



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



ÉRIKA CRISTINA SOUZA DA SILVA CORREIA

**POTENCIAL REPRODUTIVO E DANOS CAUSADOS POR *Meloidogyne*
incognita, *M. javanica* e *M. enterolobii* EM BETERRABA**

Botucatu

2017

ÉRIKA CRISTINA SOUZA DA SILVA CORREIA

**POTENCIAL REPRODUTIVO E DANOS CAUSADOS POR *Meloidogyne*
incognita, *M. javanica* e *M. enterolobii* EM BETERRABA**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutora em Agronomia
(Proteção de Plantas).

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Renata
Siciliano Wilcken

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C824p Correia, Érika Cristina Souza da Silva, 1987-
Potencial reprodutivo e danos causados por *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* em beterraba / Érika Cristina Souza da Silva Correia. - Botucatu : [s. n.], 2017
69 p. : fot. color., grafs. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Silvia Renata Siciliano Wilcken
Inclui bibliografia

1. Beterraba - Doenças e pragas. 2. Nematoda em plantas. 3. Resistência a doenças e pragas. I. Wilcken, Silvia Renata Siciliano. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: POTENCIAL REPRODUTIVO E DANOS CAUSADOS POR *Meloidogyne incognita*,
M. javanica E *M. enterolobii* EM BETERRABA

AUTORA: ÉRIKA CRISTINA SOUZA DA SILVA CORREIA
ORIENTADORA: SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN
Departamento de Produção Vegetal / FCA / UNESP - Botucatu/SP

Dra MARIA JOSÉ DE MARCHI GARCIA
- / APTA - REGIONAL CENTRO OESTE

Profa. Dra. JULIANA MAGRINELLI OSORIO ROSA
/ Instituto Biológico - Campinas

Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO
Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS MARINGONI
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Botucatu, 30 de maio de 2017.

Dedico

À minha mãe, Josefa Souza da Silva, pelo exemplo de coragem e, sobretudo, por sempre acreditar nos meus objetivos e me incentivar a seguir em frente.

Ofereço

Aos meus avós maternos, José Francisco da Silva (In memoriam) e Eudália de Souza Silva (In memoriam), pelo amor, conselhos e orações.

À minha irmã, Elisiane Carla Souza da Silva, por toda ajuda e

companheirismo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre guiar meus passos, dando-me, sobretudo saúde, fé e coragem para prosseguir em busca dessa conquista;

À minha mãe Josefa Souza, minha irmã Elisiane Carla e meus tios Joelson Souza, Antônio Francisco e Elisa Mathias, por toda contribuição na minha formação pessoal e profissional e por me ensinarem que a família e o estudo são os bens mais valiosos;

À Profa. Dra. Silvia Renata Siciliano Wilcken, pela orientação, confiança e ensinamentos transmitidos, fundamentais tanto para a realização desse trabalho como para o meu aperfeiçoamento profissional;

Ao Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso, por todas as contribuições indispensáveis e disposição de sempre ajudar;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), pelas importantes contribuições para minha formação profissional;

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) e o Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Às colegas do Laboratório de Nematologia Agrícola, Marylia Gabriella Silva Costa, Laís Fernanda Fontana e Andressa de Lima Brida pela colaboração na execução do experimento;

Aos funcionários do Departamento de Proteção Vegetal, em especial, Maria de Fátima Almeida Silva, Paulo Roberto Rodrigues e Ademir Pereira, por estarem sempre dispostos a ajudar.

RESUMO

A beterraba é uma das olerícolas mais consumidas no Brasil, tradicionalmente utilizada para o consumo *in natura* ou na indústria alimentícia. Em áreas de cultivo de beterraba, os nematoides das galhas, *Meloidogyne* spp., tem causado significativas perdas de rendimento devido aos danos causados nas raízes tuberosas, com interferência direta na classificação comercial do produto. Em decorrência da falta de informação sobre fontes de resistência e nível de dano das espécies *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* na cultura da beterraba, dois experimentos foram realizados em casa de vegetação, com os objetivos de avaliar a reação das cultivares Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel e Boro ao parasitismo dos nematoides das galhas ($P_i = 3.000$ ovos + J2/planta) e o efeito de níveis de inóculo ($P_i = 0, 333, 1.000, 3.000, 9.000$ e 27.000 ovos + J2/planta) sobre as características vegetativas das cultivares Boro e Early Wonder. Para o teste de reação (experimento 1), as plantas foram inoculadas individualmente com 3.000 ovos + J2 de cada espécie de *Meloidogyne* e após 60 dias as variáveis, índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução foram determinados. Para o efeito dos níveis iniciais de inóculo dos nematoides (experimento 2), a altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução foram avaliados 80 dias após a inoculação dos níveis populacionais dos nematoides. Todas as cultivares de beterraba estudadas foram suscetíveis ao parasitismo dos nematoides das galhas. *M. enterolobii* produziu o maior número de ovos seguido por *M. incognita* e *M. javanica*. Todos os níveis de inóculo testados provocaram redução nas características vegetativas das beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder', sobretudo o nível de 27.000 ovos + J2 das espécies de *Meloidogyne* em estudo.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, nematoides das galhas, suscetibilidade, nível de dano, redução de crescimento

ABSTRACT

Beetroot is one of the most consumed vegetable plants in Brazil, traditionally used for in natura consumption or in the food industry. In areas of beetroot cultivation, root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., have caused significant yield losses due to damage caused in tuberous roots, with direct interference in the commercial classification of the product. Due to the lack of information about sources of resistance and damage level of the species *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii* in the beetroot cultivation, two experiments were carried out in a greenhouse aiming at evaluating the reaction of cultivars Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel and Boro to the parasitism of root-knot nematodes (Ip = 3,000 eggs + J2/plant) and the effect of inoculum levels (Ip= 0, 333, 1,000, 3,000, 9,000 and 27,000 eggs + J2/plant) on the vegetative characteristics of the cultivars Boro and Early Wonder. For the reaction test (experiment 1), the plants were individually inoculated with 3,000 + J2 eggs of each species of *Meloidogyne* and after 60 days, the variables gall and egg mass indexes and reproduction factor were determined. For the initial nematode inoculum levels (experiment 2), shoot height, root length and diameter, fresh and dry mass of shoots and roots, gall and egg mass indexes and reproduction factor were evaluated 80 days after inoculation of nematode population levels. All beetroot cultivars studied were susceptible to the parasitism of root-knot nematodes. *M. enterolobii* produced the highest number of eggs followed by *M. incognita* and *M. javanica*. All inoculum levels tested reduced the vegetative characteristics of 'Boro' and 'Early Wonder' beetroots, especially the level of 27,000 eggs + J2 of the *Meloidogyne* species under study.

Keywords: *Beta vulgaris*, root-knot nematodes, susceptibility, damage level, growth reduction

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’ (EW) inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi)..... 31

Figura 2 - Altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca e seca da raiz das beterrabas ‘Early Wonder’ (EW) e ‘Boro’ inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi) de *Meloidogyne incognita*..... 34

Figura 3 - Altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca e seca da raiz das beterrabas ‘Early Wonder’ (EW) e ‘Boro’ inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi) de *Meloidogyne javanica*..... 36

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Fator de reprodução de *Meloidogyne enterolobii* nas beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’ (EW) inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi)..... 53

Figura 2 - Sintomas típicos do parasitismo de *Meloidogyne enterolobii* em beterraba ‘Boro’. A) Fêmeas no interior da raiz tuberosa (Pi= 3.000 ovo + J2 de *M. enterolobii*); B) Galhas em raízes (Pi= 27.000 ovo + J2 de *M. enterolobii*)..... 54

Figura 3 - Altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca e seca da raiz das beterrabas ‘Early Wonder’ (EW) e ‘Boro’ inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi) de *Meloidogyne enterolobii*..... 56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO), fator de reprodução (FR) e reação a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em sete cultivares de beterraba e tomate 'Rutgers', aos 60 dias após a inoculação..... 30

Tabela 2 - Médias observadas do índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO) em função dos níveis iniciais de inóculo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas cultivares 'Early Wonder' e 'Boro' aos 80 dias após a inoculação..... 32

Tabela 3 - Comparação das médias da altura da parte aérea (APA), comprimento (CR) e diâmetro da raiz (DR), massa da matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria fresca (MFR) e seca da raiz (MSR) nas cultivares de beterraba 'Early Wonder' e 'Boro' aos 80 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*..... 37

Tabela 4 - Fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas cultivares de beterraba 'Early Wonder' e 'Boro' em função dos níveis de inóculo inicial do nematoide..... 38

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO), fator de reprodução (FR) e reação a *Meloidogyne enterolobii* em sete cultivares de beterraba e tomate 'Rutgers', aos 60 dias após a inoculação..... 52

Tabela 2 - Médias observadas do índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO) em função dos níveis iniciais de inóculo de *Meloidogyne enterolobii* nas cultivares 'Early Wonder' e 'Boro' aos 80 dias após a inoculação..... 53

Tabela 3 - Comparação das médias da altura da parte aérea (APA), comprimento (CR) e diâmetro da raiz (DR), massa da matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria fresca (MFR) e seca da raiz (MSR) nas cultivares

de beterraba ‘Early Wonder’ e ‘Boro’ aos 90 dias após a inoculação de *Meloidogyne enterolobii*..... 57

Tabela 4 - Fator de reprodução de *Meloidogyne enterolobii* nas cultivares de beterraba ‘Early Wonder’ e ‘Boro’ em função dos níveis de inóculos do nematoide..... 57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO I - Potencial reprodutivo e danos causados em beterraba por <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i>	22
Resumo.....	23
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	26
Resultados.....	29
Discussão.....	38
Literatura Citada.....	41
CAPÍTULO II Potencial reprodutivo e danos causados em beterraba por <i>Meloidogyne enterolobii</i>	45
Resumo.....	46
Abstract.....	46
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	49
Resultados.....	52
Discussão.....	58
Conclusão.....	61
Referências Bibliográficas.....	62
2 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
3 REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO GERAL

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma olerícola originária de regiões de clima temperado do Sul e Leste da Europa e Norte da África, pertencente à família Chenopodiaceae (TIVELLI et al., 2011). Existem três variedades cultivadas desta planta: a beterraba açucareira, utilizada para a produção de açúcar; beterraba forrageira, cultivada para a alimentação animal e beterraba para mesa, também conhecida como beterraba olerícola ou beterraba vermelha, destinada ao consumo humano (PINHEIRO, 2011).

Em países da Europa, América do Norte e Ásia o cultivo da beterraba tem grande importância econômica e dispõe de um avançado nível de tecnificação, especialmente para as variedades açucareiras e forrageiras (TIVELLI et al., 2011; REZBOVÁ et al., 2013; KHAEMBAH et al., 2016). No Brasil, o cultivo predominante é da beterraba para mesa, sendo conduzido por produtores em áreas próximas a grandes centros consumidores (PINHEIRO, 2011).

A escala comercial de beterraba no Brasil tem aumentado nos últimos dez anos em decorrência da valorização do consumo *in natura*, visto que esta olerícola constitui uma importante fonte nutricional rica em vitaminas B1, B2, B5, C, ferro, cobre, zinco e manganês (ANAMIKA; SIMON, 2010; TIVELLI et al., 2011). O setor industrial também tem contribuído para o aumento da produção comercial da beterraba, a qual é muito utilizada na indústria alimentícia como corante natural e na indústria farmacêutica devido a sua propriedade antioxidante (HAMERSKI et al., 2013).

Entre as doenças associadas à beterraba para mesa, os nematoides das galhas, *Meloidogyne* spp., constituem um fator limitante para o cultivo bem sucedido desta olerícola (ANAMIKA; SIMON, 2010; SILVA et al., 2016). As espécies *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* são consideradas as de maior importância, responsáveis por reduzir a produção e comprometer a classificação comercial da raiz tuberosa (EL-NAGDI; EL FATTAH, 2011; ABD-ELGAWAD et al., 2012; ROSA et al., 2015).

A formação de galhas nas raízes representam sintoma primário do parasitismo de *Meloidogyne* spp., caracterizadas por reações de hipertrofia e hiperplasia no tecido cortical adjacente ao corpo do nematoide (WASSON et al., 2009; KYNDT et al., 2013). As galhas restringem o volume do sistema radicular e dificulta a translocação de água e nutrientes no interior da planta, causando o aparecimento de sintomas secundários na parte aérea como murchamento, amarelecimento e redução no crescimento (ANWAR; JAVED, 2010; PREMACHANDRA; GOWEN, 2015). Além disso, a infecção causada pelos nematoides das galhas pode predispor as plantas ao ataque de outros patógenos de solo, como fungos e bactérias (SAMUTHIRAVALLI; SIVAKUMAR, 2008; RAVICHANDRA, 2014; AL-HAZMI; AL-NADARY, 2015).

O manejo dos nematoides das galhas é difícil de ser conduzido e em áreas de cultivo de olerícolas torna-se ainda mais problemático, em decorrência da sucessão de culturas consideradas boas hospedeiras (ROSA et al., 2013; KORAYEM et al., 2015). O uso de cultivares resistentes, sempre que possível, é o método mais econômico e ambientalmente seguro para o manejo dos nematoides das galhas (RAVICHANDRA, 2014). Contudo, estudos sobre a reação de cultivares de beterraba para mesa aos nematoides das galhas tem indicado apenas a existência de materiais suscetíveis, havendo escassez de cultivares resistentes ou tolerantes a estas espécies de nematoide. No Brasil e na África do Sul a suscetibilidade de cultivares de beterraba para mesa a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* foi comprovada com base no fator de reprodução dos nematoides, que variou entre 3,09 e 45,84 (ROSA et al., 2013; STEYN et al., 2014; ROSA et al., 2015).

O conhecimento do efeito de níveis populacionais de *Meloidogyne* spp. sobre as características vegetativas e das raízes da planta hospedeira é essencial para prever perdas, estabelecer limiar de dano econômico e planejar programas de manejo integrado (PREMACHANDRA; GOWEN, 2015). Entretanto, não há nenhuma referência sobre a quantificação de danos em beterraba de mesa, sendo encontrados estudos com beterraba açucareira. A massa fresca da parte aérea e raiz da beterraba sacarina 'Oscarpoly' foram reduzidas a densidades iniciais de 10.000 e 15.000 ovos + J2 de *M. incognita* (KORAYEM, 2006). O teor de nitrogênio, fósforo, potássio e clorofila total da

beterraba açucareira 'Nejama' foram reduzidos pelo parasitismo de *M. incognita* em três níveis de inóculo, 1.000, 2.000 e 3.000 ovos/ planta (EL-SHERIF et al., 2013).

Dentro deste cenário, os objetivos deste trabalho foram avaliar o comportamento de sete cultivares de beterraba para mesa a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*, visando à obtenção de fontes de resistência para o uso em áreas infestadas ou para serem inseridas em programas de melhoramento genético, como também verificar o efeito de níveis de inóculo sobre as características vegetativas e das raízes das cultivares Boro e Early Wonder, pretendendo estimar a densidade populacional que causa prejuízos à cultura.

CAPÍTULO I

Potencial reprodutivo e danos causados em beterraba por *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*

(artigo redigido conforme normas da revista Journal of Nematology)

RESUMO

Os nematoides das galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, tem se tornado um dos principais problemas enfrentados no cultivo de beterraba, sendo responsáveis por perdas importantes, uma vez que reduzem a quantidade e a qualidade do produto a ser comercializado. Informações sobre genótipos de beterraba resistentes e nível de dano a *Meloidogyne* spp. são ainda escassas. O objetivo foi avaliar a reação de sete cultivares de beterraba (Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel e Boro) a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, assim como o efeito de seis níveis de inóculo inicial ($P_i = 0, 333, 1.000, 3.000, 9.000$ ou 27.000 ovos + J2/planta) sobre as características vegetativas das cultivares Boro e Early Wonder. Para o teste de reação, as plantas foram inoculadas separadamente com 3.000 ovos + J2 de *Meloidogyne incognita* ou *M. javanica* e avaliadas após 60 dias. As variáveis índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução foram determinadas. Para o efeito dos níveis iniciais de inóculo dos nematoides, a altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução foram avaliados 80 dias após a inoculação dos níveis populacionais dos nematoides. Todas as cultivares de beterraba estudadas foram suscetíveis aos nematoides das galhas. *M. incognita* produziu o maior número de ovos em comparação a *M. javanica*. Todos os níveis de inóculo testados provocaram redução nas características vegetativas das beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder', sobretudo o nível de 27.000 ovos + J2 de *M. incognita* ou *M. javanica*.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, nematoides das galhas, níveis de inóculo, redução do crescimento

ABSTRACT

Root-knot nematodes, which belong to the genus *Meloidogyne*, have become one of the main problems for the cultivation of beetroot, being responsible for important losses, since they reduce the quantity and the quality of the product to be

commercialized. Information on resistant genotypes of beetroot and damage level of *Meloidogyne* spp. are still scarce. The objective was to evaluate the reaction of seven beet cultivars (Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel, and Boro) to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*, as well as the effect of six levels of initial inoculum (Ip= 0, 333, 1,000, 3,000, 9,000 and 27,000 eggs + J2/plant) on the vegetative characteristics of the cultivars Boro and Early Wonder. For the reaction test, the plants were inoculated separately with 3,000 + J2 eggs of *Meloidogyne incognita* or *M. javanica* and evaluated after 60 days. The variables gall and egg mass indexes and the reproduction factor were determined. For the effect of the initial nematode inoculum levels, shoot height, root length and diameter, fresh and dry shoot and root mass, gall and egg mass indexes, and reproductive factor were evaluated 80 days after inoculation of nematode population levels. All beetroot cultivars studied were susceptible to the root-knot nematodes. *M. incognita* produced the highest number of eggs compared with *M. javanica*. All inoculum levels tested reduced the vegetative characteristics of 'Boro' and 'Early Wonder' beetroots, especially the level of 27,000 + J2 eggs of *M. incognita* or *M. javanica*.

Keywords: *Beta vulgaris*, growth reduction, inoculum levels, root-knot nematodes

INTRODUÇÃO

Em áreas destinadas à produção de olerícolas, os maiores problemas nematológicos são atribuídos aos nematoides das galhas, *Meloidogyne* spp., devido ao grande poder destrutivo e a ampla distribuição geográfica, sendo as espécies *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* as mais cosmopolitas, polífagas e que ocasionam as maiores perdas em todo o mundo (Mukhtar et al., 2013; Ravichandra, 2014). No Brasil, os maiores danos são provocados por *M. incognita* e *M. javanica*, devido à frequência com que ocorrem nas regiões produtoras (Rosa et al., 2013; Silva et al., 2016).

Os nematoides das galhas ao parasitar os órgãos subterrâneos das plantas hospedeiras suscetíveis induzem a formação de galhas ou transformam células normais

em células nutridoras, resultando em danos que podem ser expressos pela redução ou depreciação da qualidade do produto a ser comercializado, como em cenoura com sintoma de digitamento ou beterraba exibindo galhas (Anamika e Simon, 2010; Kyndt, et al., 2013; Wang et al., 2014).

O aumento exponencial dos níveis populacionais de nematoides em áreas de cultivo de olerícolas está principalmente relacionado ao cultivo sucessivo de espécies consideradas boas hospedeiras (Rosa et al., 2013; Korayem et al., 2015). Dessa maneira, o uso de cultivares resistentes, sempre que disponível, tem sido o método mais eficiente e econômico de manejo dos nematoides das galhas (Melo et al., 2011; Abd-El-Fattah et al., 2013). Em pimentão 'Carolina Wonder' e tomate 'Motelle', os genes *N* e *Mi-1* conferem resistência às principais espécies do gênero *Meloidogyne* (Thies e Ariss, 2009; Reddy et al., 2016). Contudo, fontes de resistência aos nematoides das galhas não têm sido identificadas em beterraba para mesa, sendo importante a busca por materiais que apresentem resistência, uma vez que os genótipos podem apresentar reações variáveis às diferentes populações de nematoides (Dias-Arieira, 2012; Rosa et al., 2013).

Um programa de manejo bem sucedido, independente do método empregado, requer o conhecimento do efeito de níveis iniciais de inóculo de nematoides fitoparasitos sobre as características vegetativas da planta hospedeira, uma vez que tais informações são pré-requisito para a prevenção de perdas e estabelecimento de limiares de dano econômico (Premachandra e Gowen, 2015). Apesar das ocorrências de *Meloidogyne* em áreas destinadas ao cultivo de beterraba para mesa, não há nenhuma referência sobre a quantificação de danos nessa cultura. Contudo, perdas e limiares de dano econômico para algumas interações planta-nematoide têm sido estabelecidos. A massa seca de plantas de melancia 'Royal Sweet' foi reduzido com densidades populacionais de 100, 1.000 e 10.000 ovos de *M. incognita*/ 100 cm³ de solo, em que o limite de tolerância foi estimado em 122 ovos do nematoide/ 100 cm³ de solo (Xing e Westphal, 2012). O comprimento da parte aérea e raiz e a massa seca da parte aérea de espinafre 'Yodha' foram reduzidos pelas populações iniciais de 156, 312, 625, 1.250, 5.000 e 10.000 J2 de *M. incognita*/ planta, embora o efeito patogênico tenha

sido mais pronunciado na maior densidade populacional, cujo limite de tolerância estimado foi de 156 J2 do nematoide/ planta (Premachandra e Gowen, 2015).

Diante do exposto, os objetivos do presente estudo foram determinar a reação de sete cultivares de beterraba a *M. incognita* e *M. javanica* e o efeito de diferentes níveis de inóculo dessas espécies sobre as características vegetativas das cultivares Boro e Early Wonder.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados na casa de vegetação pertencente à Área de Nematologia Agrícola do Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCA - UNESP) em Botucatu-SP. O primeiro experimento foi para avaliar a reprodução de *M. incognita* e *M. javanica* em sete cultivares de beterraba e o segundo para determinar o efeito de densidades populacionais destas espécies sobre as características vegetativas e das raízes das cultivares Boro e Early Wonder.

Populações puras de *M. incognita* e *M. javanica* obtidas de raízes de cafeeiro coletadas no município de Osvaldo Cruz-SP e de pimentão ‘Magali’ do município de Santa Rosa-RS, respectivamente, foram utilizadas como fontes de inóculo. Os nematoides foram identificados pelo padrão perineal das fêmeas e pelo eletroforético de isoenzimas (Oliveira et al., 2012) e multiplicados, separadamente, em plantas de tomate ‘Rutgers’ em vasos com capacidade para 1.000 cm³ contendo substrato composto de terra, areia e matéria orgânica na proporção 1:2:1 (v:v:v), previamente esterilizado em autoclave (120 °C por 2 h).

No experimento 1, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos, constituídos pelas cultivares Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel e Boro, com cinco repetições, tendo cada parcela uma planta.

As sementeiras foram realizadas diretamente em vasos de polietileno com capacidade de 2.000 cm³ contendo 1.800 cm³ de substrato [terra, areia, matéria orgânica (1:2:1)], previamente esterilizado por autoclavagem. Após a emergência das plântulas, foi efetuado o desbaste manual, deixando uma por vaso. A infestação do

substrato foi realizada individualmente com 2 mL da suspensão aquosa contendo 3.000 ovos + juvenis de segundo estágio (J2) de *M. incognita* ou *M. javanica* (1,66 ovos + J2/cm³ de substrato), depositados em dois orifícios distantes de 1 cm do colo de cada plântula e a 2 cm de profundidade. Os nematoides foram obtidos a partir de raízes de tomate 'Rutgers', pelo método de Hussey e Barker (1973) modificado por Bonetti e Ferraz (1981). A concentração das suspensões foi determinada com auxílio da lâmina de Peters, sob microscópio óptico. O tomate 'Rutgers' foi utilizado como padrão de suscetibilidade aos nematoides, também com cinco repetições (vasos).

As avaliações foram realizadas 60 dias após a infestação do substrato. Os sistemas radiculares das plantas foram lavados cuidadosamente em água corrente, pesados após a retirada do excesso de água com papel toalha e submetidos à coloração com Floxine B (Daykin e Hussey, 1985) para facilitar a quantificação das massas de ovos externas. Os índices de galhas (IG) e de massas de ovos (IMO) foram obtidos e classificados de acordo com a escala de notas de 0 a 5 (0= ausência galhas ou massas de ovos; 1= 1-2; 2 = 3-10; 3= 11-30; 4= 31-100; 5= > 100 galhas ou massas de ovos por raiz) (Taylor e Sasser, 1978). Em seguida, os sistemas radiculares foram processados (Coolen e D'Herde, 1972) usando solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, ao invés de água, para triturar as raízes em liquidificador.

O número final de ovos e eventuais juvenis recém-eclodidos na suspensão final foi determinado com o auxílio da lâmina de Peters sob microscópio óptico. Esse número foi utilizado para a obtenção do fator de reprodução (FR= população final (Pf)/ população inicial (Pi) dos nematoides). Plantas que proporcionaram FR igual ou maior que 1,0 foram consideradas suscetíveis (S), menor que 1,0, resistentes (R) e igual a 0, imunes (Oostenbrink, 1966).

Os resultados da variável fator de reprodução foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ para atender às pressuposições da análise de variância. Os dados foram analisados no programa Sisvar 5.3 (Ferreira, 2010) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No experimento 2, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em que foram avaliados 12 tratamentos, em um esquema fatorial de 6x2, sendo seis níveis de inóculo (Pi= 0, 333, 1.000, 3.000, 9.000 e 27.000 ovos + J2 de *M. incognita* ou *M.*

javanica, equivalentes à 0, 0,19, 0,55, 1,66, 5,0 e 15 ovos + J2/ cm³ de substrato) e duas cultivares de beterraba ('Early Wonder' e 'Boro'). Cada tratamento foi repetido dez vezes e cada vaso contendo uma planta foi considerado uma parcela experimental.

Para obtenção das plantas, a semeadura e o desbaste manual foram conduzidos conforme metodologia descrita anteriormente no primeiro experimento. A suspensão do inóculo dos nematoides das galhas foi obtida a partir de raízes de tomate 'Rutgers' infectadas, utilizando-se da técnica de Hussey e Barker (1973) modificado por Bonetti e Ferraz (1981), sendo a concentração determinada a partir da contagem em lâmina de Peters, sob microscópio óptico, como descrito anteriormente. A infestação do substrato foi feita individualmente com 2 mL da suspensão aquosa de cada nível de inóculo de *M. incognita* e *M. javanica*, como relatado anteriormente.

Aos 80 dias após a inoculação, as plantas foram avaliadas considerando as seguintes variáveis: altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea e raiz, índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução dos nematoides. A altura da parte aérea foi determinada com auxílio de uma régua graduada em cm, medindo a distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta. O comprimento e o diâmetro da raiz foram obtidos com auxílio de um paquímetro graduado em mm. A massa fresca da parte aérea e da raiz foi determinada pela pesagem da parte aérea e da raiz em balança analítica com precisão de 0,1 g. A massa seca da parte aérea e da raiz foi obtida após a secagem dos materiais em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingir massa constante, sendo assim determinada pela pesagem em balança analítica com precisão de 0,1 g. Os índices de galhas e de massas de ovos e do fator de reprodução foram obtidos seguindo a metodologia citada anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de efeito significativo para níveis de inóculo de acordo com o teste F a 5% de probabilidade, foi realizada a análise de regressão para verificar o efeito dos níveis de inóculo nas características avaliadas. Para comparar as cultivares foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo programa estatístico Sisvar 5.3 (Ferreira, 2010).

RESULTADOS

As sete cultivares de beterraba estudadas foram suscetíveis aos nematoides das galhas, com FR variando de 7,27 a 27,41 para *M. incognita* e 6,83 a 25,21 para *M. javanica*, comprovando a suscetibilidade a estas espécies de *Meloidogyne* (Tabela 1). Os valores médios do IG e IMO atribuído às raízes em resposta ao parasitismo dos nematoides variaram entre 4,8 e 5,0, demonstrando que houve relação com o FR dos nematoides. O maior valor médio do FR de *M. incognita* foi verificado na cultivar 'Boro' que estatisticamente diferiu das cultivares Katrina, Early Wonder e Jolie. Resultados similares foram verificados frente à *M. javanica*. O tomate 'Rutgers', utilizado como padrão de suscetibilidade, apresentou FR acima de 18, comprovando a viabilidade dos inóculos.

Tabela 1. Índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO), fator de reprodução (FR) e reação a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em sete cultivares de beterraba e tomate 'Rutgers', aos 60 dias após a inoculação. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2015.

Cultivar	IG	IMO	FR ^a	Reação
<i>Meloidogyne incognita</i>				
Katrina	4,8	4,8	7,27 a ^c	S ^b
Early Wonder	5,0	5,0	7,93 a	S
Jolie	5,0	5,0	8,54 ab	S
Rubra	5,0	5,0	16,10 abc	S
Betollo	5,0	5,0	17,27 abc	S
Kestrel	5,0	5,0	17,84 abc	S
Boro	5,0	5,0	27,41 c	S
Tomate 'Rutgers' ^d	5,0	5,0	18,54 bc	S
CV (%)	-	-	19,97	-
<i>Meloidogyne javanica</i>				
Katrina	4,8	4,8	6,83 a	S
Jolie	4,8	4,8	7,54 ab	S
Early Wonder	5,0	5,0	8,10 ab	S
Rubra	5,0	5,0	15,63 bc	S
Betollo	5,0	5,0	15,75 bc	S
Kestrel	5,0	5,0	15,88 bc	S
Boro	5,0	5,0	25,21 c	S
Tomate 'Rutgers'	5,0	5,0	23,16 bc	S
CV (%)	-	-	15,92	-

^a FR= população final (Pf)/ população inicial (Pi= 3.000).

^b S= suscetível (FR $\geq$ 1,0) (Oostenbrink, 1966).

^c Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, para cada espécie de nematoide, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^d Tomate 'Rutgers' – padrão de suscetibilidade.

Houve efeito quadrático para o fator de reprodução dos nematoides à medida que aumentou o nível de inóculo, com redução significativa a partir da densidade populacional de 3.000 e 9.000 ovos + J2 de *M. incognita* e *M. javanica*, respectivamente

(Figura 1). Pode-se observar que os maiores valores médios para o FR de *M. incognita* nas cultivares Boro e Early Wonder ocorreram nos níveis de 3.000 e 9.000 ovos + J2 do nematoide, enquanto que para *M. javanica* essa tendência foi verificada nos níveis de 1.000 e 9.000 ovos + J2 do nematoide.

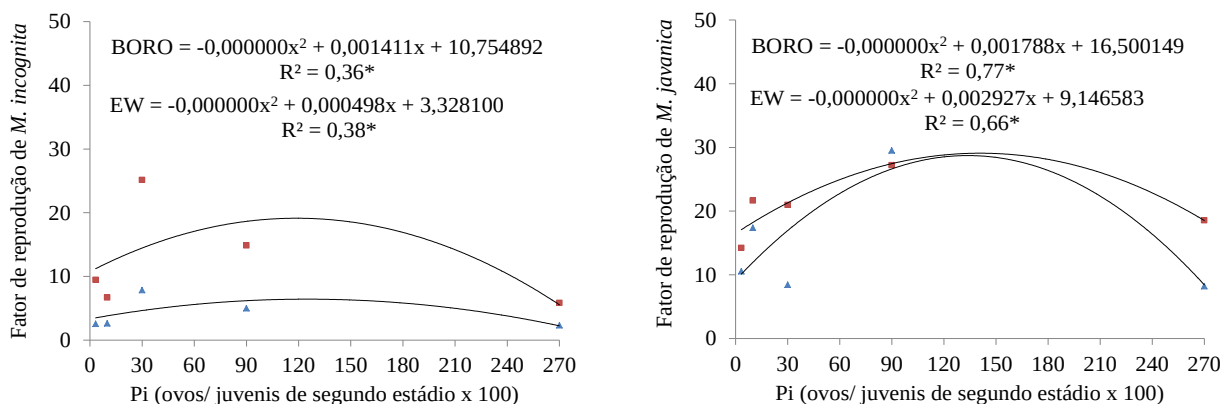


Figura 1. Fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’ (EW) inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi).

O aumento da densidade populacional dos nematoides das galhas resultou no aumento do IG e IMO das beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’, sendo atribuídas notas máximas a partir de 3.000 ovos + J2 de *M. incognita* ou *M. javanica* (Tabela 2). Pode-se verificar que entre as cultivares, a ‘Boro’ comportou-se como mais suscetível ao parasitismo dos nematoides, visto os maiores valores médios obtidos do IG e IMO nos menores níveis de inóculo.

Tabela 2. Médias observadas do índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO) em função dos níveis iniciais de inóculo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas cultivares ‘Early Wonder’ e ‘Boro’ aos 80 dias após a inoculação.

Níveis de inóculo (ovos + J2)	Early Wonder		Boro	
	IG	IMO	IG	IMO
<i>Meloidogyne incognita</i>				
0	-	-	-	-
333	1,6	1,6	2,9	2,9
1.000	3,2	3,2	4,5	4,5
3.000	5,0	5,0	5,0	5,0
9.000	5,0	5,0	5,0	5,0
27.000	5,0	5,0	5,0	5,0
<i>Meloidogyne javanica</i>				
0	-	-	-	-
333	1,4	1,4	2,0	2,0
1.000	3,4	3,4	3,7	3,7
3.000	5,0	5,0	5,0	5,0
9.000	5,0	5,0	5,0	5,0
27.000	5,0	5,0	5,0	5,0

Houve redução linear de todas as características vegetativas e das raízes das beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’ à medida que aumentou o nível inicial de inóculo dos nematoides (Figuras 2 e 3). Essa tendência foi observada em todos os níveis populacionais de *M. incognita* ou *M. javanica*, sendo os menores valores médios verificados no nível de 27.000 ovos + J2 dos nematoides.

Em decorrência do parasitismo de *M. incognita* nas cultivares ‘Early Wonder’ e ‘Boro’, os valores médios da altura de plantas variaram de 46,08 a 31,05 cm e 45,80 a 30,37 cm, respectivamente. Para cada 1.000 nematoides houve uma redução de 0,5 cm na altura de ambas as cultivares.

O valor médio do comprimento da raiz de ‘Early Wonder’ variou de 5,88 a 4,13 cm enquanto que em ‘Boro’ foi de 5,71 a 3,60 cm. Para o diâmetro da raiz, a variação foi de 3,46 a 2,23 cm e 3,62 a 1,91 cm para ‘Early Wonder’ e ‘Boro’, respectivamente. Para cada 1.000 ovos + J2 de *M. incognita*, houve redução média de 0,061 cm (0,61 mm) e 0,078 cm (0,78 mm) no comprimento da raiz de ‘Early Wonder’ e ‘Boro’, respectivamente. Para o diâmetro da raiz, a cada 1.000 ovos + J2 do nematoide a

redução média foi de 0,046 cm (0,46 mm) para 'Early Wonder' e 0,061 cm (0,61 mm) para 'Boro'.

Para a massa fresca da parte aérea, os valores médios variaram de 47,14 a 27,79 g e 47,21 a 23,15 g em 'Early Wonder' e 'Boro', respectivamente. Na massa seca da parte aérea de 'Early Wonder' e 'Boro', a variação foi de 4,53 a 2,29 g e 4,70 a 2,21 g, respectivamente. A cada 1.000 ovos + J2 do nematoide houve redução média de 0,645 g (645 mg) e 0,745 g (745 mg) na massa fresca da parte aérea das cultivares Early Wonder e Boro, respectivamente. Para a massa seca da parte aérea, as reduções médias foram de 0,075 g (75 mg) para ambas as cultivares de beterraba.

Os valores médios da massa fresca da raiz de 'Early Wonder' e 'Boro' variaram de 57,79 a 49,07 g e 56,46 a 47,44 g, respectivamente. Para a massa seca da raiz a variação foi de 4,77 a 3,71 g para 'Early Wonder', enquanto que para 'Boro' foi entre 4,65 e 3,26 g. A cada 1.000 ovos + J2 de *M. incognita* houve redução média de 0,310 g (310 mg) na massa fresca da raiz de ambas as cultivares. Para a massa seca da raiz pode-se observar reduções médias de 0,033 g (33 mg) e 0,051 g (51 mg) para 'Early Wonder' e 'Boro', respectivamente.

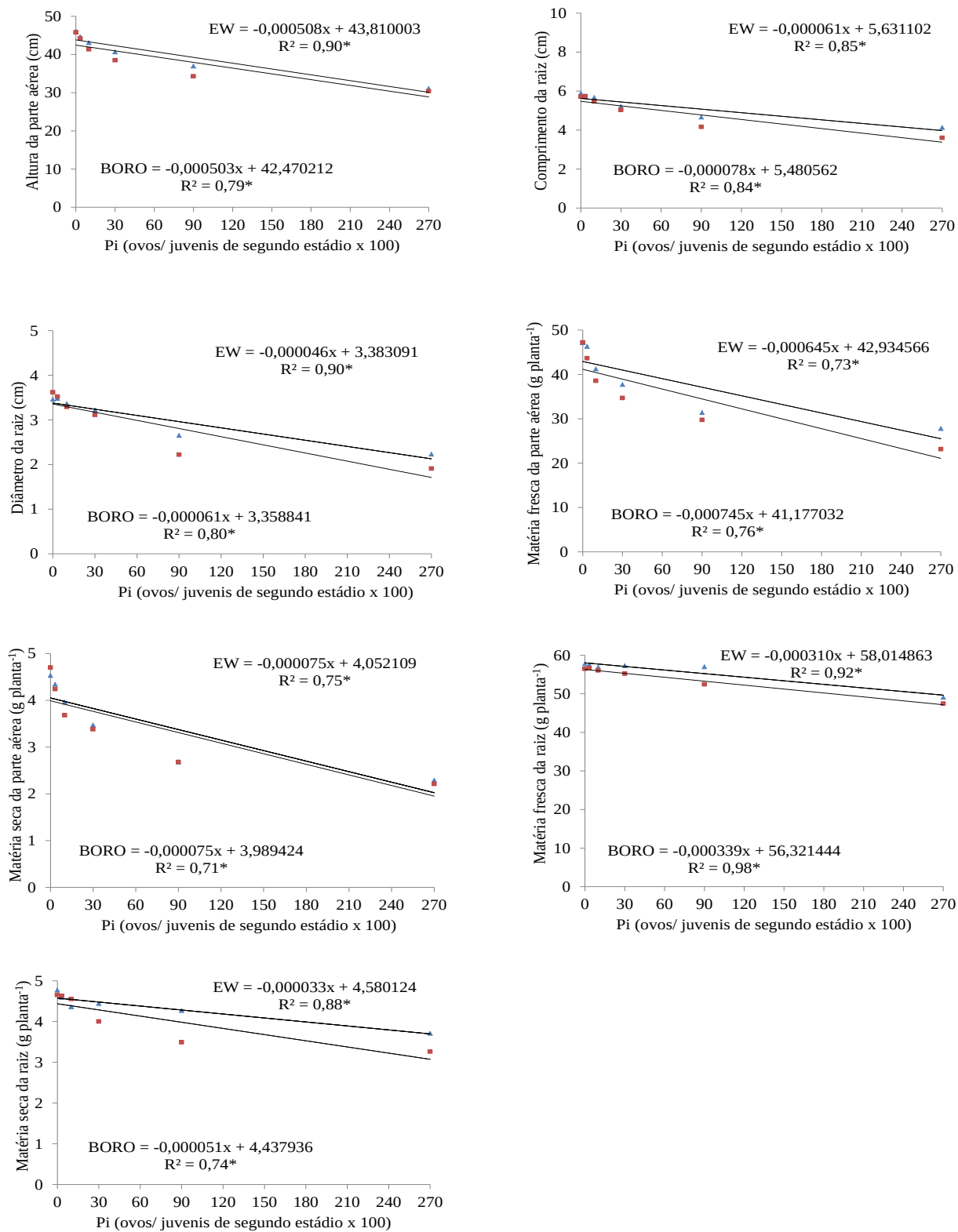


Figura 2. Altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca e seca da raiz das beterrabas 'Early Wonder' (EW) e 'Boro' inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi) de *Meloidogyne incognita*.

Quanto a *M. javanica*, a variação de altura de plantas foi de 46,18 a 32,54 cm em 'Early Wonder' e 47,15 a 31,30 cm em 'Boro'. Para cada 1.000 nematoides houve redução de 0,5 cm na altura de ambas as cultivares. Para o comprimento da raiz, as médias de 'Early Wonder' variaram de 5,61 a 4,29 cm e para 'Boro', a variação foi de 5,87 a 3,85 cm. Para o diâmetro da raiz, os valores médios de 'Early Wonder' variaram de 3,52 a 2,40 cm e na 'Boro' a variação foi de 3,48 a 2,03 cm. Para cada 1.000 ovos + J2 do nematoide, houve redução média de 0,051 cm (0,51 mm) e 0,070 cm (0,70 mm) no comprimento da raiz de 'Early Wonder' e 'Boro', respectivamente. Para o diâmetro de raiz, as reduções médias foram de 0,042 cm (0,42 mm) e 0,055 cm (0,55 mm) para 'Early Wonder' e 'Boro', respectivamente.

Os valores médios para a massa fresca da parte aérea na 'Early Wonder' e 'Boro' variaram de 47,38 a 24,54 g e 48,02 a 25,11 g, respectivamente. Para a massa seca da parte aérea, a variação foi entre 4,57 e 2,40 g para 'Early Wonder' e 4,48 a 2,13 g para 'Boro'. A cada 1.000 ovos + J2 do nematoide houve redução média de 0,773 g (773 mg) e 0,739 g (739 mg) na massa fresca da parte aérea das cultivares Early Wonder e Boro, respectivamente. Para a massa seca da parte aérea, as perdas foram de 0,07 g (70 mg) e 0,073 g (73 mg) para 'Early Wonder' e 'Boro', respectivamente.

Para a massa fresca da raiz, os valores médios de 'Early Wonder' variaram de 57,59 a 49,74 g e para 'Boro', a variação foi de 56,25 a 46,60 g. Para a massa seca da raiz, as médias de 'Early Wonder' variaram entre 4,34 e 3,23 g, enquanto que na 'Boro' a variação foi de 4,65 a 3,06 g. Para a massa fresca da raiz a cada 1.000 ovos + J2 de *M. javanica* houve redução média de 0,136 g (136 mg) para Early Wonder e 0,381 g (381 mg) para 'Boro', enquanto que para a massa seca da raiz as reduções foram de 0,039 g (39 mg) e 0,061 g (61 mg) para as respectivas cultivares.

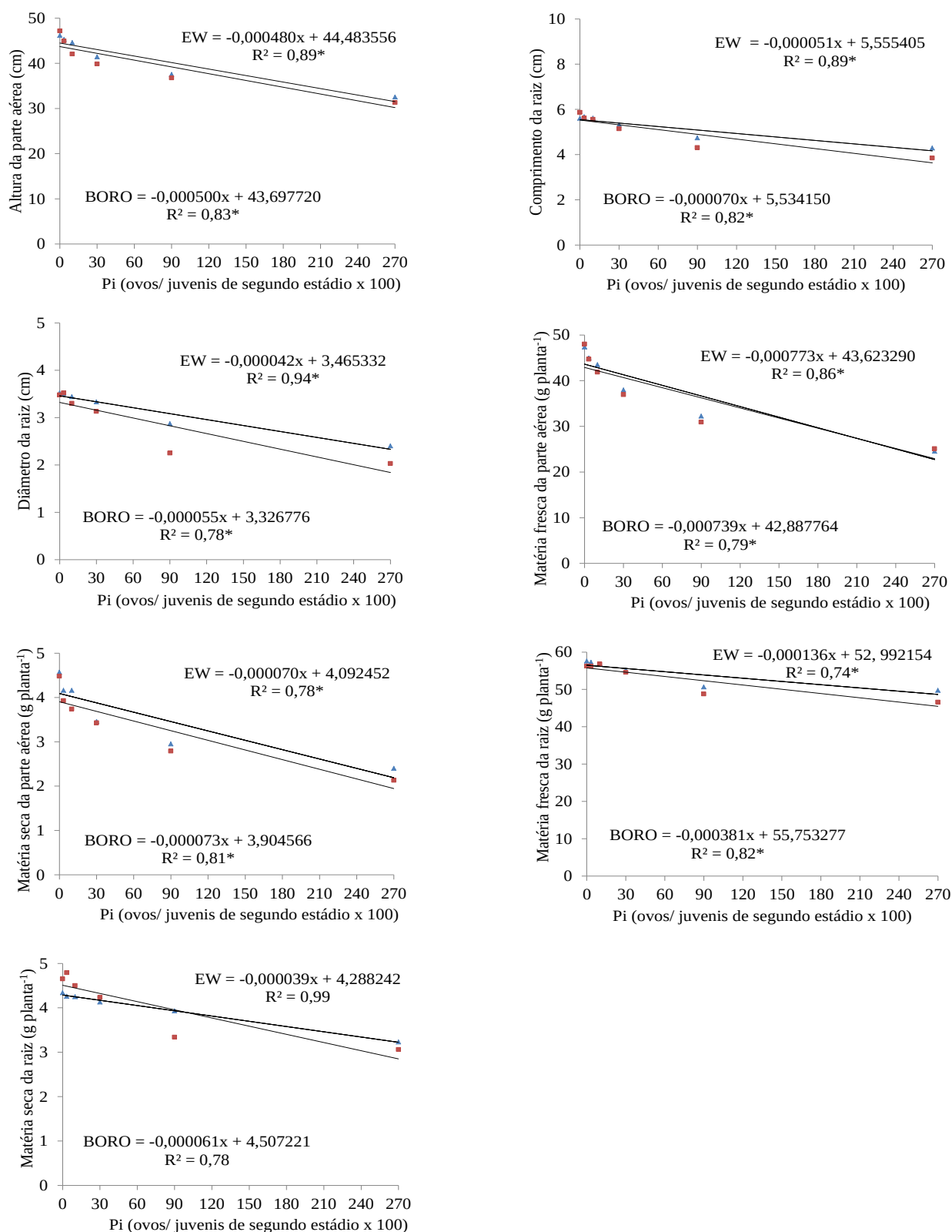


Figura 3. Altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca e seca da raiz das beterrabas 'Early Wonder' (EW) e 'Boro' inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi) de *Meloidogyne javanica*.

A cultivar Boro, em comparação à Early Wonder, apresentou menores valores para o comprimento das raízes quando inoculada com *M. incognita*, enquanto que para os demais parâmetros os valores foram correspondentes e não diferiram estatisticamente. Comparando-se ambas as cultivares frente à *M. javanica*, pode-se observar que a Boro apresentou menores valores para o diâmetro das raízes, enquanto que para as outras características os valores não diferiram estatisticamente (Tabela 3).

Apenas para o fator de reprodução a interação entre as cultivares e o nível de inóculo inicial das espécies de *Meloidogyne* foi significativo. O fator de reprodução de *M. incognita* na beterraba 'Boro' foi superior ao da 'Early Wonder' para todas as densidades populacionais. Para *M. javanica*, este padrão nematológico foi superior somente nos níveis de 3.000 e 27.000 ovos + J2 do nematoide (Tabela 4).

Tabela 3. Comparação das médias da altura da parte aérea (APA), comprimento (CR) e diâmetro da raiz (DR), matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca (MFR) e seca da raiz (MSR) nas cultivares de beterraba 'Early Wonder' e 'Boro' aos 80 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*.

Cultivares	APA	CR	DR	MFPA	MSPA	MFR	MSR
	-----cm-----			-----g-----			
<i>Meloidogyne incognita</i>							
Early Wonder	40,4 a	5,2 a	3,1 a	38,6 a	3,5 a	55,9 a	4,2 a
Boro	39,1 a	5,0 b	2,9 a	36,2 a	3,4 a	54,0 a	4,1 a
CV (%)	13,93	11,27	16,18	20,57	22,71	19,69	23,12
<i>Meloidogyne javanica</i>							
Early Wonder	41,3 a	5,2 a	3,2 a	38,4 a	3,6 a	53,2 a	4,2 a
Boro	40,3 a	5,1 a	2,9 b	37,9 a	3,4 a	54,5 a	4,1 a
CV (%)	13,01	12,46	17,52	15,64	18,27	14,20	12,65

CV (%)= coeficiente de variação; médias seguidas por letras diferentes nas colunas, para cada nematoide, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4. Fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* nas cultivares de beterraba ‘Early Wonder’ e ‘Boro’ em função dos níveis de inóculo inicial do nematoide.

	Níveis de inóculo inicial				
Cultivares	333	1.000	3.000	9.000	27.000
<i>Meloidogyne incognita</i>					
Early Wonder	2,7 b	2,6 b	7,8 b	5,0 b	2,3 b
Boro	9,4 a	6,7 a	25,1 a	14,9 a	5,8 a
CV (%)	27,05				
<i>Meloidogyne javanica</i>					
Early Wonder	10,5 a	17,3 a	8,4 b	27,2 a	8,2 b
Boro	14,2 a	21,7 a	20,9 a	29,5 a	18,5 a
CV (%)	45,76				

CV (%)= coeficiente de variação; médias seguidas por letras diferentes nas colunas, para cada nematoide, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DISCUSSÃO

M. incognita e *M. javanica* mostraram-se capazes de penetrar e se desenvolver nas raízes das sete cultivares de beterraba e reduzir as características vegetativas e das raízes das beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’.

Embora tenham sido observadas variações nos FRs dos nematoides nas diferentes cultivares, a suscetibilidade das mesmas impede de serem recomendadas para o plantio em áreas infestadas com *M. incognita* ou *M. javanica*, uma vez que permitem a sobrevivência e a reprodução dos nematoides. Isto deve ser estendido, principalmente, às áreas com presença simultânea dessas espécies de nematoides, fato comum em campos de cultivo de olerícolas. Apesar da beterraba se tratar de uma cultura anual, a população nematológica poderá atingir níveis elevados, sendo esse problema agravado pela ausência de cultivares resistentes a estas espécies de *Meloidogyne*. Por isso, medidas preventivas devem ser adotadas a fim de evitar a introdução desses fitoparasitos em áreas de cultivo.

As variações no FR de *M. incognita* e *M. javanica* entre genótipos de beterraba têm sido verificada em estudos anteriores. Na África do Sul, houve variação significativa

no FR de *M. incognita* e *M. javanica* em sete genótipos de beterraba, em que os valores variaram de 3,09 a 45,84 e 4,50 a 18,83, respectivamente (Steyn et al., 2014). No Brasil, as beterrabas ‘Chata do Egito’, ‘Maravilha’ e Early Wonder’ foram suscetíveis à *M. javanica* com FR de 3,45, 5,04 e 9,16, respectivamente (Rosa et al., 2013). A suscetibilidade da beterraba ‘Early Wonder’ ao parasitismo de *M. javanica* também foi verificada no presente estudo, com FR igual a 8,10. Entretanto, ainda que suscetível, foi uma das que apresentou menor FR que, associado ao fato de ser uma das mais cultivadas (Corrêa et al. 2014), foi fator determinante na sua escolha para o segundo experimento.

Os IG e IMO de *M. incognita* e *M. javanica* atribuídos às cultivares estudadas mostraram-se altos assim como o FR dos nematoides. Isso indica a suscetibilidade desses materiais às duas espécies de *Meloidogyne*, pois os altos IG e IMO demonstram a facilidade dos nematoides estabelecerem o parasitismo e completarem o ciclo biológico nas raízes das cultivares. Além disso, o IG também indica que as cultivares quando parasitadas pelos nematoides permitiram a formação de galhas bem definidas e por isso, pode ser utilizado como parâmetro auxiliar na avaliação de resistência dessa cultura. Diversos trabalhos tem utilizado o IG como padrão adicional para a caracterização da reação de genótipos de olerícolas aos nematoides das galhas, destacando resultados encontrados em chenopodiáceas como beterraba, espinafre e acelga (Premachandra; Gowen, 2015; Navarrete et al., 2016; Youssef et al., 2016).

As densidades iniciais de inóculo de *M. incognita* e *M. javanica* afetaram significativamente os parâmetros relacionados à multiplicação dos nematoides nas beterrabas ‘Boro’ e ‘Early Wonder’. O aumento das densidades iniciais de inóculo dos nematoides das galhas foi correspondente ao aumento do fator de reprodução, com exceção para o nível de 27.000 ovos + J2 de *M. incognita* ou *M. javanica*, em que foi observada redução do fator de reprodução de ambos os nematoides. É possível que tenha ocorrido uma competição entre os espécimes, por sítios de alimentação nas raízes, resultando em uma correlação negativa entre a população inicial e a quantidade total de alimento disponível. Esta tendência também foi verificada em estudos anteriores envolvendo a influência de diferentes populações de nematoides das galhas sobre hospedeiros suscetíveis, incluindo a beterraba (Kankam e Adomako, 2014;

Anamika, 2015; Mashela, 2016).

As raízes das cultivares Boro e Early Wonder continham galhas típicas de interações compatíveis entre *Meloidogyne* spp. e hospedeiros suscetíveis, sendo visualmente mais acentuadas nos níveis de 9.000 e 27.000 ovos + J2 de *M. incognita* ou *M. javanica*. Os valores médios do IG e IMO das duas cultivares foram correspondentes ao aumento das densidades populacionais dos nematoides, em que notas máximas foram atribuídas a partir de 3.000 ovos + J2 dos nematoides. Resultados similares foram obtidos para a beterraba sacarina 'Nejama', cujo aumento dos valores médios do IG e IMO ocorreram à medida que houve o aumento do nível inicial de inóculo de *M. incognita* (El-Sherif et al., 2013).

Todas as características vegetativas e das raízes das beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder' avaliadas foram significativamente reduzidas, independente do nível de inóculo inicial dos nematoides. Isto pode ser justificado, visto que plantas suscetíveis na presença de *Meloidogyne* spp. podem apresentar alterações anatômicas em decorrência da formação de células gigantes e hipertrofia de células parenquimáticas, provocando a obstrução parcial do xilema e a desorganização total do cilindro vascular. Tais mudanças anatômicas comprometem a eficácia do sistema radicular e consequentemente reduzem a absorção e transporte de água e nutrientes, com reflexos no crescimento e produção das plantas (Anwar e Javed, 2010; Westerich et al., 2012; Premachandra e Gowen, 2015). Na beterraba açúcareira 'Oscarpoly' houve redução significativa da massa fresca da raiz e parte aérea quando inoculada com seis níveis de inóculo de *M. javanica*, cuja maior redução foi verificada em plantas inoculadas com 15.000 ovos + J2/ Kg solo⁻¹ do nematoide (Korayem, 2006).

Considerando os resultados obtidos nesse estudo, verificou-se que *M. incognita* e *M. javanica* se multiplicaram nas cultivares de beterraba estudadas e reduziram as características vegetativas e das raízes da 'Boro' e 'Early Wonder'. Logo, essas cultivares não devem ser recomendadas para o plantio em áreas infestadas com *M. incognita* e/ou *M. javanica*, em decorrência dos danos causados à cultura.

LITERATURA CITADA

Abd-El-Fattah, A. I., Shalaby, N. M. S., e Wafaa, M. A. El-Nagdi. 2013. Impact of two bio-products on *Meloidogyne javanica* and their influence on yield components of some sugar beet varieties. *Journal of Applied Sciences Research* 9:4627-4637.

Anamika. 2015. Study on pathogenicity test of *Meloidogyne incognita* on different vegetable crops. *Journal of Agricultural Science* 7:105-110.

Anamika, e Simon, S. 2010. New report on occurrence of root-knot disease in *Beta vulgaris*. *Current Nematology* 21:71-73.

Anwar, S. A., e Javed, N. 2010. *Meloidogyne incognita* infecting Dahlia. *Pakistan Journal Zoology* 42:348-350.

Bonetti, J. I. S., e Ferraz, S. 1981. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira* 6:553.

Coolen, W. A., e D'Herde, C. J. 1972. A method for quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent, Belgium: State Nematology and Entomology Research Station. 77.

Corrêa, C. V., Cardoso, A. I. I., Souza, L. G., Antunes, W. L. P. e Magolbo, L. A. 2014. Yield of beet depending on spacing. *Horticultura Brasileira* 32:111-114.

Daykin, M. E., e Hussey, R. S. 1985. Staining and histopathological techniques in nematology. Pp. 39-48 in K. R. Barker., C. C. Carter., e J. N. Sasser, ed. An advanced treatise on *Meloidogyne*: biology and control. Raleigh: North Carolina State University Graphics.

Dias-Arieira, C. R., Cunha, T. P. L., Chiamolera, F. M., Puerari, H. H., Biela, F., e Santana, S. M. 2012. Reaction of vegetables and aromatic plants to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Horticultura Brasileira* 30:322-326.

El-Sherif, A. G., Nour El-Deen, A. H., e Ibrahim, D. S. S. 2013. Pathological effects of *Meloidogyne incognita* eggs on growth of sugarbeet and nematode reproduction under greenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research* 8:3368-3371.

Ferreira, D. F. 2010. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras - MG: UFLA.

Hussey, R. S., e Barker, K. R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* sp., including a new technique. Plant Disease Report 57:1025-1028.

Kankam, F., Adomako, J. 2014. Influence of inoculum levels of root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Asian Journal of Agriculture and Food Science 2:171-178.

Korayem, A. M. 2006. Relationship between *Meloidogyne incognita* density and damage to sugar beet in sandy clay soil. Egypt Journal Phytopatology 34:61-68.

Korayem, A. M., Youssef, M. M. A., Mohamed, M. M. M., e Lashein, A. M. S. 2015. Plant-parasitic nematodes associated with different plants grown in newly reclaimed area in north west Egypt. Egyptian Journal of Agronematology 14:127- 136.

Kyndt, T., Vieira, P., Gheysen, G., e Almeida-Engler, J. 2013. Nematode feeding sites: unique organs in plant roots. Planta 238:807–818.

Mashela, P. W. 2016. Interrelations between commercial beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars and *Meloidogyne* species. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science 67:164-168.

Melo, O. D., Maluf, W. R., Gonçalves, R. J. S., Gonçalves Neto, A. C., Gomes, L. A. A., e Carvalho, R. C. 2011. Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46:829-835.

Mukhtar, R., Arshad, I., Kayani, M. Z., Hussain, M. A., Kayani, S. B., Rahoo, A. M., e Ashfaq, M. 2013. Estimation of damage to okra (*Abelmoschus esculentus*) by Root-knot disease incited by *Meloidogyne incognita*. Pakistan Journal of Botany 45:1023-1027.

Navarrete, M., Djian-Caporalino, C., MATEILLE, T., Palloix, A., Sage-Palloix, A., Lefevre, A., Fazari, A., Marteu, N., Tavoillot, J., Dufils, A., Furnion, C., Pares, L., e Forest, I. 2016. A resistant pepper used as a trap cover crop in vegetable production strongly decreases root-knot nematode infestation in soil. Agronomy for Sustainable Development 36:68-77.

Oliveira, C. M. G., Tomazini, M. D., Bessi, R., e Inomoto, M. M. 2012. Nematoides. Pp. 103-135 in M. Eiras., S. R. Galleti, Técnicas de Diagnóstico de Fitopatógenos, (org). São Paulo: Devir Livraria.

Oostenbrink, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededelingen voor Landb Hoogeschool Wageningen 66:3-46.

Premachandra, D. W. T. S., e Gowen, S. R. 2015. Influence of pre-plant densities of *Meloidogyne incognita* on growth and root infestation of spinach (*Spinacia oleracea* L.) (Amaranthaceae) – an important dimension towards enhancing crop production. Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society 3:18-26.

Ravichandra, N. G. 2014. Phytonematodes: Threat to Horticulture. Pp. 5-16 in N. G. Ravichandra, ed. Horticultural Nematology. India: Springer.

Reddy, Y. S., Sellaperumal, C., Prasanna, H. C., Yadav, A., Kashyap, S. P., Singh, S., Rai, N., Singh, M., e Singh, B. 2016. Screening of tomato genotypes against root-knot nematode and validation of *Mi 1* gene linked markers. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 1:1-8.

Rosa, J. M .O., Westerich, J. N., e Wilcken, S. R. S. 2013. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em olerícolas e em plantas utilizadas na adubação verde. Tropical Plant Pathology 38:133-141.

Silva, M. C. L., Santos, C. D. G., e Silva, G. S. 2016. Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. Revista Ciência Agronômica 47:710-719.

Steyn, W. P., Daneel, M. S., e Slabbert, M. M. 2014. Host suitability and response of different vegetable genotypes to *Meloidogyne incognita* race 2 and *Meloidogyne javanica* in South Africa. International Journal of Pest Management 60:59-66.

Taylor, A. L., e Sasser, J. N. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh: North Carolina State University. 111.

Thies, J. A., e Ariss, J. J. 2009. Comparison between the *N* and *Me3* genes conferring resistance to the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in genetically different pepper lines (*Capsicum annuum*). European Journal of Plant Pathology 125:545–550.

Wang, Y. F., Xiao, S., Huang, Y. K., Zhou, X., Zhang, S. S., e Liu, G. K. 2014. First report of *Meloidogyne enterolobii* on carrot in China. Plant Disease 98:1019.

Westerich, J. N., Rodella, R. A., Rosa, J. M. O., e Wilcken S. R. S. 2012. Alterações anatômicas induzidas por *Meloidogyne enterolobii* (=M. mayaguensis) e *Meloidogyne javanica* em tomates resistentes a meloidoginose. Summa Phytopatholyca 38:192-197.

Xing, L., e Westphal, A. 2012. Predicting damage of *Meloidogyne incognita* on watermelon. Journal of Nematology 44:127–133.

Youssef, M. M. A., El-Nagdi, W. M. A., e Abd Elgawad, M. M. M. 2016. Categorization of certain imported sugar beet varieties as affected by population density of root knot nematode, *Meloidogyne incognita* in Egypt. International Journal of ChemTech Research 9:32-36.

CAPÍTULO II

Potencial reprodutivo e danos causados em beterraba por *Meloidogyne enterolobii*

(artigo redigido conforme normas da revista Phytoparasitica)

Resumo

Os nematoides das galhas, *Meloidogyne* spp., constituem um fator limitante para o cultivo de beterraba no Brasil. Em função da falta de informação sobre fontes de resistência e nível de dano de *M. enterolobii* na cultura da beterraba, dois experimentos foram realizados em casa de vegetação, com os objetivos de avaliar a reação das cultivares Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel e Boro ao parasitismo do nematoide ($P_i = 3.000$ ovos + J2/planta) e o efeito de níveis de inóculo ($P_i = 0, 333, 1.000, 3.000, 9.000$ e 27.000 ovos + J2/planta) sobre as características das cultivares Boro e Early Wonder. Para o teste de reação (experimento 1), o índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução (FR) foram determinados 60 dias após a infestação do substrato. Para o efeito das densidades populacionais do nematoide (experimento 2), a altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução foram avaliados 80 dias após a inoculação dos níveis populacionais do nematoide. Todas as cultivares de beterraba foram suscetíveis a *M. enterolobii*, com FR variando entre 15,94 e 46,60. Houve redução linear de todos os parâmetros à medida que aumentou o nível de inóculo do nematoide, sendo maiores reduções observadas quando as plantas foram inoculadas com 27.000 ovos + J2 de *M. enterolobii*.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*. Nematode das galhas. Suscetibilidade. Nível de dano.

Abstract

Root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., constitute a limiting factor for beet cultivation in Brazil. Due to the lack of information on sources of resistance and damage level of *M. enterolobii* in beetroot cultivation, two experiments were carried out under greenhouse conditions, with the objective of evaluating the reaction of the cultivars Katrina, Early Wonder, Jolie, Rubra, Betollo, Kestrel, and Boro to nematode parasitism ($I_p = 3,000$ eggs + J2/plant) and the effect of inoculum levels ($I_p = 0, 333, 1,000, 3,000, 9,000$ and $27,000$ eggs + J2/plant) on the vegetative characteristics of the cultivars Boro

and Early Wonder. For the reaction test (experiment 1), the gall and egg mass indexes and the reproduction factor (RF) were determined 60 days after infestation of the substrate. For the effect of nematode population densities (experiment 2), shoot height, root length and diameter, fresh and dry shoot and root mass, gall and egg mass indexes and reproductive factor were evaluated 80 days after inoculation of nematode population levels. All beetroot cultivars were susceptible to *M. enterolobii*, with RF ranging between 15.94 and 46.60. There was a linear reduction of all parameters as the nematode inoculum level increased, with the greatest reductions observed when the plants were inoculated with 27,000 eggs + J2 of *M. enterolobii*.

Keywords: *Beta vulgaris*. Root-knot nematodes. Susceptibility. Damage level.

Introdução

A beterraba é uma hortaliça originária de regiões de clima temperado do Sul e Leste da Europa e Norte da África, pertencente à família Chenopodiaceae, caracterizada por possuir três tipos: a beterraba açucareira, usada para produção de açúcar, a beterraba forrageira, utilizada na alimentação animal e a beterraba hortícola, também conhecida como beterraba vermelha ou beterraba para mesa, empregada na alimentação humana, sendo a mais conhecida e comercializada no Brasil (Anamika e Simon 2010; Tivelli et al. 2011; Youssef e El-Nagdi 2015).

A escala comercial da beterraba no Brasil é menor se comparada a de outras olerícolas tradicionais, como batata, tomate, cebola e cenoura. Contudo, tem sido constatados nos últimos dez anos, aumento crescente em razão da valorização do consumo *in natura* e do mercado de produção industrial (Tivelli et al. 2011).

O aumento da área e o cultivo sucessivo de hortaliças favorecem a ocorrência de doenças que, dependendo da intensidade, podem causar grandes prejuízos às culturas e conseqüentemente, ao produtor, que terá seus lucros diminuídos em virtude da baixa produtividade e qualidade dos produtos colhidos. Os nematoides das galhas, *Meloidogyne* spp., constituem um problema grave em áreas de cultivo de beterraba e de outras hortaliças economicamente importantes, sendo os maiores danos provocados

pelas espécies *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, que podem ser encontradas simultaneamente ou isoladas (Pinheiro 2011; Mashela 2016). *M. enterolobii* também vem causando grande preocupação em razão da sua alta agressividade e capacidade em contornar a resistência de genótipos de tomate e pimentão, portadores do gene *Mi-1* ou *N*, que conferem resistência às espécies *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (Carneiro et al. 2006; Brito et al. 2007; Cantu et al. 2009).

O maior percentual de perdas em hortaliças ocasionadas pela ação parasitária dos nematoides das galhas tem sido verificado nos órgãos subterrâneos (raízes, rizomas, tubérculos e bulbos), uma vez que os danos ocorrem exatamente na parte da planta que é comercializada. Estes danos não estão associados somente à redução no peso dos órgãos vegetais, mas também às alterações físico-químicas devido à infecção (Oliveira 2007; Anamika e Simon 2010; Wang et al. 2014).

O controle de nematoides parasitos de plantas é difícil, o que torna importante o uso de estratégias que visem à sustentabilidade da produção por meio da redução de níveis populacionais. Assim, na busca de alternativas para o manejo de áreas infestadas, a rotação de cultura, incluindo cultivares resistentes ou plantas não hospedeiras, constitui opção promissora (Maleita et al. 2012; Steyn et al. 2014; El-Nagdi e Youssef 2015). Entretanto, apesar de existir um número significativo de cultivares de beterraba disponível comercialmente no Brasil, há uma escassez de informação sobre o comportamento de genótipos frente aos nematoides das galhas, justificando mais estudos nesse sentido. Por outro lado, também é importante quantificar os danos causados pelos fitonematoides, visto que estimativas confiáveis dos danos provocados por fitopatógenos são sempre um pré-requisito fundamental para o desenvolvimento de qualquer manejo bem sucedido (Premachandra e Gowen 2015).

Diante do contexto, os objetivos foram avaliar a reação de sete cultivares de beterraba a *M. enterolobii* e verificar o efeito de níveis de inóculo do nematoide sobre as características vegetativas e das raízes das cultivares Boro e Early Wonder, para estimar a densidade populacional que causa prejuízos à cultura.

Material e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos na casa de vegetação da Área de Nematologia Agrícola do Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCA-UNESP) em Botucatu-SP. O primeiro experimento foi instalado para avaliar a reação de sete cultivares de beterraba a *M. enterolobii* e o segundo para determinar o efeito do nível de inóculo deste nematoide sobre as características vegetativas e das raízes de duas cultivares de beterraba.

Para obtenção do inóculo, foram utilizadas populações puras de *M. enterolobii* provenientes de raízes de goiabeira coletadas no município de Mandaguáçu-PR. O nematoide foi identificado pelo padrão eletroforético de isoenzimas (Oliveira et al. 2012) e, em seguida, a partir de uma única massa de ovos foi multiplicado separadamente e mantido em plantas de tomate ‘Rutgers’ cultivados em casa de vegetação em vasos com capacidade para 1.000 cm³, contendo substrato composto de terra, areia e matéria orgânica na proporção 1:2:1 (v:v:v), previamente esterilizado em autoclave (120 °C por 2 h).

No primeiro experimento foram avaliadas a reação das cultivares Betollo, Boro, Early Wonder, Jolie, Katrina, Kestrel e Rubra à *M. enterolobii*, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo cada parcela constituída por uma planta.

As sementeiras foram realizadas diretamente em vasos de polietileno com capacidade de 2.000 cm³ contendo 1.800 cm³ de substrato [terra, areia, matéria orgânica (1:2:1)], previamente esterilizado em autoclave, conforme descrição anterior. O desbaste manual foi efetuado após a emergência das plântulas, deixando uma por vaso. A infestação do substrato foi feita individualmente com 2 mL da suspensão aquosa contendo 3.000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio (J2) da população do nematoide (1,66 ovos + J2/ cm³ de substrato), depositados em dois orifícios distantes de 1 cm do colo de cada plântula e a 2 cm de profundidade, obtidos a partir de raízes de tomate ‘Rutgers’, pelo método de Hussey e Barker (1973), modificado por Bonetti e Ferraz (1981). A concentração das suspensões foi determinada com auxílio de

lâmina de Peters, sob microscópio óptico. O tomate 'Rutgers' foi utilizado como padrão de suscetibilidade aos nematoides, também com cinco repetições (vasos).

As temperaturas mínima e máxima do ar durante o período experimental foram monitoradas com auxílio de termômetros instalados na casa de vegetação.

As avaliações foram conduzidas 60 dias após a infestação do substrato. Para isto, os sistemas radiculares das plantas foram lavados individualmente sob água corrente, pesados após a retirada do excesso de água com papel toalha e submetidos à coloração com Floxine B (Daykin e Hussey 1985) para facilitar a contagem das massas de ovos externas dos nematoides. Os índices de galhas (IG) e de massas de ovos (IMO) foram avaliados e classificados de acordo com a escala de notas de 0 a 5 (0=ausência galhas ou massas de ovos; 1= 1-2; 2 = 3-10; 3= 11-30; 4= 31-100; 5= > 100 galhas ou massas de ovos por raiz) (Taylor e Sasser 1978). Em seguida, os sistemas radiculares foram processados (Coolen e D'Herde 1972) usando solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, ao invés de água, para triturar as raízes em liquidificador.

O número final de ovos e eventuais juvenis recém-eclodidos na suspensão final foi determinado com o auxílio da lâmina de Peters sob microscópio óptico. Este número foi empregado para se obter o fator reprodutivo (FR= população final do nematoide (Pf)/ população inicial (Pi)). Plantas que proporcionaram FR igual ou maior que 1,0 foram denominadas suscetíveis (S), menor que 1,0, resistentes (R) e igual a 0 imunes (Oostenbrink 1966).

Os resultados da variável fator de reprodução foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ para atender às pressuposições da análise de variância. Os dados foram analisados pelo programa Sisvar 5.3 (Ferreira 2010) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo experimento, para avaliar o efeito de diferentes níveis de inóculo de *M. enterolobii*, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em que foram avaliados doze tratamentos, em um esquema fatorial de 6x2, sendo seis níveis de inóculo (Pi= 0, 333, 1.000, 3.000, 9.000 ou 27.000 ovos + J2 do nematoide, equivalentes à 0, 0,19, 0,55, 1,66, 5,0 e 15 ovos + J2/ cm³ de substrato) e duas cultivares de beterraba (Early Wonder e Boro). Cada tratamento foi repetido dez vezes e cada vaso contendo uma planta foi considerado uma parcela experimental.

Para obtenção das plantas, a semeadura e o desbaste manual foram conduzidos conforme metodologia descrita no primeiro experimento. A suspensão do inóculo do nematoide foi obtida a partir de raízes de tomate 'Rutgers' infectadas, utilizando-se da técnica de Hussey e Barker (1973), modificado por Bonetti e Ferraz (1981), sendo a concentração determinada a partir da contagem em lâmina de Peters, sob microscópio óptico, como descrito anteriormente. A infestação do substrato foi feita individualmente com 2 mL da suspensão aquosa de cada nível de inóculo de *M. enterolobii*, em dois orifícios feitos ao redor do colo das plantas, como relatado anteriormente. As médias de temperatura durante a condução do experimento foram obtidas como citado anteriormente.

Aos 80 dias após a inoculação, foram avaliadas as seguintes características das plantas: altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, índice de galhas e de massas de ovos e o fator de reprodução do nematoide. A altura da parte aérea foi determinada com auxílio de uma régua graduada em cm, medindo a distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta. O comprimento e o diâmetro da raiz foram obtidos com auxílio de um paquímetro graduado em mm. A massa fresca da parte aérea e da raiz foi determinada pela pesagem em balança analítica com precisão de 0,1 g. A massa seca da parte aérea e da raiz foi obtida após a secagem dos materiais em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingir massa constante, sendo assim determinada pela pesagem em balança analítica com precisão de 0,1 g. A avaliação dos índices de galhas (IG) e de massas de ovos (IMO) e do fator de reprodução (FR) foi conduzida seguindo a metodologia citada anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de efeito significativo para níveis de inóculo de acordo com o teste F a 5% de probabilidade, foi realizada a análise de regressão para verificar o efeito dos níveis de inóculo nas características avaliadas. Para comparar as cultivares foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo programa estatístico Sisvar 5.3 (Ferreira 2010).

Resultados

A reprodução de *M. enterolobii*, expressa em FR, demonstrou que todas as cultivares de beterraba foram suscetíveis a esta espécie de *Meloidogyne*, visto que propiciaram o aumento populacional do nematoide (FR>1,0). Apesar disto, verificou-se grande diferença entre os genótipos, com FR variando entre 15,94 e 41,60, com diferenças estatísticas entre eles. A viabilidade do inóculo foi comprovada pelo alto valor do FR (52,57) obtido no tomate 'Rutgers' (Tabela 1). Os valores médios do IG e IMO atribuído às cultivares de beterraba foram elevados, entre 4,8 a 5,0 e mostraram que houve relação com o FR do nematoide, o qual variou de 15,94 a 41,60.

Entre as cultivares, Boro foi a que apresentou maior FR, ou seja, se comportou como a mais suscetível à reprodução do nematoide, com valores superiores aos das cultivares Jolie, Katrina, Early Wonder e Betollo. As cultivares Kestrel e Rubra não diferiram estatisticamente das demais cultivares.

Tabela 1 Índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO), fator de reprodução (FR) e reação a *Meloidogyne enterolobii* em sete cultivares de beterraba e tomate 'Rutgers', aos 60 dias após a inoculação.

Cultivares	IG	IMO	FR ¹	Reação
Jolie	4,8	4,8	15,94 a ³	S ²
Katrina	5,0	5,0	19,80 a	S
Early Wonder	5,0	5,0	19,91 a	S
Betollo	5,0	5,0	20,14 a	S
Kestrel	5,0	5,0	23,78 ab	S
Rubra	5,0	5,0	27,63 ab	S
Boro	5,0	5,0	41,60 bc	S
Tomate 'Rutgers' ⁴	5,0	5,0	52,57 c	S
CV (%)	-	-	16,22	-

¹ FR= população final (Pf)/ população inicial (Pi= 3.000).

² S= suscetível (FR ≥ 1,0) (Oostenbrink, 1966).

³ Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

⁴ Tomate 'Rutgers' – padrão de suscetibilidade.

O efeito das densidades iniciais de inóculo de *M. enterolobii* nas cultivares Early Wonder e Boro foi significativo para todas as características avaliadas.

Houve efeito quadrático para o FR de *M. enterolobii* nas cultivares Early Wonder e Boro, com máximo FR estimado em 43,22 e 43,33, respectivamente, para o nível de aproximadamente 9.000 ovos + J2 em ambas as cultivares. O aumento do nível de inóculo foi correspondente ao aumento do FR do nematoide até o ponto máximo, havendo a partir deste, declínio na multiplicação da população do nematoide (Figura 1).

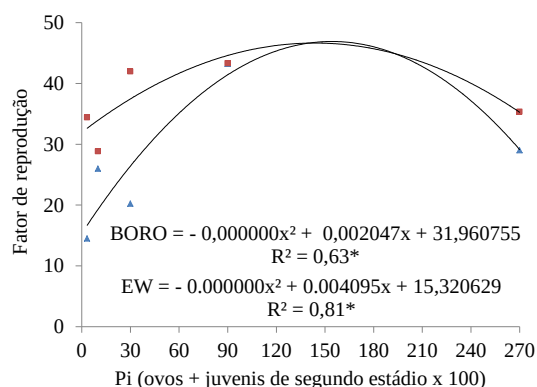


Figura 1 Fator de reprodução de *Meloidogyne enterolobii* nas beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder' (EW) inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi).

O aumento do nível inicial de inóculo de *M. enterolobii* proporcionou aumento no IG e IMO das cultivares Early Wonder e Boro, sendo atribuídas notas máximas para os níveis populacionais de 3.000, 9.000 e 27.000 ovos + J2 do nematoide. Entre as duas cultivares de beterraba, 'Boro' mostrou-se mais suscetível ao parasitismo do nematoide em função das maiores médias do IG e IMO nos menores níveis de inóculo (Tabela 2).

Tabela 2 Médias observadas do índice de galhas (IG) e de massa de ovos (IMO) em função dos níveis iniciais de inóculo de *Meloidogyne enterolobii* nas cultivares 'Early Wonder' e 'Boro' aos 80 dias após a inoculação.

Níveis de inóculo (ovos + J2)	Early Wonder		Boro	
	IG	IMO	IG	IMO
0	-	-	-	-
333	1,8	1,8	3,2	3,2
1.000	4,0	4,0	4,2	4,2
3.000	5,0	5,0	5,0	5,0
9.000	5,0	5,0	5,0	5,0
27.000	5,0	5,0	5,0	5,0

A aparência das raízes das duas cultivares de beterrabas inoculadas com densidades acima de 3.000 ovos + J2 de *M. enterolobii* mostrou-se comprometida, com presença de fêmeas internamente e galhas típicas do parasitismo de *Meloidogyne* spp. (Figura 2). As raízes das plantas inoculadas com densidades populacionais de 333 e 1.000 ovos + J2 do nematoide, também continham galhas, porém, menos acentuadas.

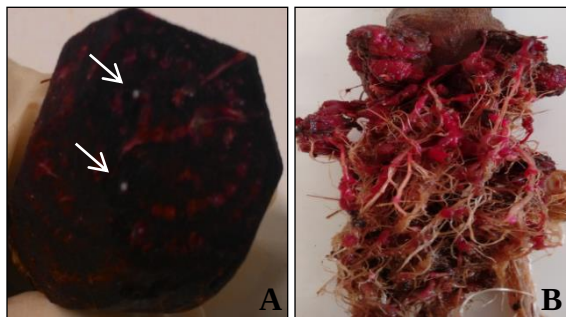


Figura 2 Sintomas típicos do parasitismo de *Meloidogyne enterolobii* em beterraba 'Boro'. A) Fêmeas no interior da raiz tuberosa (Pi= 3.000 ovo + J2 de *M. enterolobii*); B) Galhas em raízes (Pi= 27.000 ovo + J2 de *M. enterolobii*).

Houve redução linear para todas as características vegetativas e das raízes das cultivares Boro e Early Wonder à medida que o nível inicial de inóculo de *M. enterolobii* aumentou (Figura 3).

Para a variável altura da parte aérea, as testemunhas da beterraba 'Early Wonder' e 'Boro' apresentaram médias de 45,81 e 46,69 cm, respectivamente. O parasitismo de *M. enterolobii* em ambas as cultivares afetou significativamente a altura da parte aérea independente da densidade inicial de inóculo. Em 'Early Wonder', os valores médios da altura das plantas variaram de 43,34 cm (333 ovos + J2 do nematoide) a 27,80 cm (27.000 ovos + J2 do nematoide), enquanto que em 'Boro', a variação foi de 41,30 cm (333 ovos + J2 do nematoide) e 25,60 cm (27.000 ovos + J2 do nematoide). Para cada 1.000 ovos + J2 do nematoides houve redução média de 0,6 cm na altura de ambas as cultivares.

O comprimento e o diâmetro da raiz também foram reduzidos à medida que houve o aumento do nível populacional do nematoide nas cultivares em estudo. Para o comprimento da raiz, as médias de 'Early Wonder' variaram de 5,72 cm (testemunha) a 3,02 cm (27.000 ovos + J2 do nematoide) e para 'Boro', a variação foi de 5,69 cm (testemunha) a 2,98 cm (27.000 ovos + J2 do nematoide). Para o diâmetro da raiz, os valores médios de 'Early Wonder' variaram de 3,50 cm (testemunha) a 1,92 cm (27.000

ovos + J2 do nematoide) e na 'Boro' a variação foi de 3,64 cm (testemunha) a 1,66 cm (27.000 ovos + J2 do nematoide). Para cada 1.000 ovos + J2 de *M. enterolobii*, houve redução média de 0,094 cm (0,94 mm) e 0,098 cm (0,98 mm) no comprimento da raiz de 'Early Wonder' e 'Boro', respectivamente. Para o diâmetro de raiz, as reduções médias foram de 0,057 cm (0,57 mm) e 0,062 cm (0,62 mm) para Early Wonder e Boro, respectivamente.

A mesma tendência foi observada para a massa fresca e seca da parte aérea, com redução de valores à medida que houve aumento populacional do nematoide. As testemunhas de 'Early Wonder' e 'Boro' apresentaram para a massa fresca da parte aérea valores médios de 47,53 e 47,12 g, respectivamente. Para a massa seca da parte aérea, as médias das testemunhas de Early Wonder e Boro foram de 4,42 e 4,26 g, respectivamente. As plantas inoculadas com *M. enterolobii* em comparação à testemunha apresentaram significativas perdas, independente do nível inicial de inóculo. Os prejuízos mais expressivos ocorreram ao nível de 27.000 ovos + J2 do nematoide, quando 'Early Wonder' e 'Boro' apresentaram médias de 20,91 e 19,01 g para a massa fresca da parte aérea, enquanto que para a massa seca da parte aérea, as médias foram de 1,59 e 1,70 g, respectivamente. A cada 1.000 ovos + J2 do nematoide houve perdas de 0,84 g (840 mg) e 0,86 g (860 mg) na massa fresca da parte aérea das cultivares Early Wonder e Boro, respectivamente. Para a massa seca da parte aérea, as perdas foram de 0,093 g (93 mg) e 0,082 g (82 mg), respectivamente.

A massa fresca e seca da raiz apresentaram a mesma tendência das demais variáveis, devido ao efeito linear observado em ambas as cultivares à medida que se aumentou a densidade populacional do nematoide. Para a massa fresca da raiz, os valores médios de Early Wonder variaram de 55,30 a 39,58 g e para Boro, a variação observada foi de 56,07 a 38,24 g. Para a massa seca da raiz, as médias de 'Early Wonder' variaram de 4,90 a 3,09 g e para 'Boro' a variação foi de 4,80 a 2,24 g. Para a massa fresca da raiz a cada 1.000 ovos + J2 de *M. enterolobii* houve reduções de 0,569 g (569 mg) para 'Early Wonder' e 0,634 g (634 mg) para 'Boro', enquanto que para a massa seca da raiz as reduções foram de 0,051 g (51 mg) e 0,084 g (84 mg) para as respectivas cultivares.

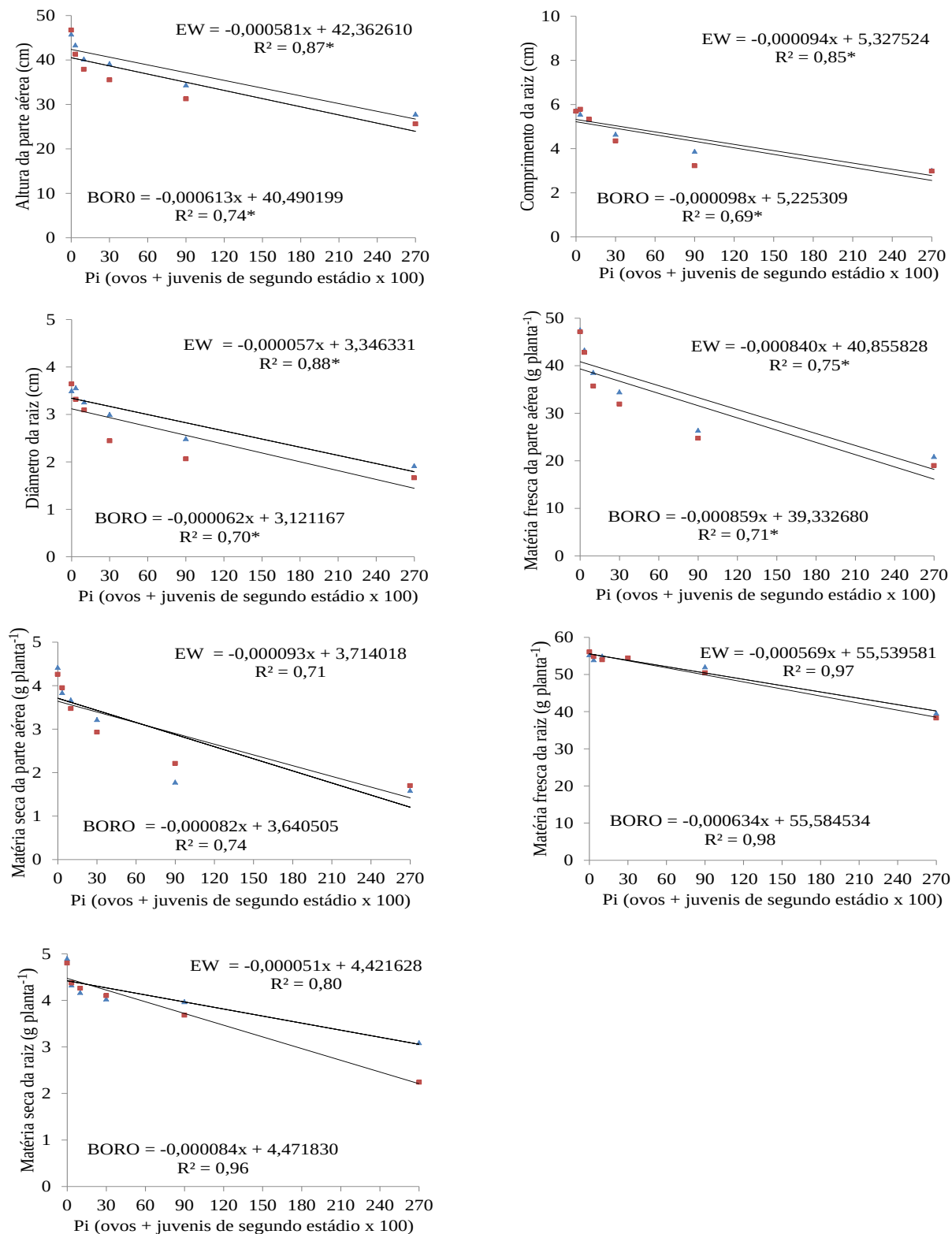


Figura 3 Altura da parte aérea, comprimento e diâmetro da raiz, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, massa da matéria fresca e seca da raiz das beterrabas 'Early Wonder' (EW) e 'Boro' inoculadas com diferentes níveis iniciais de inóculo (Pi) de *M. enterolobii*.

Somente para o fator de reprodução a interação entre as cultivares e o nível de inóculo inicial (Pi) do nematoide foi significativo. A cultivar Boro, quando comparada com a Early Wonder, apresentou menores valores para altura da parte aérea e diâmetro das raízes, enquanto que para as outras características os valores foram equivalentes, não diferindo estatisticamente (Tabela 3). O fator de reprodução de *M. enterolobii* na beterraba 'Boro' foi superior ao da 'Early Wonder' nas densidades populacionais de 333 e 3.000 ovos + J2 do nematoide, sendo correspondentes nos demais níveis de inóculo (Tabela 4).

Tabela 3 Comparação das médias da altura da parte aérea (APA), comprimento (CR) e diâmetro da raiz (DR), massa da matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria fresca (MFR) e seca da raiz (MSR) nas cultivares de beterraba 'Early Wonder' e 'Boro' aos 80 dias após a inoculação de *Meloidogyne enterolobii*.

Cultivares	APA	CR	DR	MFPA	MSPA	MFR	MSR
	-----cm-----			-----g-----			
Early Wonder	38,5 a	4,7 a	2,9 a	35,2 a	3,1 a	51,7 a	4,1 a
Boro	36,4 b	4,6 a	2,7 b	33,6 a	3,1 a	51,3 a	3,9 a
CV (%)	12,88	12,42	19,62	18,80	22,55	12,96	16,78

CV (%)= coeficiente de variação; médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 Fator de reprodução de *Meloidogyne enterolobii* nas cultivares de beterraba 'Early Wonder' e 'Boro' em função dos níveis de inóculos do nematoide.

Cultivares	Níveis de inóculo de <i>Meloidogyne enterolobii</i>				
	333	1.000	3.000	9.000	27.000
Early Wonder	14,5 b	25,9 a	20,2 b	43,2 a	29,0 a
Boro	34,4 a	28,8 a	41,9 a	43,3 a	35,4 a
CV (%)	37,39				

CV (%)= coeficiente de variação; médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Discussão

Todos os genótipos de beterraba permitiram a sobrevivência e a reprodução de *M. enterolobii*, com FR superior a 1,0. Isto indica que o plantio destas cultivares em áreas infestadas com *M. enterolobii* ou o cultivo sucessivo desses genótipos com culturas hospedeiras, como tomate, pepino e pimentão, podem acarretar no aumento da população nematológica do solo, o que pode provocar a queda da produção.

Entre as cultivares de beterraba, a grande variação na capacidade reprodutiva de *M. enterolobii*, FR entre 15,90 a 41,60, demonstra a existência de diferença genética entre os genótipos, sendo um indicativo importante para programas de melhoramento genético que busquem resistência de beterraba aos nematoides das galhas. Esta diferença entre os genótipos também foi observada para *M. javanica* em casa de vegetação, em que todas as cultivares de beterraba foram suscetíveis, com FR entre 3,45 a 9,16 (Rosa et al. 2013). A suscetibilidade da cultivar Early Wonder a *M. enterolobii*, concorda com relatos anteriores (Rosa et al. 2015). No entanto, apesar de suscetível, foi uma das que apresentaram menores FR que, aliado ao fato de ainda ser uma das mais cultivadas no Brasil (Corrêa et al. 2014), foi fator determinante na sua escolha para o segundo experimento.

Os altos valores do IG e IMO atribuídos às cultivares de beterraba indicam que a população de *M. enterolobii* presente no substrato penetrou e induziu o parasitismo, e consequentemente, os genótipos responderam de forma expressiva ao parasitismo do nematoide. Tal fato demonstra que o IG e IMO podem ser utilizados como parâmetros auxiliares na avaliação de resistência desta cultura, de modo a auxiliar na interpretação dos dados finais. Além disto, a aparência das raízes foi muito comprometida, que as inviabilizam para comercialização.

A temperatura média durante a execução do experimento foi de 26 °C e provavelmente tenha contribuído para os altos valores do IG e IMO, visto que os nematoides parasitos de plantas têm o seu ciclo biológico alterado em função da temperatura a que estão submetidos, sendo que temperaturas entre 25 e 30°C são as mais favoráveis. Em tomate 'Easypeel' (suscetível) e 'Rossol' (resistente, portador do gene *Mi-1.2*), a taxa de desenvolvimento de *M. hispanica* foi significativamente diferente

nas temperaturas de 15, 20, 25, 30 e 35 °C, no qual o aumento da penetração dos juvenis infectantes (J2) nas raízes foi correlacionado com a da temperatura (Maleita et al. 2012).

Os parâmetros relacionados à reprodução de *M. enterolobii* e às características vegetativas e das raízes das beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder' foram significativamente afetados pelos níveis iniciais de inóculo do nematoide. Isto se justifica, uma vez que os nematoides das galhas na presença de um hospedeiro favorável apresentam curto ciclo de vida, o que permite que a população aumente à medida que a cultura atinja a maturidade, podendo ocasionar perda no rendimento e redução na qualidade do produto comercial (Mukhtar et al. 2013).

O aumento do nível inicial de inóculo de *M. enterolobii* foi correspondente ao aumento do FR, com exceção para $P_i = 27.000$ ovos + J2 uma vez que houve redução na multiplicação do nematoide. Esta redução pode ser atribuída à competição entre os espécimes por sítios de penetração e alimentação, desencadeada pela diminuição da área radicular. Estudos comprovam que há relação inversa entre a densidade populacional inicial de inóculo e a reprodução de nematoides em plantas hospedeiras. A taxa de reprodução de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. hispanica* foi significativamente reduzida à medida que densidades iniciais de inóculo aumentaram nos tomates 'Easypeel', 'Moneymaker', 'Motelle' e 'VFNT-Cherr', pepino 'Super Amélia' e alface 'Vitória de Santo Antão', mantidos em casa de vegetação (Peixoto et al. 2011; Charegani et al. 2012; Maleita et al. 2012).

Os valores médios do IG e IMO das cultivares 'Early Wonder' e 'Boro' foram correspondentes ao aumento da densidade populacional de *M. enterolobii*, com notas máximas atribuídas a partir da $P_i = 3.000$ ovos + J2 do nematoide. Aumentos nas densidades iniciais de inóculo de *M. incognita* e *M. javanica* resultaram em aumentos significativos no IG e IMO da pimenta 'Anaheim', tomate 'Castle Rock' e batatas doces 'Kayode', 'TIS 4400-2' e 'TIS 70357-OP-1-79' (El-Sherif et al. 2007; Osunlola e Fawole 2015).

Nas raízes das cultivares Early Wonder e Boro, as galhas típicas do parasitismo de *Meloidogyne* spp. foram evidentes e proporcionais às densidades de inóculo do nematoide, sendo visualmente mais evidentes quando inoculadas com populações

iniciais acima de 3.000 ovos + J2 de *M. enterolobii*. Os danos ocasionados pelo parasitismo dos nematoides das galhas podem ser expressos pela redução de produção ou então pela depreciação da qualidade do produto a ser comercializado (Oliveira 2007). Isto se aplica à cultura da beterraba, visto que os sintomas ocorrem diretamente no produto vegetal a ser comercializado. Na Holanda, *M. chitwood* reduziu o padrão de qualidade da batata 'Désirée' a uma densidade abaixo de 32 J2/g solo⁻¹ (Norshie et al. 2011).

Todas as características vegetativas e das raízes foram significativamente reduzidas pelo parasitismo de *M. enterolobii*, independente da população inicial de inóculo, em ambas as cultivares. A redução dos parâmetros da planta hospedeira constitui um sintoma adicional induzido pelo parasitismo dos nematoides das galhas, uma vez que a restrição do volume da raiz prejudica o funcionamento do sistema radicular e dificulta a translocação de água e nutrientes no interior da planta (Anwar e Javed 2010; Premachandra e Gowen 2015). O importante papel dos nematoides das galhas como drenos de fotoassimilados tem sido relatado na literatura. No Egito, o teor de nitrogênio, fósforo, potássio e clorofila total de beterraba sacarina 'Nejama' foram reduzidos pelo parasitismo de *M. incognita* em três níveis de inóculo, 1.000, 2.000 e 3.000 ovos/ planta (El-Sherif et al. 2013). No Paquistão, a taxa de CO₂ e a concentração de sódio, potássio, ferro, manganês, cobre e zinco em quiabo 'Sabz Pari' foram influenciadas diretamente pela densidade inicial de 1.000, 2.000 e 4.000 J2 de *M. incognita*/ Kg solo⁻¹ (Mukhtar et al. 2013). Informações dessa natureza podem servir como subsídios para explicar a redução verificada nas características vegetativas e das raízes das beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder' quando inoculadas com diferentes populações iniciais de *M. enterolobii*.

Os efeitos de densidades iniciais de inóculo de *Meloidogyne* spp. nos parâmetros vegetativos de culturas agrícolas são essenciais para se estabelecer limiares de danos, prever perdas de produção e planejar programas de manejo de nematoides. No entanto, estudos desta natureza em beterraba de mesa são escassos, sendo encontrados alguns trabalhos com beterraba açucareira. A massa fresca da parte aérea e raiz da beterraba açucareira 'Oscarpoly' foram reduzidas a densidades iniciais de 10.000 e 15.000 ovos + J2 de *M. incognita* em campo, sendo o limite de tolerância

estimado em 10.000 ovos + J2 do nematoide/ planta (Korayem 2006). Os resultados obtidos para a massa fresca da parte aérea e raiz das beterrabas de mesa 'Early Wonder' e 'Boro' foram reduzidas desde a mais baixa população inicial de *M. enterolobii*, distinguindo dos resultados encontrados por Korayem (2006). Isto pode ser em decorrência da variação genotípica das beterrabas e espécies de nematoide das galhas, como também, pelas condições as quais os experimentos foram conduzidos. Ressalta-se que estudos em campo possuem suas vantagens, porém, podem conduzir a resultados insatisfatórios, uma vez que estão sujeitos às influências ambientais (Silva et al. 2011) e desuniformidade no nível de inóculo.

O efeito prejudicial de níveis crescentes de nematoides das galhas sobre os parâmetros vegetativos de hortaliças em casa de vegetação tem sido comprovado. O diâmetro do caule de quatro genótipos de tomate cereja foram reduzidos pela inoculação de densidades populacionais de 2.000, 4.000, 6.000 ou 8.000 ovos + J2 de *M. javanica*/ planta (Belan et al. 2011). A redução da massa seca de plantas de melancia 'Royal Sweet' foi verificada com a inoculação de populações iniciais de 100, 1.000 e 10.000 ovos de *M. incognita*/ 100 cm³ de solo, em que o limite de tolerância foi estimado em 122 ovos do nematoide/ 100 cm³ de solo (Xing e Westphal 2012). O comprimento da parte aérea e raiz e a massa fresca da parte aérea de espinafre 'Yodha' foram reduzidos pelas populações iniciais de 156, 312, 625, 1.250, 5.000 e 10.000 J2 de *M. incognita*/ planta, embora o efeito patogênico tenha sido mais pronunciado na maior densidade populacional, cujo limite de tolerância estimado foi de 156 J2 do nematoide/ planta (Premachandra e Gowen, 2015). A redução do diâmetro e do comprimento da cenoura 'Nerac' foi verificada em todos os doze níveis iniciais de inóculo de *M. chitwood*, com maiores perdas na densidade de 256 J2/ g solo⁻¹ (Heve et al. 2015).

Conclusão

M. enterolobii foi capaz de se reproduzir em todas as cultivares de beterraba avaliadas e reduzir as características vegetativas das beterrabas 'Boro' e 'Early Wonder', com prejuízos proporcionais ao aumento da densidade inicial de inóculo.

Referências bibliográficas

- Anamika, & Simon, S. (2010). New report on occurrence of root-knot disease in *Beta vulgaris*. *Current Nematology*, 21, 71-73.
- Anwar, S. A., & Javed, N. (2010). *Meloidogyne incognita* infecting Dahlia. *Pakistan Journal Zoology*, 42, 348-350.
- Belan, L. L., Alves, F. R., Costa, D. C., Fonseca, S. O., Moraes, W. B., Souza, A. F., & Jesus Júnior, W. C. (2011). Efeitos de densidades crescentes de inóculo de *Meloidogyne javanica* no desenvolvimento vegetativo de genótipos de tomateiro cereja. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, 5, 22-30.
- Bonetti, J. I. S., & Ferraz, S. (1981). Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 6, 553.
- Brito, J. A., Stanley, J. D., Kaur, R., Cetintas, R., Di Vito, M., Thies, J. A., & Dickson, D.W. (2007). Effects of the *Mi-1*, *N* and *Tabasco* genes on infection and reproduction of *Meloidogyne mayaguensis* on tomato and pepper genotypes. *Journal of Nematology*, 39, 327-332.
- Cantu, R. R., Wilcken, S. R. S., Rosa, J. M. O., & Goto, R. (2009). Reação de porta-enxertos de tomateiros a *Meloidogyne mayaguensis*. *Summa Phytopathologica*, 35, 124-126.
- Carneiro, R. M. D. G., Almeida, M. R. A., Braga, R. S., Almeida, C. A., & Gioria, R. (2006). Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes a meloidoginose no estado de São Paulo. *Nematologia Brasileira*, 30, 81-86.
- Charegani, H., Majzoob, S., Hamzehzarghani, H., & Karegar-Bide, A. (2012). Effect of various initial population densities of two species of *Meloidogyne* on growth of tomato and cucumber in greenhouse. *Nematologia mediterranea*, 40, 129-134.

Coolen, W. A., & D'Herde, C. J. (1972). A method for quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent, Belgium: State Nematology and Entomology Research Station. 77.

Corrêa, C. V., Cardoso, A. I. I., Souza, L. G., Antunes, W. L. P. & Magolbo, L. A. (2014). Yield of beet depending on spacing. *Horticultura Brasileira*, 32, 111-114.

Daykin, M. E., & Hussey, R. S. (1985). **Staining and histopathological techniques in nematology.** In: Barker, K. R., Carter, C. C., & Sasser, J. N. An advanced treatise on *Meloidogyne*: biology and control (pp. 39-48). Raleigh: North Carolina State University Graphics.

El-Nagdi, W. M. A. & Youssef, M. M. A. (2015). Population density of *Meloidogyne incognita* under stress of different cropping sequences. *Pakistan Journal of nematology*, 33, 213-215.

El-Sherif, A. G.; A. R. Refaei, M. E. El-Nagar.; Hagar, M. M. Salem. (2007). The role of eggs inoculum level of *Meloidogyne incognita* on their reproduction and host reaction. *African Journal of Agricultural Research*, 2, 159-163.

El-Sherif, A. G., Nour El-Deen, A. H., & Ibrahim, D. S. S. (2013). Pathological effects of *Meloidogyne incognita* eggs on growth of sugarbeet and nematode reproduction under greenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 3368-3371.

Ferreira, D. F. (2010). SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras - MG: UFLA.

Heve, W. K., Been, T. H., Schomaker, C. H., & Teklu, M. G. (2015). Damage thresholds and population dynamics of *Meloidogyne chitwoodi* on carrot (*Daucus carota*) at different seed densities. *Nematology*, 17, 501-514.

Hussey, R. S., & Barker, K. R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* sp., including a new technique. *Plant Disease Report*, 57, 1025-1028.

Korayem, A. M. (2006). Relationship between *Meloidogyne incognita* density and damage to sugar beet in sandy clay soil. *Egypt Journal Phytopatology* 34:61-68.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafós.

Maleita, C., Curtis, R., & Abrantes, I. (2012). Thermal requirements for the embryonic development and life cycle of *Meloidogyne hispanica*. *Plant Pathology*, 61, 1002-1010.

Maleita, C. M. N., Curtis, R. H. C., Powers, S. J., & Abrantes, I. M. O. (2012). Inoculum levels of *Meloidogyne hispanica* and *M. javanica* affect nematode reproduction, and growth of tomato genotypes. *Phytopathologia Mediterranea*, 51, 3, 566–576.

Mashela, P. W. (2016). Interrelations between commercial beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars and *Meloidogyne* species. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 67, 164-168.

Mukhtar, T., Arshad, I., Kayani, M. Z., Hussain, M. A., Kayani, S. B., Rahoo, A. L., & Ashfaq, M. (2013). Estimation of damage to okra (*Abelmoschus esculentus*) by root-knot disease incited by *Meloidogyne incognita*. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 1023-1027.

Norshie, P. M., Been, T. H., & Schomaker, C. H. (2011). Estimation of partial resistance in potato genotypes against *Meloidogyne chitwoodi*. *Nematology*, 13, 477-489.

Oliveira, C. M. G., Tomazini, M. D., Bessi, R., & Inomoto, M. M. (2012). Nematoides. In: Eiras, M.; Galleti, S. R. (org). Técnicas de Diagnóstico de Fitopatógenos (pp. 103-135). São Paulo: Devir Livraria.

Oliveira, C. M. G. (2007). Panorama das doenças e pragas em horticultura: doenças causadas por nematoides. *Biológico*, 69, 85-86.

Oostenbrink, M. (1966). Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen voor Landb Hoogeschool Wageningen*, 66, 3-46.

Osunlola, O. S., & Fawole, B. (2015). Pathogenicity of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6, 47-53.

Peixoto, L. A., Alves, F. R., Moraes, W. B., & Belan, L. L. (2011). Quantificação de danos em alface causado por diferentes níveis de *Meloidogyne incognita* em diferentes tipos de solo. *Enciclopédia biosfera*, 7, 1-12.

Pinheiro, J. B. (2011). Nematoides na cultura da beterraba. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, Circular Técnica, 85.

Premachandra, D. W. T. S., & Gowen, S. R. (2015). Influence of pre-plant densities of *Meloidogyne incognita* on growth and root infestation of spinach (*Spinacia oleracea* L.) (Amaranthaceae) – an important dimension towards enhancing crop production. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 3, 18-26.

Rosa, J. M. O., Westerich, J. N., & Wilcken, S. R. S. (2013). Reprodução de *Meloidogyne javanica* em olerícolas e em plantas utilizadas na adubação verde. *Tropical Plant Pathology*, 38, 133-141.

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, 826-835.

Silva, G. O., Pinheiro, J. B., Vieira, J. V., & Carvalho, A. D. F. (2011). Seleção para resistência de genótipos de cenoura aos nematóides-das-galhas. *Horticultura Brasileira*, 29, 335-341.

Steyn, W. P., Daneel, M. S., & Slabbert, M. M. (2014). Host suitability and response of different vegetable genotypes to *Meloidogyne incognita* race 2 and *Meloidogyne javanica* in South Africa. *International Journal of Pest Management*, 60, 59–66.

Taylor, A. L., & Sasser, J. N. (1978). Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh: North Carolina State University. 111.

Tivelli, S. W., Factor, T. L., Teramoto, J. R. S., Fabri, E. G., Moraes, A. R. A., Trani, P. E., & May, A. Beterraba: do plantio a comercialização. (2011). Campinas: Instituto Agrônômico (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 210). 45.

Wang, Y.F. S., Xiao, S., Huang, Y. K., Zhou, X., Zhang, S. S., & Liu, G. K. (2014). First report of *Meloidogyne enterolobii* on carrot in China. *Plant disease*, 98, 1019.

Xing, L., & Westphal, A. (2012). Predicting damage of *Meloidogyne incognita* on watermelon. *Journal of Nematology*, 44, 127–133.

Youssef, M. M. A., & El-Nagdi, W. M. A. (2015). Host status of some imported sugar beet varieties to *Meloidogyne incognita* in Egypt. *Pakistan Journal of Nematology*, 33, 167-171.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os nematoides das galhas, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* são capazes de se reproduzir em todas as cultivares de beterraba estudadas e reduzir as características vegetativas e das raízes da 'Boro' e 'Early Wonder', com prejuízos proporcionais ao aumento da densidade inicial de inóculo. Isto indica que estas espécies de *Meloidogyne* podem ser consideradas uma ameaça para a produção de beterraba e por isto, salienta-se a importância do monitoramento de plantios em áreas infestadas e a redução do nível populacional pelo uso de práticas fundamentadas no manejo integrado de nematoides.

3 REFERÊNCIAS

ABD-ELGAWAD, M. M. M.; KERLAN, M. C.; MOLINARI, S.; ABD-EL-KAREEM, F.; KABEIL, S. S. A.; MOHAMAD, M. M.; EL-NAGDI, W. A. Histopathological changes and enzymatic activities induced by *Meloidogyne incognita* on resistant and susceptible potato. **International Journal of Phytopathology**, v.1, p. 62-72, 2012.

AL-HAZMI, A. S.; AL-NADARY, S. N. Interaction between *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* on green beans. **Saudi journal of biological sciences**, v.22, p. 570-574, 2015.

ANAMIKA; SIMON, S. New report on occurrence of root-knot disease in *Beta vulgaris*. **Current Nematology**. v.21, p. 71-73, 2010.

ANWAR, S. A.; JAVED, N. *Meloidogyne incognita* infecting Dahlia. **Pakistan Journal Zoology**, v.42, p. 348-350, 2010.

EL-NAGDI, W. M. A. E.; EL FATTAH, A. I. A. E. Cotrolling root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infecting sugar beet using some plant residues, a biofertilizer, compost and biocides. **Journal of Plant Protection Research**, v.51, p. 107-113. 2011.

EL-SHERIF, A. G.; NOUR EL-DEEN, A. H.; E IBRAHIM, D. S. S. Pathological effects of *Meloidogyne incognita* eggs on growth of sugarbeet and nematode reproduction under greenhouse conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p. 3368-3371, 2013.

HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, v. 5, n. 3, p. 394-420, 2013.

KHAEMBAH, E. N.; MALEY, S.; NELSON, W. R. Shorter season options through transplanted fodder beet. **BioRxiv**, v.1, p. 1-4. 2016.

KORAYEM, A. M. Relationship between *Meloidogyne incognita* density and damage to sugar beet in sandy clay soil. **Egypt Journal Phytopatology**, v.34, p. 61-68, 2006.

KORAYEM, A. M.; YOUSSEF, M. M. A.; MOHAMED, M. M. M.; LASHEIN, A. M. S. Plant-parasitic nematodes associated with different plants grown in newly reclaimed area in north west Egypt. **Egyptian Journal of Agronematology**, v.14, p. 127- 136. 2015.

KYNDT, T.; VIEIRA, P.; GHEYSEN, G.; ALMEIDA-ENGLER, J. Nematode feeding sites: unique organs in plant roots. **Planta**, v. 238, p. 807–818. 2013.

PINHEIRO, J. B. **Nematoides na cultura da beterraba**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 10 p. (Circular Técnica, 85).

PREMACHANDRA, D. W. T. S.; GOWEN, S. R. Influence of pre-plant densities of *Meloidogyne incognita* on growth and root infestation of spinach (*Spinacia oleracea* L.)

(Amaranthaceae) – an important dimension towards enhancing crop production. **Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society**, v.3, p. 18-26, 2015.

RAVICHANDRA, N. G. Phytonematodes: Threat to Horticulture. In: RAVICHANDRA, N. G. (Ed). **Horticultural Nematology**. India: Springer. 2014, p. 5-16.

REZBOVÁ, H.; BELOVÁ, A.; SKUBNA, O. Sugar beet production in the European Union and their future trends. **Agris on-line Papers in Economics and Informatics**, v.5, p. 165-178, 2013.

ROSA, J. M. O., WESTERICH, J. N., & WILCKEN, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em olerícolas e em plantas utilizadas na adubação verde. **Tropical Plant Pathology**, v.38, p. 133-141, 2013.

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

SAMUTHIRAVALLI, M.; SIVAKUMAR, M. Interaction of *Meloidogyne incognita* with *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* on tomato. **Annals of Plant Protection Sciences**, v. 16, p. 182-184, 2008.

SILVA, G. O.; PINHEIRO, J. B.; VIEIRA, J. V.; CARVALHO, A. D. F. Seleção para resistência de genótipos de cenoura aos nematóides-das-galhas. **Horticultura Brasileira**, v.29, p. 335-341, 2011.

SILVA, M. C. L.; SANTOS, C. D. G.; SILVA, G. S. Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, p. 710-719, 2016.

STEYN, W. P.; DANEEL, M. S.; SLABBERT, M. M. Host suitability and response of different vegetable genotypes to *Meloidogyne incognita* race 2 and *Meloidogyne javanica* in South Africa. **International Journal of Pest Management**, v. 60, p. 59–66, 2014.

TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.. FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. **Beterraba: do plantio a comercialização**. Campinas: Instituto Agronômico (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 210), 2011. 45 p.

WASSON, A. P.; RAMASY, K.; JONS, M. G. AND MATHESIOUS, U. Differing requirements avenoides during the formation of lateral roots nodules and root-kont nematode galls in *Medicago truncatula*. **New Phytologist**, v. 183, p. 167-179, 2009.

XING, L.; WESTPHAL, A. Predicting damage of *Meloidogyne incognita* on watermelon. **Journal of Nematology**, v.44, p. 127–133, 2012.