. Cultivar Érica sem sintomas.
28	15° 49' 39" S; 48° 04' 13" W	1171 m	Taguantiga - DF	Cenoura com 30 dias. Cultivar Érica
29	15° 49' 38" S; 48° 04' 14" W	1169 m	Taguantiga - DF	Cenoura com 90 dias. Cultivar Érica
30	15° 50' 44" S; 48° 04' 24" W	1171 m	Samambaia - DF	Cenoura com 60 dias.
31	15° 50' 46" S; 48° 04' 18" W	1173 m	Samambaia - DF	Cenoura no momento da colheita com muitos sintomas de bifurcação
32	15° 50' 37" S; 48° 04' 26" W	1149 m	Samambaia - DF	Cenoura colhida há um mês com sintomas do ataque de nematoides das galhas