



MÁRCIA SOUZA DE OLIVEIRA

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Phaseolusvulgaris*
A NEMATOIDES DAS GALHAS DE CLIMA
TROPICAL E TEMPERADO**

LAVRAS – MG

2016

MÁRCIA SOUZA DE OLIVEIRA

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Phaseolus vulgaris* A NEMATOIDES DAS
GALHAS DE CLIMA TROPICAL E TEMPERADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Márcia Souza de.

Reação de Genótipos de *Phaseolus vulgaris* a Nematoides das galhas de clima tropical e temperado / Márcia Souza de Oliveira. –
Lavras : UFLA, 2016.

85 p. : il.

Orientador(a): Luiz Antônio Augusto Gomes.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

Bibliografia.

1. Nematóide das galhas. 2. Resistência. 3. Feijão. 4. Feijão vagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

MÁRCIA SOUZA DE OLIVEIRA

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Phaseolus vulgaris* A NEMATOIDES DAS
GALHAS DE CLIMA TROPICAL E TEMPERADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 29 de Fevereiro de 2016.

Prof. Dr. Luciano Donizete Gonçalves	IFMG
Profa. Dra. Luciane Vilela Resende	UFLA
Profa. Dra. Sindynara Ferreira	IFSUL de MINAS
Prof. Dr. Matheus de Souza Gomes	UFU

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes
Orientador

LAVRAS – MG
2016

À minha família e meu marido Tadeu, pelo amor, carinho e dedicação!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo presente da vida, por ser luz em meu caminho, por me amparar em cada momento de minha vida.

A minha família, pelo apoio e compreensão.

Ao meu marido Tadeu, pelo afeto, carinho, ajuda, companheirismo, paciência e pela companhia constante durante toda a realização desse trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para a realização do Doutorado. E a Capes pela concessão da bolsa de doutorado e de bolsa sanduíche para a realização do trabalho.

Ao Instituto Ilvo pela oportunidade da realização do Estágio durante um ano.

Ao Professor Dr. Wim Wesemael pela amizade, orientação e por ter me acolhido tão bem durante toda a minha estadia na Bélgica.

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes, pela orientação, paciência, apoio, amizade e conhecimentos transmitidos ao longo da minha pós-graduação.

Ao Professor e amigo Dr. Cleiton, pela amizade, ajuda, paciência e pelos ótimos momentos que passamos juntos durante esses quatro anos de doutorado.

Aos alunos da graduação e da pós-graduação, companheiros de trabalho, pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao pessoal da Horti Agro, pela ajuda na condução de experimentos.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isto,
mas o que ele se torna com isto”.

John Ruskin

RESUMO

A espécie *Phaseolus vulgaris* está sujeita, durante seu ciclo, ao ataque de diversos patógenos de solo e de parte aérea, que podem causar doenças na planta, levando à queda na produtividade. Os nematoides formadores das galhas são considerados um dos principais patógenos responsáveis pela baixa produtividade em lavouras de feijão comum e feijão vagem. Podendo causar danos tanto em locais de clima tropical como em locais de clima temperado, o nematoide das galhas é um patógeno de difícil controle. Entre as práticas de controle dos nematoides está o uso de cultivares resistentes. Assim, foram conduzidas duas atividades de pesquisa nesse trabalho. Na primeira, o objetivo foi conhecer a reação de 64 genótipos de *P. vulgaris* quanto aos nematoides das galhas *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica*. Para *M. incognita* raça 1 foram considerados resistentes os genótipos Aporé, VP-25 e BRS Valente. Para *M. javanica* foi resistente somente a cultivar Aporé. Os genótipos Ouro Vermelho, Radiante e CNFP 10793 apresentaram bons resultados de resistência tanto a *M. incognita* Raça 1 quanto a *M. javanica*, podendo, juntamente com a cultivar Aporé, servir como fontes de resistência a esses nematoides. Na segunda atividade, objetivou-se estudar a reação de nove genótipos de *P. vulgaris* quanto aos nematoides *M. chitwood* de clima temperado e ao *M. enterolobii* de clima tropical e, estudar o mecanismo de resistência frente aos nematoides tropicais *M. javanica* e *M. incognita*. Para *M. chitwood* as cultivares Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro, Talismã e VR 18 mostraram-se altamente resistentes. Já para *M. enterolobii*, apenas as cultivares VR 18 e Aporé apresentaram um bom resultado quando comparado ao controle suscetível. O desenvolvimento da espécie *Meloidogyne javanica* dentro das raízes é mais lento do que da espécie *Meloidogyne incognita*. Para ambas as espécies de nematoides *M. javanica* e *M. incognita*, as cultivares VR 18, Talismã e Aporé obtiveram bom desempenho podendo serem utilizados em programas de melhoramento de *P. vulgaris*. Aporé foi considerada uma possível cultivar armadilha.

Palavras-chave: Nematoide das galhas. Resistência. Feijão. Feijão vagem.

ABSTRACT

Along cycle of *Phaseolus vulgaris*, some soil pathogens attacks can occur, resulting in diseases that can drop the productivity. The root-knot nematodes are considered one of the main pathogens responsible for low productivity in common bean crops and snap bean. This soil pathogens can damage both in tropical and temperate climates, being a difficult control. Among the control practices of nematodes is the use of resistant cultivars as the more efficient. In this sense, we conducted two research activities in this work. The first had as goal a screening of the reaction of 64 genotypes of *P. vulgaris* against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* race 1 and *M. javanica*. To *M. incognita* race 1 were considered resistant bean genotypes Aporé, VP-25 and BRS Valente. Only Aporé was resistant to *M. javanica*. Ouro Vermelho, Radiante and HFFS 10793 had good resistance results to both *M. incognita* race 1 and *M. javanica*, suggesting that they are able, along with Aporé, to serve as resistance sources of these nematodes. In the second work we aimed to study the reaction of nine genotypes of *P. vulgaris* against the temperate nematode *M. Chitwood* and the tropical nematode *M. enterolobii* and also study the mechanism of resistance facing the tropical nematode *M. javanica* and *M. incognita*. The cultivars Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macaráo Rasteiro, Talismã and VR 18 were highly resistant to *M. Chitwood*. For *M. enterolobii*, only VR 18 and Aporé cultivars showed a good result when compared to the susceptible control. Our results suggest that the development of *M. javanica* in the bean roots is slower than the species *M. incognita*. For both species of nematodes *M. javanica* and *M. incognita*, cultivars VR 18, Talismã and Aporé had a good performance and can be used in *P. vulgaris* breeding programs. Aporé was considered a possible trap genotype to root-knot nematodes.

Keywords: Root-knot nematodes. Resistance. Bean. snap-beans.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 3

- Figura 1- Desenvolvimento de *Meloidogyne* spp, em raízes de tomate. (A) Juvenil do segundo estágio, (B) Juvenil Inchado, (C) Fêmea nas raízes, (D) Fêmeas isoladas..... 71
- Figura 2- Número médio de nematoides por cultivares de feijão, feijão vagem e tomate nos diferentes estádios de desenvolvimento de *Meloidogyne javanica*, dentro de raízes em diferentes tempos após a inoculação. Letras diferentes por estágio de desenvolvimento indicam diferenças significativas entre as cultivares ($P < 0,05$)..... 73
- Figura 3- Número médio de nematoides por cultivares de feijão, feijão vagem e tomate nos diferentes estádios de desenvolvimento de *Meloidogyne incognita*, dentro de raízes em diferentes tempos após a inoculação. Letras diferentes por estágio de desenvolvimento indicam diferenças significativas entre as cultivares ($P < 0,05$)..... 76

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 2

Tabela 1-	Classificação da reação das plantas aos nematoides (Moura e Régis 1987).....	39
Tabela 2-	Coefficientes de correlação de Pearson entre número total de ovos, ovos por grama de raiz ($Ov.g^{-1}$), Fator de reprodução (FR), Redução do fator de reprodução (RFR), massa de raízes (M. raiz) e massa de parte aérea (M. aé) para plantas de feijão.....	45
Tabela 3-	Valores médios da massa de raízes de plantas de feijão e população de <i>Meloidogyne incognita</i> Raça 1 por grama de raízes, do fator de reprodução (FR), da redução do fator de reprodução (RFR) e classificação da reação de genótipos de feijão aos 45 dias da inoculação de 10.000 ovos por planta.	46
Tabela 4-	Valores médios da massa de parte aérea e de raízes de plantas de feijão e população de <i>Meloidogyne javanica</i> por grama de raízes, do fator de reprodução (FR), da redução do fator de reprodução (RFR) e classificação da reação de genótipos de feijão aos 45 dias da inoculação de 10.000 ovos por planta.....	48

CAPITULO 3

Tabela 1-	Índice de reprodução (IR) de <i>Meloidogyne chitwood</i> e <i>Meloidogyne enterolobii</i> , grau de resistência (GR) de sete cultivares de feijão comum, duas cultivares de feijão vagem e uma cultivar de tomateiro utilizada como testemunha padrão de suscetibilidade ¹	65
-----------	---	----

SUMÁRIO

	CAPITULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	A Cultura do feijão.....	19
2.2	Nematoide de galhas em <i>Phaseolus vulgaris</i>.....	21
2.3	A resistência a <i>Meloidogyne</i> spp. em <i>Phaseolus vulgaris</i>.....	24
	REFERÊNCIAS.....	27
	CAPÍTULO 2 REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO	
	(<i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.) A <i>MELOIDOGYNE</i>	
	<i>INCOGNITA</i> RAÇA 1 E <i>MELOIDOGYNE</i>	
	<i>JAVANICA</i>.....	32
1	INTRODUÇÃO.....	35
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	51
	CAPÍTULO 3 DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO	
	(<i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.) A NEMATOIDES	
	DE CLIMA TROPICAL E TEMPERADO.....	53
1	INTRODUÇÃO.....	57
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
2.1	Obtenção do inóculo dos nematoides.....	59
2.2	Seleção para <i>M. enterolobii</i> e <i>M. chitwood</i>.....	60
2.3	Desenvolvimento de <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i> nas raízes de	
	feijão.....	62
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
3.1	Seleção para <i>M. enterolobii</i> e <i>M. chitwood</i>.....	65
3.2	Desenvolvimento de <i>Meloidogyne javanica</i> e <i>M. incognita</i> em	
	raízes de feijão.....	69
4	CONCLUSÃO.....	81
	REFERÊNCIAS.....	83

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Dono de um importante papel na alimentação brasileira, o feijão comum é um produto agrícola de suma importância social e econômica no nosso país. É também um dos componentes mais importantes na dieta da população brasileira, fornecendo diariamente vitaminas, minerais, carboidratos, fibras e proteínas para os consumidores desse alimento.

Apresentando vagens maiores e com reduzido teor de fibras, o feijão vagem é pertencente a mesma espécie do feijão comum. É também um alimento que fornece vitaminas, minerais e fibras.

Dentre as espécies de *Phaseolus*, *Phaseolus vulgaris* L., a qual é pertencente o feijão comum e o feijão vagem, é a mais cultivada, alcançando a marca de mais de 100 países produtores em todo o mundo. Seu ciclo pode variar de 65 a 250 dias, dependendo das condições climáticas e também da cultivar utilizada. Durante a permanência do feijoeiro no campo, esse está sujeito à ocorrência de diversas doenças causadas por diferentes patógenos como fungos, bactérias, vírus e nematoides, podendo comprometer a produtividade e a qualidade do produto.

Incluído no gênero *Meloidogyne* spp., os nematoides das galhas são parasitas obrigatórios de várias espécies de plantas em grande parte do mundo. Esse fitoparasita prejudica as plantas pela ação nociva sobre o sistema radicular, afetando dessa maneira a fisiologia da planta. A reprodução dos nematoides de galhas em raízes de feijoeiro é um indicativo de tolerância, resistência ou suscetibilidade de linhagens, permitindo a seleção de plantas eficientes na redução da população desses. Entre os nematoides do gênero *Meloidogyne* de importância podem-se destacar alguns de clima tropical, como *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne enterolobii* e também de clima temperado, como *Meloidogyn echitwood*.

Para o controle deste patógeno, podem-se empregar práticas culturais como revolvimento do solo, irrigação após revolvimento, alqueive, inundação, adubação verde, solarização, rotação de cultura e ainda utilizando-se de controle químico com o uso de nematicidas aplicados diretamente no solo. A eficiência desses métodos não é sempre confirmada. Os produtos químicos podem deixar resíduos no solo, contaminando as águas, assim como podem contaminar a própria planta, deixando resíduos no produto comercial, acarretando riscos para a alimentação humana. Por outro lado, o uso de cultivares resistentes mostra-se como uma alternativa eficiente no controle dessa enfermidade, já que, seu uso é de baixo custo e não causa danos ao meio ambiente e ao homem. No entanto, a resistência ao gênero *Meloidogyne* em feijoeiro tem sido pouco explorada. Torna-se importante conhecer a reação de diferentes genótipos a diferentes espécies de nematoides de clima tropical e temperado.

Atualmente, estudos apontam que há cultivares as quais apresentam resistência moderada, mas que não conseguem reduzir satisfatoriamente a reprodução do parasita. Por outro lado, há também cultivares que podem funcionar como uma cultura armadilha permitindo que o nematoide penetras raízes, mas de alguma forma impedindo a sua reprodução no interior delas. Essas ditas culturas armadilhas, podem exercer um importante papel no controle desse patógeno, reduzindo a infestação de determinadas espécies no solo sem perder a produtividade esperada. Aliar o uso dessas cultivares a outras práticas de manejo pode ser uma saída inteligente para países tropicais e de clima temperado que sofrem com a presença desse patógeno. Assim, justifica-se testar materiais que possam fornecer resultados satisfatórios não só para o Brasil, mas também para outros locais de clima tropical ou temperado que são afetados pelas perdas causadas pelos nematoides das galhas.

Assim, objetivou-se neste trabalho identificar genótipos de feijão que apresentem resultados ligados a resistência aos nematoides *M. chitwood* de

clima temperado e *M. enterolobii* de clima tropical, de interesse para o Brasil e também para países de clima temperado, e ainda estudar o mecanismo de desenvolvimento das espécies de clima tropical *M. javanica* e *M. incógnita* no interior das raízes de cultivares de feijão e feijão vagem.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura do feijão

Das cinquenta e cinco espécies pertencentes à família Fabaceae, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada no mundo, tendo um importante papel social e económico, devido principalmente a mão de obra empregada durante seu ciclo. Reconhecida como uma excelente fonte proteica, o feijão está entre os principais componentes da dieta alimentar do brasileiro fornecendo vitaminas, fibras, carboidratos e compostos fenólicos (ABREU, 2005). Este alimento é fonte importante de energia para mais de 500 milhões de pessoas, especialmente nas regiões em desenvolvimento do planeta (BORÉM e CARNEIRO, 2006). É considerada a leguminosa mais consumida, recebendo o título de ingrediente-símbolo da gastronomia nacional (RG NUTRI IDENTIDADE NUTRIÇÃO, 2016).

A planta do feijão é anual herbácea, podendo ser trepadora ou não, com forma de crescimento determinado ou indeterminado, característica essa que é variável de acordo com o tipo de caule. Se a planta apresentar o caule e os ramos laterais terminando em inflorescência e possuir um número limitado de nós o crescimento é dito determinado, por outro lado, se a planta possuir um caule principal com crescimento contínuo, apresentando sucessões de nós e entre nós e inflorescência axilares o crescimento é dito indeterminado. As folhas são constituídas de três folíolos, em formato de coração, com disposição alternada, sendo uma central ou terminal, simétrico, e dois laterais, opostos e assimétricos (CIFEIJÃO, 2016). Os órgãos femininos e masculinos são protegidos caracterizando o feijão como uma planta autógama (VIEIRA, 1960). Superficiais no solo, as raízes do feijoeiro têm a capacidade de fixar nitrogênio do ar através do trabalho de bactérias do gênero *Rhizobium* que levam a

formação de nódulos nas raízes (KUROZAWA, 2014). As sementes dessa cultura apresentam ampla variabilidade de cores e formas. Já o tegumento pode ser de cor uniforme, ou de duas cores, expressa na forma de estrias, pontuações ou mancha, e pode ser opaco, brilhoso ou de brilho intermediário. Essa grande variabilidade nas características externas da semente é um dos critérios utilizados para classificar cultivares de feijão em grupos ou tipos comerciais (SILVA, 2005). Denominado vagem, o fruto do feijoeiro é um legume constituído de duas valvas que são unidas por duas suturas, uma dorsal e outra ventral, sendo sua cor variável de acordo com a cultivar (SILVA, 2005).

No Brasil, feijão vagem, um tipo de feijão comum, está entre as 10 hortaliças mais cultivadas, e a produção é predominantemente baseada na pequena agricultura (PEIXOTO et al., 2001). A cultura dessa hortaliça não tolera temperaturas elevadas e nem tão pouco geadas, ficando a temperatura média de 18 a 30° C ideal para garantir a maior produtividade dessa hortaliça (CAMPO e NEGOCIOS, 2016).

A grande diferença entre feijão comum e feijão vagem se dá na ocorrência de mutações em locos que controlam características de qualidade das vagens, as quais foram selecionadas e recombinadas em hibridação na Europa e/ou Estados Unidos há mais de 150 anos. Portanto, sendo uma forma melhorada do feijão comum, esta cultura apresenta suas vagens sem fibras, textura carnosa, coloração verde-claro, forma plana com 15 a 18 cm de comprimento, além de um mesocarpo espesso e suculento (SILBERNAGEL, 1986; CARPENTIERI-PÍPOLO, et al., 2001; apud FERREIRA, 2010, p. 15).

O Brasil está entre os maiores produtores de feijão comum, com produção estimada em 3.334,6 mil toneladas na safra 2015/2016, em uma área de 3.022,1 mil hectares e produtividade de 1.103 kg.ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2016). Foram comercializadas 7.881 toneladas por ano do feijão-vagem (CEAGESP, 2007).

Na cultura do *Phaseolus vulgaris* L., dependendo das condições climáticas e da cultivar utilizada, o período de campo pode variar de 65 a 250 dias, durante o qual uma grande variedade de pragas e doenças, tais como fungos, bactérias, vírus e nematoides, pode comprometer a produtividade e a qualidade do produto final (AIDAR, 2003).

2.2 Nematóide de galhas em *Phaseolus vulgaris*

Os nematoides das galhas *Meloidogyne* spp., são os fitonematoides economicamente mais importantes nas culturas hortícolas e de campo (JONES et al., 2013). *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* são as espécies mais importantes do mundo (SASSER et al., 1982). Há registros no Brasil de sintomas como redução da parte aérea e massa total de raízes, brotos menos reprodutivos, queda na produção de vagens e grãos devido à infecção causada por *Meloidogynes* pp. (BAIDA et al., 2011).

Apesar de estar fora do grupo dos mais importantes nematoides, a espécie *Meloidogyne enterolobii* vem representando um grande desafio aos produtores. Sendo uma espécie altamente virulenta a diferentes espécies vegetais, o *M. enterolobii* coloca em risco diversas culturas no Brasil, principalmente aquelas de interesse econômico. Apresentando um elevado grau de disseminação e multiplicação, essa espécie é capaz de atingir plantas consideradas resistentes a outras espécies de *Meloidogyne* (CARNEIRO et al., 2006). Já a espécie *M. chitwoodi* é considerada praga quarentenária em diversos países, sendo bem adaptados em ambientes de clima temperado. No Brasil, é classificada com praga quarentenária A1, ou seja, praga exótica não pertencente ao nosso país (EPPO, 2004). Pragas quarentenárias constituem-se ameaça à economia agrícola do país ou região importadora mesmo estando sob controle permanente em outros países e regiões (BARBOSA e PARANHOS, 2016).

Nematoides das galhas são considerados uma das principais pragas responsáveis pela baixa produtividade de feijão no Brasil. Sua prevalência é maior em regiões com altas temperaturas, sendo encontrados em grandes áreas de cultivo do feijoeiro no país (PEDROSA et al., 2000). Segundo Lopes e Santos (1994) os nematoides que atacam as raízes geralmente provocam os mesmos sintomas de deficiência mineral, já que a absorção de nutrientes é dificultada em razão dos danos no sistema radicular. Nesse caso, ocorrem, principalmente, amarelecimento das plantas, tamanho reduzido e murcha da parte aérea. A temperatura ideal para sua multiplicação gira em torno de 25 a 30°C.

O controle dos fitonematoides geralmente é dificultado pelo fato de que esses ficam no solo ou no interior de raízes ou outros órgãos das plantas, sendo que alguns apresentam estruturas de resistência, outros entram em dormência e há os que se reproduzem rapidamente e em grande número (FREITAS, 2003). No interior do sistema radicular, esses nematoides causam distúrbios induzindo a formação de alterações morfofisiológicas, afetando dessa maneira a translocação e absorção de água e nutrientes (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

Em condições favoráveis, o nematoide completa seu ciclo de vida em aproximadamente 28 dias, podendo esse ciclo ser interrompido por temperaturas superiores a 40°C ou inferiores a 5°C (FERRAZ, 2001). Após a deposição dos ovos pelas fêmeas nas superfícies das raízes, ocorrem quatro ecdises até o nematoide atingir a fase adulta (MONTEIRO, 1992). No primeiro estágio, o juvenil, ainda se encontra no interior do ovo e leva o nome de J1 ou juvenil do primeiro estágio; já no segundo estágio, o J2 ou juvenil do segundo estágio, se torna infectante e locomove-se no solo procurando raízes de um hospedeiro suscetível para parasitar, este é o único estágio infectuoso do nematoide das galhas. Para penetrar nas raízes, o juvenil do segundo estágio insere seu estilete no cilindro central das raízes e secreta saliva dentro da célula da planta hospedeira. Essa saliva estimula o aumento da célula da raiz permitindo que o

nematoide se alimenta de parte do conteúdo celular. Dois a três dias no interior da raiz, o J2 já se encontra envolto em cerca de 3 a 7 células aumentadas que se tornam especializadas, conhecidas como células gigantes. No interior das raízes acontece os estádios de J3 e J4. No estágio J3 os nematoides apresentam-se sedentários e obesos (juvenil inchado). Após sofrer a última ecdise o nematoide apresenta aparelho reprodutor completamente formado, caracterizando assim sua fase adulta. O macho adulto (J4) emerge da raiz, ficando livre no solo. As fêmeas por outro lado, continuam no interior das raízes se alimentando (RITZINGER e RITZINGER, 2003). Os ovos postos pelas fêmeas adultas podem ficar do lado de dentro ou de fora da raiz dependendo da posição da fêmea. Esses ovos são protegidos por uma massa gelatinosa e cada fêmea pode produzir aproximadamente de 500 a 2000 ovos (TIHOHOD, 1993).

O controle de nematoides das galhas no Brasil inclui práticas culturais como revolvimento do solo (DIAS et al., 2003), irrigação após revolvimento (DUTRA e CAMPOS 2003), pousio ou alqueive (CAMPOS, 1987), inundações, adubação verde (ACOSTA et al., 1995), rotação de culturas (PAULA JÚNIOR e ZAMBOLIM, 1998), solarização (TRIMAN; MULYADI, 2001) e controle químico aplicado diretamente no solo, que mesmo sendo uma das práticas economicamente viáveis, pode eliminar não só os nematoides, mas também outros microrganismos, devendo ser evitado devido aos agravantes que podem trazer, tais como restos de resíduos no solo, contaminação das águas e eliminação de organismos benéficos da fauna microbiana do solo (FERREIRA et al., 2010). Outra solução é o uso de cultivares resistentes aos nematoides das galhas.

Os termos resistência e suscetibilidade em plantas foram explicados por Cook e Evans (1987). Uma planta resistente não permite a reprodução de nematoides, já uma planta suscetível permite que esse patógeno se multiplique livremente no interior das raízes. Por outro lado, plantas descritas como

tolerantes sofrem pouca lesão mesmo quando altamente atacada por nematoides. Ferreira et al. (2010) referenciaram a resistência e suscetibilidade como a habilidade evidenciada na supressão do desenvolvimento e da reprodução de determinadas espécies de nematoides.

2.3 A resistência a *Meloidogyne* spp. em *Phaseolus vulgaris*

A resistência a *Meloidogyne* spp. tem sido relatada em diversas plantas herbáceas e lenhosas, além de culturas anuais e perenes nas regiões tropicais e temperadas (COOK e STARR, 2006). Em feijão, o controle do nematoide das galhas se dá principalmente pelo uso de práticas culturais como a rotação de culturas, por exemplo. No entanto, segundo Charchar et al., (1995), esta prática pode não ser eficiente quando se trata de feijão vagem. Esta hortaliça é frequentemente cultivada após o cultivo do tomateiro, de modo que cultivos sucessivos numa mesma área podem proporcionar o aumento da densidade populacional do nematoide em um curto período de tempo, o que resulta no declínio prematuro das plantas. A identificação de genótipos de feijão com algum grau de resistência tem sido frequentemente relatada na literatura (MOURA e MOURA, 1994; PEDROSA et al., 2000; SILVA et al., 2005; FERREIRA et. al., 2010), e tornam-se importantes como fonte de resistência a serem utilizadas em programas de melhoramento, tanto de feijão como de feijão vagem.

A reprodução dos nematoides formadores de galhas em raízes de feijoeiro indica níveis de resistência ou tolerância diferentes entre genótipos e, conseqüentemente, permite a separação dos mais eficientes quanto a redução de crescimento populacional das espécies de *Meloidogyne* (SIMÃO et al., 2005). Silva e Campos (2002) também sugerem que há diferença de parasitismo entre

os nematoides, de modo que um mesmo genótipo de feijoeiro pode reagir de forma diferenciada frente às diferentes espécies ou isolados do patógeno.

Simão et al. (2005), trabalhando com *M. javanica*, notaram que as cultivares de feijão Pérola e Iapar 81 foram consideradas tolerantes, pois não foi observada redução na produção de vagens mesmo sob ocorrência de reprodução do nematoide. A cultivar de feijão Aporé está dentre as cultivares disponíveis mais resistentes a *M. incognita* (SILVA et al., 2005). A seleção de linhas através da cultivar Aporé resultou na cultivar Pérola, uma das mais plantadas no Brasil, particularmente sob irrigação de pivô central. Provavelmente, a resistência aos nematoides é uma das razões para seu sucesso (PEREIRA et al., 2002).

Apesar da importância do melhoramento genético e diversos estudos visando resistência aos nematoides das galhas em feijão, esta ferramenta não é muito utilizada, dando lugar ao controle químico ou mesmo à manutenção da produtividade estagnada em níveis aquém do considerado ideal. Cook e Starr (2006) sugerem a existência de algumas possíveis razões para esse desuso da resistência de plantas aos nematoides, tais como: alguns relatos de resistência podem não ter sido precisos; a resistência atualmente disponível está muitas vezes ligada às características indesejáveis; a resistência genética natural tende a ser muito específica para uso em agricultura intensiva. Além disso, a durabilidade das cultivares resistentes pode ser limitada.

Outra razão para a manutenção de métodos convencionais de controle de nematoide em feijão, é que o uso prolongado de uma mesma cultivar resistente ao nematoide pode induzir mudanças em raças dentro da espécie de nematoide, resultando em raças diferentes que levam à quebra da resistência (WILLIAMSON e ROBERTS, 2009). Fontes de resistência precisam ser identificadas, medidas e quantificadas para obtenção de novas cultivares que possam, cada vez mais, reduzir o ciclo evolutivo do nematoide, tentando manter a população abaixo do limiar de dano econômico. Também, para que estas

cultivares sejam utilizadas em programas de melhoramento de plantas, visando aumentar a tolerância ou resistência ao ataque desses fitoparasitas, viabilizando o cultivo desta leguminosa em áreas infestadas (BAIDA et. al 2011).

REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B. **Cultivo do feijão de primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.

ACOSTA, N. et al. *Mucuna deeringiana* soil incorporated vs non-incorporated and yield in subsequent plantings of tomato, beans or corn. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, San José, v. 79, n.1/2, p. 65-74, 1995.

AIDAR, H. **Cultivo do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

BAIDA, F. C. et al. Reação de linhagens de feijão-vagem ao *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis* em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 237-241, 2011.

BARBOSA, F. R.; PARANHOS, B. A. **Pragas quarentenárias**. Brasília: Agência de informação Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_116_24112005115225.html>. Acesso em: 19 jan.2016.

BITENCOURT, N. V.; SILVA, G. Reação de genótipos de fava a *Meloidogyne incognita* e *M. enterolobii*. Comunicado. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, n. 3, 2010.

BORÉM, A.; CARNEIRO, S.E.J. A cultura do feijão. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. 2.ed. Feijão. Viçosa: p. 13-18. UFV. 2006.

CAMPO e NEGOCIOS. Produção de feijão-vagem no Brasil. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/producao-de-feijao-vagem-no-brasil/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

CAMPOS, V. P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. **Summa Phytopathologica**, v.13, n.191-196, 1987.

CARNEIRO, R.G. et al. Identificação de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Campos de Goytacazes, v.30, p.293-298, nov. 2006

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; VIZONI, E.; GIROTO, J. C. M. Determinação do melhor período para realização de cruzamento artificial em feijão-vagem, *Phaseolus vulgaris* L., em Londrina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1191-1193, set./out. 2001.

CHARCHAR, J.M. *Meloidogyne* em hortaliças. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 19; **Encontro Anual da Organização dos Nematologistas da América Tropical**, 27., 1995, Rio Quente. Programa e anais... Rio Quente: SBN/ONTA, 1995. p.149- 153.

CIFEIJÃO. Centro de Inteligência no Feijão: **Aspectos botânicos**. Disponível em: <http://www.cifeijao.com.br/index.php?p=aspectos_botanicos>. Acesso em: 06 jan. 2016

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2016.

COOK, R.; EVANS, K. Resistance and tolerance. In: BROWN, R.H.; KERRY, B.R. (Ed.). **Principles and practice of nematode control in crops**. London: Academic Press, 1987. p. 179–231.

COOK, R., STARR, J.L. Resistant cultivars, in **Plant Nematology**, ed. By Perry RN and Moens M. CABI, Wallingford, Oxon, UK, pp. 370–391 (2006).

DAYKIN, M.E.; HUSSEY, R.S. Staining and histopathological techniques in nematology. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (Ed.). **An advanced Treatise on *Meloidogyne*: methodology**. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. p. 39–48.

DIAS, W.P.; ASMUS, G.L.; CARNEIRO, G.E. de S. Manejo integrado de nematoides na cultura da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 30-33, 2003. Suplemento.

DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 6, p.608-614, Nov./Dez. 2003.

EPPO: European and Mediterranean plant protection organization. *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax*. **EPPO Bulletin**, v. 34, n. 2, p. 315-320, 2004.

FERRAZ, L.C.C.B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J.F.V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: EMBRAPA - Soja, 2001. p. 15-38.

FERREIRA, Agmar Gonçalves. **Caracterização morfológica, citogenética e palinologia de genótipos de feijão-vagem *Phaseolus vulgaris* L. (FABACEAE)**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/gmpm/3470.pdf>>. Acesso em: ago. 2010.

FERREIRA, S. et al. Resistance of dry bean and snap bean cultivars to root-knot nematodes. **HortScience**, Amsterdam, v. 45, n. 2, p. 320-322, Feb. 2010.

FREITAS, L.G. O controle biológico dentro do contexto de manejo integrado de nematoides. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p.24-29, 2003. Suplemento.

JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E.G. J.; GAUR, H.S.; HELDER, J.; JONES, M.G.K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J.E.; WESEMAEL, W.M.L.; PERRY, ROLAND N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, v.14, p.946–961, 2013.

KUROZAWA, C. Feijão-vagem. Disponível em: <<http://globo.com/GRural/0,270623,LTP0-4373-0-L,00.html>>. Acesso em: 17 jun. 2014.

LOPES, C.A.; SANTOS, J.R.M. dos. **Doenças do tomateiro**. Brasília: EMBRAPA-CNP/EMBRAPA-SPI, 1994. 61p.

MONTEIRO, A. R. Características gerais dos nematóides. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 5-13, 1992.

MOURA, A. M., MOURA, R. R. Comportamento de genótipos de *Phaseolus vulgaris* em relação aos nematoides *Meloidogyne incognita* Raça 1 e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira** 18: 50-54, 1994.

PAULA JUNIOR, T. J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 373-433.

PEDROSA, E. M. R.; MOURA, R. M.; SILVA, E. G. Respostas de genótipos de *Phaseolus vulgaris* a Meloidoginoses e alguns mecanismos envolvidos na reação. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 190-196, 2000.

PEIXOTO, N. et al. Seleção de linhagens de feijão-vagem de crescimento indeterminado para cultivo no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 19, n. 1, p. 85–88, mar. 2001.

PEREIRA, J. M., VIEIRA, R. F., MARRARA, L. O. Reação de cultivares e linhagens de feijão à murcha-de-fusarium. **Revista Ceres**49: 71-74, 2002.

RGNUTRI IDENTIDADE NUTRIÇÃO. O feijão na alimentação do brasileiro. Disponível em: <<http://rgnutri.com.br/sqv/saude/fab.php>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

CAPÍTULO 2

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) A
MELOIDOGYNE INCOGNITA RAÇA 1 E *MELOIDOGYNE JAVANICA***

RESUMO

Dentre os principais patógenos que acometem a cultura do feijão, os nematoides formadores de galhas se destacam, sendo responsáveis por perdas da ordem de até 90% em produtividade. Identificar genótipos capazes de manter a produtividade em níveis aceitáveis, mesmo sob forte pressão de inóculo é um dos principais objetivos de programas de melhoramento voltados à resistência a esses patógenos. Dois ensaios independentes para avaliação da reação de resistência a *Meloidogyne incognita* Raça 1 e *Meloidogyne javanica* foram realizados com cinquenta e oito genótipos de feijão e seis genótipos de feijão vagem, nas dependências da Hortiagro Sementes S/A, junto ao Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia da UFLA, na Fazenda Palmital, em Ijaci, MG. A condução foi feita no delineamento de blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas plantas entre setembro e dezembro de 2011, novembro de 2012 e janeiro 2013. As plantas foram conduzidas em vasos de 3Kg em estufa coberta, sendo inoculadas com 10.000 ovos por planta aos quinze dias da germinação. Aos quarenta e cinco dias depois da inoculação, o sistema radicular de cada planta foi colhido e submetido à extração dos ovos. Foram obtidos dados de número de ovos por grama de raiz e calculados o Fator de Reprodução e a Redução do Fator de Reprodução, sendo esta, utilizada para classificação do nível de resistência. Para o ensaio com *M. javanica* foram ainda coletados dados de massa de parte aérea. Não se detectou interação genótipo de feijão x espécie de nematoide. O comportamento dos genótipos divergiu entre os ensaios, indicando diferentes reações de resistência conforme a espécie de nematoide avaliada. Nenhum genótipo foi classificado como Altamente Resistente, no entanto, para *M. incognita* Raça 1 foram considerados resistentes os genótipos Aporé, VP-25 e BRS Valente, enquanto para *M. javanica* foi resistente somente a cv. Aporé. Os genótipos Ouro Vermelho, Radiante e CNFP 10793 apresentaram bons resultados de resistência tanto a *M. incognita* Raça 1 quanto a *M. javanica*, podendo servir como fontes de resistência para programas de melhoramento. Houve correlação significativa entre massa de raiz e número de ovos. A correlação entre reprodução do nematoide e massa de parte aérea foi nula.

Palavras-chave: Feijão. Nematoide das galhas. Resistência.

ABSTRACT

Among the major pathogens that attack the bean crop are the root-knot nematodes, accounting for losses of up to 90% in productivity. Identify genotypes able to keep productivity at acceptable levels even under high inoculum pressure is one of the main objectives of breeding programs aimed at resistance to these pathogens. Two independent tests to assess resistance to *Meloidogyne incognita* Race 1 and *M. javanica* were implanted with fifty-eight bean and six snap bean genotypes on Hortiagro Sementes LTDA. in Ijaci city, MG. The design was randomized block with three replications and two plants plots between September and December 2011 and November 2012 and January 2013. The plants were cultivated in 3Kg's pots in a greenhouse covered and inoculated with 10,000 eggs per plant on the fifteenth day of germination, and at forty-five days of the inoculation the root systems of each plant were harvested and the nematodes's eggs were to extracted. Data of number of eggs per gram of root had been obtained and the Reproduction Factor and Reduction of Reproduction Factor were calculated and used for classification of resistance. In the *M. javanica* test we also collected data on shoot mass. Bean genotype x nematode species's interaction hasn't been find. However, the general behavior of genotypes differed between each of the tests. No genotype was classified as highly resistant. For *M. incognita* Race 1 Aporé, VP-25 and BRS Valente were resistant, while for *M. javanica* only Aporé was resistant. Ouro Vermelho, Radiante and CNFP 10793 have good resistant to both *M. incognita* Race 1 and *M. javanica* and they can serve as sources of resistance for breeding programs to these nematodes. There was significant correlation between root mass and number of eggs. The correlation between nematode reproduction and shoot mass was null.

Keywords: Beans. Root-Knot Nematodes. Resistance.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Este alimento apresenta grande importância na mesa do brasileiro, principalmente para a população de baixa renda, sendo a principal fonte de proteína na alimentação uma vez que está presente no mercado a um baixo custo e fácil acesso.

Em 2013, a área estimada de feijão no Brasil foi da ordem de 2,8 milhões de ha com uma produção de 2,9 milhões de toneladas, resultando numa produtividade média pouco maior a uma tonelada por ha. Os principais Estados produtores são Paraná com 23,9%, Minas Gerais com 18,6% e Goiás com 9,8% de participação na produção nacional (IBGE, 2013). Apesar de ser o maior produtor em volume, o Brasil fica em produtividade atrás de Estados Unidos, China e Argentina, com produtividades médias de 1,94, 1,61 e 1,13 toneladas por ha, respectivamente (FAO, 2013). Dentre as causas dessa baixa produtividade, está o ataque de doenças, destacando-se os nematoides formadores de galhas em raízes, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*. Esses patógenos podem levar a quedas de até 90% na produtividade de feijão, sendo sua ocorrência predominante em regiões com elevadas temperaturas.

Alguns dos principais sintomas do ataque de nematoides em feijão são o tamanho desigual de plantas, a murcha nas horas mais quentes do dia e o nanismo. Outros sintomas típicos da interferência dos nematoides no desenvolvimento fisiológico do feijoeiro são a redução da parte aérea e da massa total de raízes, menor número de gemas reprodutivas, de vagens e de grãos, com consequente queda na produção. O comprometimento do sistema radicular se dá pela formação de células gigantes, hiperplasia e hipertrofia de células, levando ainda a sintomas graves de deficiências nutricionais que se refletem na parte aérea, resultando num declínio vagaroso da planta.

Problemas que dificultam o desenvolvimento do sistema radicular, como camada compactada de solo, excesso ou falta de calagem e períodos de déficit hídrico, principalmente, podem agravar os sintomas do parasitismo de nematoides, comprometendo o desenvolvimento normal do sistema radicular que é de fundamental importância para o estabelecimento da planta e para a sua capacidade produtiva.

Sendo de difícil controle, os fitonematoides geralmente ficam no solo ou no interior de raízes ou outros órgãos das plantas, sendo que alguns apresentam estruturas de resistência, outros entram em dormência e há os que se reproduzem rapidamente e em grande número. Para o controle desse patógeno, a prática mais usual tem sido a utilização de produtos químicos, porém, estes são altamente tóxicos e de elevada capacidade residual, o que pode causar problemas à saúde e ao meio ambiente.

Assim, cresce a cada dia a busca por outras práticas de controle que se apresentem de forma mais viável e segura para os produtores. Neste contexto, o uso de cultivares resistentes pode ser uma alternativa promissora no controle dos nematoides. É de suma importância caracterizar a reação de diferentes genótipos de feijão à infestação por *Meloidogyne* para que se possa obter cultivares resistentes que poderão ser utilizadas em programas de melhoramento.

Neste enfoque, foram realizados dois experimentos independentes com 64 genótipos de *P. vulgaris* visando identificar sua reação quanto aos nematoides das galhas *M. incognita* raça 1 e *M. javanica*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Cinquenta e oito genótipos de feijão e seis de feijão vagem foram avaliados quanto a resistência a *M.incognita* raça 1 e *M. javanica*. Os ensaios foram conduzidos nas dependências da HortiAgro Sementes S/A, junto ao Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia da UFLA, na Fazenda Palmital, localizada no município de Ijaci, MG. O primeiro ensaio, de resistência a *M. incognita* raça 1, foi realizado entre setembro e novembro de 2011 e o segundo, de resistência a *M. javanica* entre novembro de 2012 e janeiro de 2013. O delineamento para cada ensaio foi o de blocos casualizados com três repetições e parcelas de dois vasos com uma planta cada. Juntamente com as plantas de feijão, foram conduzidas plantas de tomate cv. Sta Clara para verificar a viabilidade do inóculo.

Para obtenção das plantas fez-se a semeadura de três sementes em vaso plástico de três litros, previamente preenchido com um substrato composto de terra, areia e esterco bovino na proporção de 2:1:1, respectivamente. Após a emergência foi realizado um desbaste deixando uma planta por vaso. Quinze dias após a semeadura fez-se a inoculação do substrato com os ovos dos nematoides. Os inóculos foram provenientes de plantas de tomateiro cultivar Santa Clara, suscetível a *Meloidogyne* spp., mantidas em casa de vegetação, em vasos de 10 dm³.

O preparo do inóculo foi feito segundo a metodologia de Boneti e Ferraz (1981). As raízes contendo galhas foram cortadas em pedaços de 0,5 cm de comprimento e trituradas em liquidificador por 45 segundos em solução com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 0,5%. Em seguida, a suspensão foi vertida em peneira de 0,074 mm (200 mesh) sobre peneira de 0,028 mm (500 mesh) de abertura, com água de torneira abundante, evitando-se sempre o jato d'água diretamente sobre o material. O material coletado nessa última peneira,

composto de uma suspensão de ovos e uma pequena quantidade de substrato, foi separado por flotação centrífuga por 5 min a 2.000 r.p.m. e 1 min a 1.600 r.p.m., de modo a separar os ovos da terra. Os ovos foram colhidos com o auxílio de uma pisceta em beakers de vidro e, em seguida, levados ao microscópio estereoscópico no qual se fez sua contagem para ajuste da suspensão em caixinhas de contagem contendo alíquotas de 1 mL.

Para a inoculação, utilizou-se de uma seringa de uso veterinário para distribuir os ovos ao redor do caule de cada planta a uma distância de 1,5cm de raio. Foram feitas cinco aplicações de 2mL de suspensão, cada uma contendo 2.000 ovos, totalizando 10.000 ovos por planta.

Quarenta e cinco dias após a inoculação as plantas foram retiradas dos vasos para a avaliação. As raízes foram lavadas em água parada para retirar o substrato aderido a elas. Em seguida foram secas com papel toalha obtendo-se a massa do sistema radicular e a massa da parte aérea (em gramas), sendo essa última somente para o experimento com *M. javanica*. Em seguida as raízes foram picadas com tesoura em segmentos de 0.5 cm de comprimento, procedendo-se à extração dos ovos de acordo com técnica de Boneti e Ferraz (1981). Ao final fez-se a contagem do número de ovos encontrados em cada sistema radicular, utilizando microscópio estereoscópico, correspondendo à população final de nematoides. Em seguida a população do nematoide foi quantificada em ovos.g de raiz⁻¹ e calculados o Fator de Reprodução (FR) e a Redução do Fator de Reprodução (RFR), para classificação dos genótipos de feijão quanto à reação de resistência aos nematoides (Tabela 1). O cálculo do FR foi dado pela razão entre o número final de ovos (Pf) e o número de ovos inoculado (Pi). A RFR foi obtida pela fórmula $RFR = \left(\frac{FRp - FRC}{FRp} \right) \times 100$, em que FRp e FRC correspondem, respectivamente, ao FR da cultivar suscetível padrão, cv. Bolinha e da cultivar avaliada.

Tabela 1- Classificação da reação das plantas aos nematoides (Moura e Régis 1987).

RFR	Classificação	Simbologia
≥ 100	Altamente Resistente ou Imune	AR
$\leq 96 < 100$	Resistente	R
$\leq 76 < 96$	Pouco Resistente	PR
$\leq 51 < 76$	Moderadamente Resistente	MR
$\leq 26 < 51$	Suscetível	Simbologia
< 26	Altamente Suscetível	AS

As análises estatísticas foram realizadas no programa Sisvar (FERREIRA, 2003) e precedidas pela verificação da normalidade dos resíduos associados à parcela através do teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade. Os dados obtidos foram então submetidos ao teste F da análise de variância e ao teste de comparação múltipla de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade de erro, com transformação dos dados referentes a número de ovos por grama de raiz por $\ln(X)$ e Fator de Reprodução por \sqrt{X} . Por fim, foram realizados os cálculos de correlação de Pearson para verificar as relações entre as características de massa das plantas e a reprodução do nematoide.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classificações das cultivares de feijão quanto à resistência aos nematoides estão dispostas nas Tabelas 3 e 4. Os resultados dos números de ovos por grama de raiz de plantas de tomate conduzidas nos dois ensaios confirmam a viabilidade dos inóculos. Nenhuma cultivar foi classificada como altamente resistente ou imune. Nos dois ensaios a cultivar Aporé foi classificada como resistente. Esse resultado é consistente e corrobora o apresentado no trabalho de Ferreira et al. (2010) no qual, apesar de os autores terem utilizado outra escala de notas, esta mesma cultivar foi classificada como levemente resistente a *M. incognita* Raça 1 e muito resistente a *M. javanica*.

Os genótipos VP-25 e BRS-Valente foram classificados como resistentes a *M. incognita* Raça 1, porém, muito suscetíveis a *M. javanica*. Uma possível explicação para essa divergência de comportamento, perante diferentes espécies do nematoide, pode ser dada mediante a análise dos valores de RFR, demasiadamente menores no ensaio com *M. javanica*. Tal fato pode ter se dado em função das altas temperaturas registradas durante a condução do ensaio com *M. javanica*, o que pode ter influenciado na redução da massa de raízes, levando, inclusive à perda de dois tratamentos nesse ensaio, Macarrão Rasteiro e Macarrão Rasteiro Conquista. Assim, ao se observar o comportamento da cultivar padrão suscetível Bolinha, que reduziu a massa de raízes de 33,98 gramas no ensaio com *M. incognita* para apenas 2,78 gramas no ensaio com *M. javanica*, pode-se considerar que essa redução levou, conseqüentemente, à queda do número total de ovos, o que por sua vez elevou o valor do Fator de Reprodução resultando nos baixos valores de RFR encontrados para VP-25 e BRS Valente. Essa mesma redução também foi observada na cv. de tomate Sta Clara, que reduziu a massa de raízes de 61,41 gramas no primeiro ensaio para 22,66 gramas no segundo.

A mesma explicação pode ainda ser dada para a queda na classificação da resistência observada para os genótipos de feijão vagem (em negrito nas Tabelas 3 e 4). Para o primeiro ensaio, as classificações da resistência foram condizentes com as encontradas por Ferreira et al. (2010). Já no segundo ensaio, foram observadas quedas para todos os genótipos avaliados, ocorrendo inclusive, genótipos classificados como Muito Suscetíveis, o que não ocorreu no primeiro ensaio para nenhum dos genótipos avaliados. Mesmo diante dessas reduções de massa de raízes, alguns genótipos comportaram-se como mais resistentes à *M. javanica* em comparação com *M. incognita*, a exemplo de VP-18.163, CNFP 11992, BRS Campeiro, BRS Vereda, Radiante, VR-17, VC-3 e VP-27, que foram Moderadamente Resistentes no primeiro ensaio e Pouco Resistentes no segundo. O melhor comportamento desses genótipos no segundo ensaio, mesmo diante da influência das altas temperaturas relatadas acima, sugere que os mesmos podem ser possíveis fontes de resistência a *M. javanica*. Além da cv. resistente Aporé, níveis aceitáveis de resistência para os dois nematoides, simultaneamente, foram verificados apenas para os genótipos CNFP 10793, Ouro Vermelho e Radiante, que foram Pouco Resistentes nos dois ensaios.

A cultivar Pérola, derivada da seleção de linhas da cultivar resistente Aporé, foi classificada como Moderadamente Resistente a *M. incognita* raça 1 e Muito Suscetível a *M. javanica*. Esses resultados vão de encontro aos de Simão et al. (2005), quando os autores detectaram, através do elevados valores de Fator de Reprodução, que ainda assim, essa cultivar apresenta uma boa tolerância ao nematoide, de modo a permitir sua reprodução sob a mínima pressão de inóculo sem, contudo, comprometer a produção de vagens. No presente trabalho não foram coletados dados de produção, mas a média de massa de raiz da cultivar Pérola foi estatisticamente igual à da cultivar resistente Aporé nos dois ensaios, assim como massa da parte aérea, considerando o ensaio com *M. javanica*.

Concomitantemente, ao se utilizar a classificação com base apenas no FR a cv. Pérola seria classificada como suscetível também ao *M. incognita*. No entanto, baseando-se nos critérios utilizados por Moura e Régis (1987), que para uma melhor classificação do comportamento dos genótipos utiliza os aspectos parasitológicos, que levam em conta valores de RFR, que propiciam uma maior amplitude de classificação da resistência, apresenta-se como moderadamente resistente.

Wesemael e Moens (2011), trabalhando com resistência de feijão a *M. chitwoodi*, encontraram resultados semelhantes ao da cultivar Pérola ao avaliarem a resistência da cultivar de feijão Polder. Segundo os autores, o nematoide pode penetrar nas raízes, porém não é capaz de se reproduzir levando a uma queda na população de nematoides no solo. Os autores avaliaram também a produtividade e a mesma não foi afetada pela alta concentração inicial de nematoide no solo. Desta forma, o mesmo mecanismo de resistência pode estar envolvido com a cultivares Aporé, que não permitiu uma boa reprodução do nematoide nos dois ensaios, tendo em vista os baixos valores de FR, 0,23 para *M. incognita* e 0,06 para *M. javanica*. Apesar de os dados de produção não terem sido avaliados, é possível inferir que a capacidade dessa cultivar de inibir a reprodução do nematoide, a exemplo da cultivar Polder no trabalho de Wesemael e Moens, não é afetada.

De acordo com o descrito acima é possível não haver, para alguns genótipos, relação entre produtividade das plantas e resistência, de modo a ocorrerem tanto genótipos tolerantes quanto intolerantes ao nematoide com produções semelhantes. As correlações apresentadas na Tabela 2 reforçam essa hipótese. Foram detectados valores baixos, porém significativos entre massa de raiz e números de ovos, FR e RFR para os dois ensaios, indicando que quanto mais raízes, maior tende a ser o número de ovos. Não houve correlação significativa entre número de ovos e massa de parte aérea para *M. javanica*,

reforçando a possibilidade de boa produtividade de vagens e grãos, mesmo sob altas taxas de reprodução do nematoide para alguns genótipos. Algumas cultivares apresentaram altos valores de massa de parte aérea e baixa reprodução do nematoide, a exemplo das cultivares Talismã, Ouro Vermelho, VR-17 e VP-29 (Tabela 4). Outras cultivares, ao contrário, apresentaram baixos valores de massa parte aérea e alta reprodução do nematoide, como as cultivares Jalo EPP 12 e BRS Esplendor. Essa divergência entre valores de massa de parte aérea e reprodução do nematoide leva a uma ideia de não relação dessas características, tornando possível genótipos com boas produtividades mesmo sob alta reprodução do nematoide, a exemplo das cultivares Pérola (SIMÃO et al. 2005) e Polder (WESEMAEL e MOENS, 2011), dependendo, evidentemente, da espécie de nematoide.

Os resultados obtidos neste trabalho não são claros quanto a uma possível interação genótipo de feijão x espécie de nematoide. Para confirmar essa hipótese torna-se necessário a realização de um ensaio contendo genótipos resistentes e suscetíveis sob influência das duas espécies simultaneamente. Com isso, seria possível identificar diferentes comportamentos de um genótipo resistente frente a diferentes espécies, o que em parte, explicaria alguns relatos de quebra de resistência já que uma cultivar recomendada como resistente a *M. incognita*, por exemplo, pode não o ser a *M. javanica*.

4 CONCLUSÃO

Houve divergência da resistência dos genótipos em cada um dos ensaios. Para *M. incognita* Raça 1 foram considerados resistentes os genótipos Aporé, VP-25 e BRS Valente, enquanto para *M. javanica* foi resistente somente a cv. Aporé.

Os genótipos Ouro Vermelho, Radiantee CNFP 10793 apresentaram bons resultados de resistência tanto a *M. incognita* Raça 1 quanto a *M. javanica*, podendo, juntamente com a cultivar Aporé, servir como fontes de resistência a esses nematoides.

A correlação entre reprodução do nematoide e massa de parte aérea foi nula.

Tabela 2- Coeficientes de correlação de Pearson entre número total de ovos, ovos por grama de raiz (Ov.g⁻¹), Fator de reprodução (FR), Redução do fator de reprodução (RFR), massa de raízes (M. raiz) e massa de parte aérea (M. aé) para plantas de feijão.

	<i>M. incognita Raça 1</i>				<i>M. javanica</i>				
	Ovos	Ov.g ⁻¹	FR	RFR	Ovos	Ov.g ⁻¹	FR	RFR	M. aé
M. raiz	0.26**	-0.12 ^{n.s.}	0.26**	-0.26**	0.16*	0.004 ^{n.s.}	0.16*	-0.16*	0.36**
Ovos		0.82**	1.00**	-1.00**		0.90**	0.99**	-0.99**	0.05 ^{n.s.}
Ov.g ⁻¹			0.82**	-0.82**			0.90**	-0.90**	-0.02 ^{n.s.}
FR				-1.00**				-0.99**	0.05 ^{n.s.}

*, ** Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

n.s. = não significativo

Tabela 3- Valores médios da massa de raízes de plantas de feijão e população de *Meloidogyne incognita* Raça 1 por grama de raízes, do fator de reprodução (FR), da redução do fator de reprodução (RFR) e classificação da reação de genótipos de feijão aos 45 dias da inoculação de 10.000 ovos por planta.

Genótipos ¹	<i>Meloidogyne incognita</i> raça 1				
	M. Raízes (g)	Ovos/g	FR	RFR	Reação
Aporé	32.58 a*	2.88 a	0.23 a	98.95	R
Talismã	81.5 b	4.00 a	0.69 a	89.43	PR
VP-25	21.04 a	4.05 a	0.35 a	97.67	R
VR 169	59.43 a	4.25 a	0.63 a	92.67	PR
BRS Valente	21.06 a	4.47 a	0.45 a	96.19	R
BRSEsplendor	42.44 a	4.48 a	0.70 a	89.35	PR
CNFP 11980	120.89 b	4.51 a	1.16 a	72.07	MR
M. Atibaia	40.33 a	4.75 a	0.79 a	84.83	PR
CNFC-11965	31.93 a	4.78 a	0.60 a	93.67	PR
VCIII-2	28.5 a	4.81 a	0.57 a	94.11	PR
VC-17	42.09 a	4.85 a	0.78 a	86.50	PR
VC-18	24.66 a	4.89 a	0.83 a	84.07	PR
Ouro Negro	51.82 a	4.99 a	0.95 a	80.31	PR
RAD/E550-284	81.81 b	5.01 a	1.09 a	79.40	PR
PT-68	19.75 a	5.09 a	0.53 a	94.74	PR
CNFP 10793	23.01 a	5.12 a	0.61 a	93.36	PR
PT-65	35.65 a	5.18 a	1.06 a	69.40	MR
VC-22	43.4 a	5.20 a	0.88 a	86.73	PR
VP-27	52.03 a	5.22 a	1.28 a	58.43	MR
VR-14	58.98 a	5.27 a	1.08 a	79.34	PR
MAIV-18.254	89.65 b	5.28 a	1.41 a	60.61	MR
CNFP 11990	31.11 a	5.30 a	0.82 a	87.26	PR
CNFC 15288	41.15 a	5.34 a	0.92 a	85.43	PR
Macarrão Trepador	34.39 a	5.36 a	0.90 a	84.53	PR
Ouro Vermelho	46.41 a	5.40 a	1.02 a	80.95	PR
VP-28	44.23 a	5.40 a	1.00 a	81.85	PR
CVIII-5	54.09 a	5.41 a	1.32 a	54.29	MR
BRS Timbó	34.13 a	5.42 a	0.90 a	85.37	PR

“Tabela 3, continua”...

Genótipos ¹	<i>Meloidogyne incognita</i> raça 1				
	M. Raízes (g)	Ovos/g	FR	RFR	Reação
VP-26	66.88 b	5.50 a	1.03 a	81.42	PR
VR-158	37.32 a	5.51 a	1.04 a	78.68	PR
Macarrão Favorito	32.7 a	5.52 a	0.91 a	84.85	PR
VP-24	51.33 a	5.61 a	1.18 a	75.24	PR
Radiante	17.62 a	5.64 a	0.83 a	83.94	PR
M. Rasteiro Conquista	35.01 a	5.65 a	0.98 a	83.45	PR
RCII-2.19	54.01 a	5.68 a	1.32 a	66.19	MR
CNFC 10408	49.89 a	5.77 a	1.42 a	56.32	MR
MAIV-18.259	96.65 b	5.79 a	1.78 a	45.59	MR
Macarrão Preferido	28.57 a	5.80 a	0.91 a	85.43	PR
VP-29	47.1 a	5.81 a	1.22 a	74.26	MR
CNFC-10432	23.35 a	5.85 a	0.93 a	83.58	PR
VC-21	50.81 a	5.85 a	1.34 a	67.23	MR
Macarrão Rasteiro	60.39 a	5.86 a	1.62 a	43.31	S
VP-18.163	73.34 b	5.87 a	1.60 a	55.20	MR
VC-20	34.53 a	5.90 a	1.25 a	67.26	MR
Jalo EEP12	40.65 a	5.90 a	1.23 a	71.69	MR
VR-18	32.43 a	5.92 a	1.09 a	78.35	PR
VR-17	28.3 a	5.94 a	1.30 a	59.27	MR
EMB-4	39.67 a	5.95 a	1.21 a	73.57	MR
CNFP 11992	35.15 a	5.96 a	1.34 a	59.37	MR
VC-19	44.34 a	6.00 a	1.43 a	60.46	MR
Pérola	47.83 a	6.00 a	1.40 a	61.54	MR
CNFP 11977	33.26 a	6.02 a	1.26 a	67.37	MR
CNFC 10763	42.99 a	6.02 a	1.46 a	53.55	MR
BRS Vereda	37.32 a	6.06 a	1.25 a	72.09	MR
RC2 RAD-155	38.57 a	6.10 a	1.33 a	68.23	MR
CNFR x 152754	50.84 a	6.12 a	1.57 a	54.30	MR
VC-3	22.78 a	6.28 a	1.16 a	73.91	MR
EMB-14	28.83 a	6.30 a	1.38 a	58.05	MR
BRS Campeiro	47.03 a	6.32 a	1.62 a	53.22	MR
VC-23	46.12 a	6.38 a	1.69 a	44.49	S

“Tabela 3, conclusão”...

Genótipos¹	<i>Meloidogyne incognita</i> raça 1				
	M. Raízes (g)	Ovos/g	FR	RFR	Reação
CNFP 10103	37.8 a	6.41 a	1.45 a	63.44	MR
MAIV-15.204	56.29 a	6.45 a	1.90 a	35.61	S
Bolinha	33.98 a	6.87 a	2.13 a	Padrão	Padrão
EMB-9	37.39 a	6.96 a	1.93 a	35.57	S

* Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade; ¹Genótipos em negrito são de feijão vagem.

Tabela 4- Valores médios da massa de parte aérea e de raízes de plantas de feijão e população de *Meloidogyne javanica* por grama de raízes, do fator de reprodução (FR), da redução do fator de reprodução (RFR) e classificação da reação de genótipos de feijão aos 45 dias da inoculação de 10.000 ovos por planta.

Genótipos¹	<i>Meloidogyne javanica</i>					
	M. Aérea (g)	M. Raízes (g)	Ovos/g	FR	RFR	Reação
CNFP 10793	3.64 a*	14.14 a	2.44 a	0.12 a	91.08	PR
VP-18.163	5.97 a	12.26 a	3.02 a	0.16 a	84.84	PR
Aporé	4.6 a	2.63 a	3.04 a	0.06 a	97.31	R
CNFP 11992	2.86 a	22.61 a	3.46 a	0.13 a	85.43	PR
Talismã	12.42 c	13.04 a	3.60 a	0.25 a	53.53	MR
VC-17	3.55 a	13.03 a	3.62 a	0.21 a	73.85	MR
BRS Campeiro	2.79 a	7.68 a	3.67 a	0.15 a	87.20	PR
Ouro Vermelho	7.97 b	9.88 a	3.70 a	0.18 a	78.98	PR
PT-68	4.6 a	8.16 a	3.81 a	0.2 a	70.09	MR
EMB-14	4.01 a	7.15 a	3.81 a	0.21 a	62.09	MR
VR-17	8.35 b	9.17 a	3.95 a	0.19 a	76.91	PR
EMB-9	9.48 b	12.46 a	4.06 a	0.4 a	-75.92	MS
CNFP 11977	5.95 a	7.69 a	4.06 a	0.22 a	67.22	MR
MAIV-15.204	7.16 b	11.69 a	4.07 a	0.26 a	61.61	MR

“Tabela 4, continua”...

Genótipos ¹	<i>Meloidogyne javanica</i>					
	M. Aérea (g)	M. Raízes (g)	Ovos/g	FR	RFR	Reação
VC-3	3.6 a	6.45 a	4.12 a	0.2 a	75.88	PR
BRS Vereda	4.06 a	4.94 a	4.12 a	0.18 a	79.35	PR
Macarrão						
Trepador	5.91 a	11.54 a	4.13 a	0.34 a	-10.27	MS
Radiante	5.3 a	6.26 a	4.14 a	0.2 a	78.02	PR
VR-158	3.89 a	8.17 a	4.14 a	0.23 a	67.21	MR
VCIII-2	4.86 a	4.39 a	4.20 a	0.20 a	68.24	MR
VR-18	7.8 b	5.91 a	4.28 a	0.22 a	65.04	MR
MAIV-18.259	5.88 a	11.83 a	4.30 a	0.34 a	8.10	MS
VC-20	4.09 a	7.41 a	4.51 a	0.30 a	39.66	S
VC-21	8.7 b	8.3 a	4.43 a	0.26 a	61.87	MR
VP-27	1.86 a	4.67 a	4.50 a	0.19 a	76.03	PR
BRS Valente	5.93 a	29.28 a	4.51 a	0.45 a	-67.10	MS
VP-26	3.4 a	7.14 a	4.53 a	0.25 a	64.08	MR
RC2 RAD-155	2.86 a	6.26 a	4.53 a	0.33 a	44.68	S
VC-23	6.76 b	8.29 a	4.60 a	0.33 a	17.57	MS
M. Atibaia	9.8 c	16.65 a	4.61 a	0.69 a	-165.65	MS
CNFP 11990	3.15 a	3.81 a	4.64 a	0.21 a	71.68	MR
Ouro Negro	3.75 a	4.96 a	4.67 a	0.21 a	73.67	MR
MAIV-18.524	5.9 a	18.66 a	4.75 a	0.47 a	-53.35	MS
VP-29	6.66 b	6.48 a	4.78 a	0.27 a	54.60	MR
CNFP 10103	6.31 b	6.75 a	4.84 a	0.28 a	54.42	MR
VP-24	8.31 b	11.2 a	4.89 a	0.46 a	-16.98	MS
M. Preferido	2.24 a	4.88 a	4.91 a	0.25 a	58.58	MR
CNFC 10763	7.32 b	6.15 a	4.93 a	0.29 a	49.03	S
CNFC 15288	4.52 a	5.66 a	4.99 a	0.27 a	57.07	MR
RCII2.19	1.22 a	6.39 a	5.05 a	0.28 a	55.41	MR
CNFC 11965	14.98 c	20.66 a	5.09 a	0.67 a	-253.97	MS
CNFR x 152754	1.63 a	2.88 a	5.10 a	0.21 a	73.63	MR

“Tabela 4, conclusão”...

Genótipos ¹	<i>Meloidogyne javanica</i>					Reação
	M. Aérea (g)	M. Raízes (g)	Ovos/g	FR	RFR	
CNFC 10408	11.08 c	17.79 a	5.20 a	0.7 a	-330.83	MS
CNFC 10432	5.13 a	11.09 a	5.23 a	0.44 a	-11.60	MS
VR 169	10.17 a	13.38 a	5.24 a	0.53 a	-88.09	MS
BRS Timbó	3.71 a	6.9 a	5.25 a	0.33 a	35.17	S
CNFP 11980	2.83 a	5.61 a	5.30 a	0.29 a	49.14	S
RAD/E550-284	8.01 b	7.33 a	5.32 a	0.57 a	-241.91	MS
VP-25	6.99 b	8.57 a	5.37 a	0.38 a	16.25	MS
Macarrão						
Favorito	3.68 a	15.98 a	5.39 a	0.74 a	-212.59	MS
VC-18	1.92 a	5.5 a	5.45 a	0.39 a	2.27	MS
CVIII-5	1.58 a	6.71 a	5.59 a	0.33 a	25.17	MS
Bolinha	2.26 a	2.78 a	5.60 a	0.34 a	Padrão	Padrão
Pérola	4.79 a	11.78 a	5.68 a	0.58 a	-137.62	MS
PT-65	4.03 a	6.73 a	5.85 a	0.62 a	-185.64	MS
BRS Esplendor	2.41 a	4.29 a	5.87 a	0.38 a	13.70	MS
EMB-4	5.26 a	15.45 a	5.88 a	0.61 a	-159.78	MS
VC-22	3.03 a	6.5 a	5.96 a	0.66 a	-297.79	MS
VR-14	6.47 b	11.7 a	6.07 a	0.76 a	-315.90	MS
VC-19	2.47 a	4.8 a	6.23 a	0.59 a	-186.08	MS
VP-28	4.84 a	13.3 a	6.49 a	0.98 a	-566.35	MS
Jalo EPP12	5.37 a	8.86 a	6.94 a	1.67 a	-3163.88	MS

* Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade; ¹Genótipos em negrito são de feijão vagem.

REFERÊNCIAS

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

FERREIRA, D.F. SISVAR (Sistema para análise de variância de dados balanceados) v.4.3. Lavras: **UFLA**, 2003.

FERREIRA, S. ; GOMES, L. A. A. ; MALUF, W. R. ; CAMPOS, V. P. ; CARVALHO FILHO, J. L. S. de ; SANTOS, D.C. . Resistance of common bean and snap bean cultivars to root-knot nematodes. **HortScience**. 45, p. 320-322, 2010.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em 08 de julho de 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201306.pdf> Acesso em 08 de julho de 2013.

MOURA, R. M.; REGIS, E. M. O. Reações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanicae* *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 10, p. 215-225, 1987.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, local, v. 30, p. 507-512, 1974.

SIMÃO, G., HOMECHIN, M., SANTIAGO, D. C., SILVA, R. T. V., RIBEIRO, E. R. Comportamento de duas cultivares de feijoeiro em relação a *Meloidogyne javanica*. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 266-270, 2005.

WESEMAEL, W. M. L., MOENS, A. M. Screening of common bean (*Phaseolus vulgaris*) for resistance against temperate root-knot nematodes (*Meloidogynespp.*) **Society of Chemical Industry**, 2011.

CAPÍTULO 3

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) A NEMATOIDES DE CLIMA TROPICAL E TEMPERADO

RESUMO

Durante seu ciclo, o feijoeiro está sujeito ao ataque de diversos patógenos de solo e de parte aérea que podem causar doenças na planta, levando à queda na produtividade. O nematoide das galhas do gênero *Meloidogyne* spp. é considerado um dos principais patógenos responsáveis pela baixa produtividade em *Phaseolus vulgaris* em regiões de clima temperado e de clima tropical. Assim, objetivou-se nesse trabalho identificar genótipos de feijão resistente à nematoides das galhas de clima temperado e tropical e, estudar o mecanismo de resistência frente à nematoides tropicais. Assim, foram conduzidos dois experimentos, no primeiro, para testar genótipos de feijão quanto a resistência ao nematoide de clima temperado *Meloidogyne chitwood* e ao nematoide de clima tropical *M. enterolobii*, vinte e quatro plantas de nove genótipos diferentes de *Phaseolus vulgaris* e um genótipo de tomate utilizado como testemunha, foram inoculadas cada uma com 100 J2 de *M. chitwood* ou *M. enterolobii*. Após seis semanas as massas de ovos de cada raiz foram coloridas, contadas e utilizadas para o cálculo do índice de reprodução. Para *M. chitwood* as cultivares Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro, Talismã e VR 18 mostraram-se resistentes, já para *M. enterolobii*, apenas a cultivar VR 18 apresentou um bom resultado quando comparado a testemunha suscetível. No segundo experimento, para estudar o mecanismo de resistência dos mesmos nove genótipos de feijão à nematoides das galhas de clima tropical, quarenta plantas de cada genótipos e da testemunha suscetível foram inoculados com J2 de *M. incógnita* e *M. javanica*. Dez plantas de cada genótipo e cada espécie de nematoide, foram avaliadas por semana totalizando quatro semanas de avaliação. As avaliações foram feitas 1, 2, 3 e 4 semanas após a inoculação. Foram quantificados o número de nematoides no interior das raízes em cada semana. Apesar da presença de fêmeas nas raízes inoculadas com *M. incógnita* ter sido maior do que na espécie *M. javanica*, não houve tanto contraste na terceira e quarta semana apresentando apenas 3 e 4 níveis de diferença significativa respectivamente. O desenvolvimento da espécie *Meloidogyne javanica* dentro das raízes é mais lento do que da espécie *Meloidogyne incógnita*.

Palavras-chave: *Meloidogyne incógnita*. *Meloidogyne javanica*. Resistência.

ABSTRACT

Bean plants are subject to attack of various soil pathogens that can cause disease in the plant, leading to a drop in productivity. The root-knot nematode *Meloidogyne* spp. is considered one of the main pathogens responsible for low productivity in *Phaseolus vulgaris* in temperate regions and under tropical climate. Thus, we conducted an assay to identify genotypes resistant to temperate and tropical root-knot nematodes and study the resistance mechanism against the tropical nematodes. In this sense, two experiments were conducted. In the first we aimed to test resistance genotypes to temperate nematode *Meloidogyne chitwood* and tropical nematode *M. enterolobii*. For this, twenty-four plants of nine different *Phaseolus vulgaris* genotypes and one tomato genotype used as a control were inoculated each one with 100 J2 *M. Chitwood* and *M. enterolobii*. After six weeks, the egg masses of each root were stained, counted and used to calculate the reproduction index. The results indicated cultivars Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro, Talismã and VR 18 as resistant to *M. Chitwood*. For *M. enterolobii* just cultivate VR 18 showed a good result when compared to susceptible control. In the second experiment, we studied the mechanism of resistance to tropical root-knot nematodes, inoculating forty plants of each of the same nine genotypes and susceptible control with J2 of *M. incognita* and *M. javanica*. Ten plants of each genotype and each species of nematode were evaluated weekly in a total of four weeks of evaluation, measuring the number of nematodes in the roots in each week. Despite the higher number of females in the roots inoculated with *M. incognita* than in *M. javanica*, there was no contrast in the third and fourth week, with only 3 and 4 levels of significant difference, respectively. Our results suggest that the development of *Meloidogyne javanica* in the roots of bean plants is slower than the species *Meloidogyne incognita*.

Keywords: *Meloidogyne incognita*. *Meloidogyne javanica*. Resistance.

1 INTRODUÇÃO

Cultivado em mais de 100 países, o feijão (*Phaseolus vulgaris*L.) está entre os alimentos mais importantes na alimentação do brasileiro. Rico em nutrientes essenciais ao homem, esse alimento fornece proteínas, vitaminas, minerais e ainda compostos fenólicos com ação antioxidante. É um produto de alta importância na mesa do brasileiro e ainda apresenta um importante papel social e econômico devido à mão de obra empregada durante todo o processo de sua produção.

Durante seu ciclo, o feijoeiro está sujeito ao ataque de diversos patógenos de solo e de parte aérea que podem causar doenças na planta, levando à queda na produtividade. O nematoide das galhas do gênero *Meloidogyne* spp. é considerado um dos principais patógenos responsáveis pela baixa produtividade em *Phaseolus vulgaris*. O feijão vagem, pertencente à mesma espécie do feijão comum também é fortemente atacado por esse patógeno. Normalmente essa hortaliça é plantada após o tomateiro o que pode causar o aumento da população dos nematoides no solo.

O feijoeiro comum, cultivado durante todo o ano, é afetado por inúmeras doenças as quais, além de diminuir a produtividade da cultura, depreciam a qualidade do produto. Nesse contexto, os nematoides das galhas são considerados um dos principais patógenos responsáveis pela baixa produtividade no cultivo. O feijoeiro é considerado um bom hospedeiro para esse patógeno e as perdas devido ao seu ataque podem comprometer a produção.

Sendo comumente encontrados em diferentes regiões do planeta, os nematoides das galhas causam problemas em culturas do mundo inteiro, desde regiões de clima temperado como regiões de clima tropical. Entre as espécies mais importantes nas regiões de clima tropical estão *Meloidogyne incognita*, *M.*

javanica e *M. enterolobii*. Já nas regiões de clima temperado, o *M. chitwood* é um dos grandes vilões. Na Bélgica, os nematoides *M. chitwood* e *M. fallax* foram encontrados em áreas utilizadas para a produção de feijão. Naquele país, o feijão é cultivado principalmente para a indústria de congelamento e de conservas.

No presente trabalho, a reação de diferentes cultivares brasileiras de feijão comum e feijão vagem foram estudadas na Bélgica. Foram realizados dois ensaios com sete cultivares de feijão comum e duas cultivares de feijão vagem para identificar genótipos que apresentem resultados ligados a resistência aos nematoides *M. chitwood* de clima temperado e *M. enterolobii* de clima tropical, e ainda estudar o desenvolvimento das espécies de clima tropical *M. javanica* e *M. incógnita* no interior das raízes de cultivares de feijão e feijão vagem.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Sete cultivares de feijão comum e duas cultivares de feijão vagem foram avaliadas quanto a resistência a *M. enterolobii* e *M. chitwood*. As mesmas cultivares foram utilizadas para estudar o desenvolvimento de nematoides das espécies *M. javanica* e *M. incoginta* no interior das raízes. Os ensaios foram conduzidos nas dependências do Instituto Ilvo (*Institute for Agricultural and Fisheries Research*), em Merelbeke na Bélgica entre Setembro de 2014 e Agosto de 2015. Para a escolha das cultivares utilizadas nesses ensaios, foi levado em consideração o resultado do ensaio do segundo capítulo desta tese. As cultivares foram testadas em um pré-teste e as que apresentaram melhor desempenho e adaptação ao clima do país foram selecionadas. Juntamente com as cultivares de feijão, foram conduzidas plantas de tomate cv. Moneymaker para verificar a viabilidade do inóculo e para servir como um padrão de comparação com as cultivares de feijão.

2.1 Obtenção do inóculo dos nematoides

Isolados de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. enterolobii* e *M. chitwood* foram obtidos no Instituto ILVO (*Institute for Agricultural and Fisheries Research*), em Merelbeke – Bélgica. Os inóculos foram multiplicados e mantidos em plantas de tomateiro (*Solanumly copersicum* cv. Moneymaker) em estufas com condições controladas (20 - 28° C, 14 horas de luz) no Instituto Ilvo.

Mudas deste tomate foram utilizadas para manutenção e multiplicação do inóculo necessário à condução dos experimentos. Inicialmente foi feita a semeadura em caixas plásticas com terra esterilizada. Após a germinação, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 10

litros contendo também terra esterilizada, foram colocadas duas plantas em cada vaso.

Após o transplântio, foram feitas perfurações no solo, próximas ao caule de cada muda, onde foi colocada uma suspensão contendo J2 de *Meloidogyne* spp das referidas espécies, sendo utilizados 4 vasos para cada espécie. Cerca de 60 dias depois, as plantas encontravam-se prontas para serem utilizadas na obtenção de inóculo, conforme técnica de funil de Baermann modificado (Hooper, 1986). Para os diferentes experimentos, foram utilizados J2 frescos, ou seja, recém eclodidos (<24 h). As raízes de tomate infectadas foram lavadas cuidadosamente para remover o solo. Os juvenis foram extraídos a partir do corte das raízes em pedaços pequenos e colocados num funil de Baermann modificado (Hooper, 1986).

2.2 Seleção para *M. enterolobii* e *M. chitwoodi*

Sete cultivares de feijão comum (Aporé, BRS Campeiro, Bolinha, CVIII 2, EMB 4, Talismã e VR 18) e duas cultivares de feijão vagem (Macarrão Rasteiro e Macarrão Rasteiro Conquista) foram testadas para a resistência a *M. chitwoodi* (clima temperado) e *M. enterolobii* (clima tropical). Foram utilizadas plantas de tomate (*Solanumly copersicum* cv. Moneymaker) como controle.

As plantas foram cultivadas individualmente em tubos de plástico de 66 mL de volume em uma estufa com temperatura controlada (20-26°C) com um período de 14 h por dia de luz. Os tubos foram preenchidos com solo arenoso esterilizado (100°C, 18 h). Em cada tubo uma semente foi semeada. As plantas foram regadas diariamente com um atomizador, conforme a necessidade. Cada planta foi inoculada com uma suspensão de cerca de 100 juvenis de segundo estágio (<24 h) de *M. chitwoodi* ou *M. enterolobii*, uma semana após a emergência. Vinte e quatro repetições foram utilizadas por cultivares de feijão

para cada uma das duas espécies de nematoide. Seis semanas após a inoculação os tubos com as raízes foram embebidos em água e a raiz foi suavemente lavada. Posteriormente, as raízes foram submersas em uma solução de Floxina B (0,15 g L⁻¹ de água de torneira; Sigma-Aldrich, Bornem, Bélgica) foi utilizado um Becker com 1 litro de água e 0,15g de Floxina B. As raízes foram mergulhadas nessa solução por 15-20 minutos para corar os sacos de ovos gelatinosos produzidos pelas fêmeas dos nematoides das galhas nas raízes (DAYKIN e HUSSEY, 1985). Após a coloração, as raízes foram enxaguadas com água da torneira para remover a mancha residual sobre as raízes. O número de massas de ovos por planta foi contado com a ajuda de um microscópio binocular. Foi feita a avaliação para a característica índice de reprodução para todos os genótipos avaliados. Esse índice foi determinado considerando-se o tomateiro como testemunha padrão (100%), em comparação com a reprodução dos nematoides nas plantas de feijão e feijão vagem. O índice foi obtido pela razão entre o número médio de massa de ovos das plantas de feijão e feijão vagem e o número médio de massa de ovos das plantas de tomateiro, multiplicando-se por cem.

A resistência de cada cultivar a *M. chitwood* e *M. enterolobii* foi determinada com base no índice de reprodução, de acordo com o critério adaptado de Taylor (1967), citado por Hadisoeganda e Sasser (1982), em que o grau de resistência (GR) corresponde a: S – cultura suscetível (reprodução normal), acima de 50% em relação ao tomateiro; LR – levemente resistente, de 26% a 50%; MoR – moderadamente resistente, de 11% a 25%; MR – muito resistente, de 1% a 10%; AR – altamente resistente, abaixo de 1% e I – imune, quando não houve reprodução.

2.3 Desenvolvimento de *M. incognita* e *M. javanica* nas raízes de feijão

As mesmas nove cultivares de feijoeiro (Aporé, Bolinha, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro, Macarrão Rasteiro Conquista, Talismã e VR 18) foram utilizados para monitorar a penetração e o desenvolvimento das espécies de clima tropical *M. incognita* e *M. javanica* nas raízes. As sementes das cultivares foram semeadas em tubos de plástico de 66 ml de volume, tal como descrito anteriormente. Para cada cultivar, 40 plantas foram utilizadas. Imediatamente após a emergência das plantas, cada tubo foi inoculado com 100 J2 frescos (<24 h) de *M. incognita* ou *M. javanica*. As plantas foram mantidas em estufa com temperatura controlada (20-26 ° C) com um período de 14 h por dia de luz e regadas diariamente com um atomizador.

Decorridas 1, 2, 3 e 4 semanas após a inoculação, dez plantas por cultivar por semana foram retiradas aleatoriamente para monitorar a presença e o estágio de desenvolvimento de *M. incognita* e *M. javanica* no interior das raízes. Para isso, as plantas foram submersas em água e o solo foi removido suavemente das raízes. Os juvenis dentro das raízes foram coloridos com Fucsina ácida utilizando o método descrito por Byrd et al., (1983) para a detecção de nematoides dentro dos tecidos das plantas. Para tal, as raízes após serem lavadas foram cortadas em pedaços de 1 a 2 cm e colocadas separadamente em beakers de vidro com uma solução de 1,5% de NaOCl (25 ml H₂O + 10 ml NaOCl 5,25%). As raízes foram mantidas nessa solução por 4 minutos sendo agitadas frequentemente. Decorrido esse tempo, as raízes foram lavadas em água corrente. Depois, foram adicionados 30 ml de água mais 1 ml de solução para coloração (3,5 g á ácido fucsina, 250 ml ácido acético, 750 ml dH₂O) em cada beaker. Os recipientes foram aquecidos com a solução para coloração até o ponto de bolhas, trinta segundos após esse ponto de bolhas os beakers foram retirados da chapa de aquecimento e mantidos na bancada até atingirem

temperatura ambiente. Logo após, as raízes foram lavadas para total remoção da solução. 20 a 30 ml de glicerol foram adicionados em cada beaker e novamente os recipientes contendo as raízes foram aquecidos até o momento de bolhas.

Após, as raízes foram mantidas em glicerol numa placa de Petri até observação. Os juvenis corados foram contados com o auxílio de um microscópio binocular. Estes foram divididos em três grupos: juvenis de segundo estágio, jovens inchados e adultos do sexo feminino (Figura 1). Os dados foram submetidos às análises estatísticas usando o programa Sisvar (FERREIRA, 2003), procedendo ao teste F da análise de variância e ao teste de comparação múltipla Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade de erro, com transformação dos dados em $\sqrt{x+1}$. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Seleção para *M. enterolobii* e *M. chitwood*

As cultivares Aporé (IR 0,25), BRS Campeiro (0,33), CVIII 2 (0,93), EMB 4 (0,25), Macarrão Rasteiro (0,17), Talismã (0,33) e VR 18 (0,08) foram classificadas como altamente resistentes (Tabela 1) à *Meloidogyne chitwood* segundo critério de reprodução estabelecido por Taylor (1967), citado por Hadisoeganda e Sasser (1982). Todas essas cultivares apresentaram índice de reprodução abaixo de 1%, variando de 0,08 na cultivar VR 18 a 0,93 na cultivar CVIII 2.

Tabela 1- Índice de reprodução (IR) de *Meloidogyne chitwood* e *Meloidogyne enterolobii*, grau de resistência (GR) de sete cultivares de feijão comum, duas cultivares de feijão vagem e uma cultivar de tomateiro utilizada como testemunha padrão de suscetibilidade¹.

Cultivares	<i>Meloidogyne chitwood</i>		<i>Meloidogyne enterolobii</i>	
	IR (%)	GR	IR (%)	GR
Aporé	0,25	AR	21,87	MoR
BRS Campeiro	0,33	AR	545	S
Bolinha	37,55	LR	362,5	S
CVIII 2	0,93	AR	98,12	S
EMB 4	0,25	AR	29,37	LR
Macarrão R Conquista	50,89	S	434,37	S
Macarrão Rasteiro	0,17	AR	149,3	S
Talismã	0,33	AR	116,87	S
Tomate	100	S	100	S
VR 18	0,08	AR	4,37	MR

¹S: cultura suscetível (acima de 50% em relação ao tomateiro); LR: levemente resistente (26% a 50%); MoR: moderadamente resistente (11% a 25%); MR: muito resistente (1% a 10%); AR: altamente resistente (menos de 1%) e I: imune (quando não houve reprodução). Adaptado de Taylor (1967) citado por Hadisoeganda e Sasser (1981).

A cultivar Bolinha foi classificada como levemente resistente ao *M. chitwood* apresentando índice de reprodução de 37,55%. Já a cultivar Macarrão Rasteiro Conquista (50,89%) foi considerada suscetível ao mesmo nematoide assim como o controle tomate (100%).

M. chitwood é uma espécie comumente encontrada em regiões de clima temperado onde pesquisas são feitas buscando a identificar cultivares resistentes frente a esse nematoide (MOLENDIJK, 2000; BRINKMAN et al., 1996; DEN NIJS et al., 2004; SANTO e PONTI, 1985 apud WESEMAEL e MOENS, 2011). No Brasil, *M. chitwood* é considerada uma praga quarentenária A,1 ou seja, praga exótica que não ocorre no país. Sendo assim, não foram encontrados relatos de pesquisas visando a resistência a esse nematoide na cultura do feijoeiro. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho são suficientes para apontar cultivares com potencial para resistir ao ataque da espécie *M. chitwood* em locais de clima temperado. Os resultados indicam a possibilidade de avanços com pesquisas na busca de fontes de resistência a essa espécie com as cultivares Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro, Talismã e VR 18.

Wesemael e Moens (2011) estudando a reação de diferentes cultivares de feijão a nematoides de clima tropical e temperado observou que quando inoculadas com *M. chitwood* mais de 70% das plantas testadas não continham massas de ovos, indicando uma possível resistência. No entanto, os autores encontraram galhas visíveis nas raízes indicando que essa espécie de nematoide foi capaz de penetrar as raízes, mas não conseguiu reproduzir. O mesmo pode ter ocorrido no presente trabalho, explicando assim o alto número de plantas classificadas como altamente resistentes a essa espécie.

Para a espécie *M. enterolobii* a classificação da resistência mostra que a cultivar com o menor índice de reprodução em relação ao tomate foi a VR 18 (4,37%) Tabela 1, sendo classificada como muito resistente a essa espécie de nematoide. Logo em seguida está a cultivar Aporé (21,87%) classificada como

moderadamente resistente. A cultivar EMB 4 (29,37%) foi avaliada como levemente resistente e as demais cultivares foram consideradas suscetíveis assim como o controle tomate. Os índices de reprodução das cultivares suscetíveis variaram de 98,12% na cultivar CVIII 2 a 545% na cultivar BRS Campeiro.

A reprodução do *M. enterolobii* foi maior do que a reprodução encontrada na espécie *M. chitwood*. O maior índice de reprodução nas cultivares estudadas para essa última espécie foi de 50,89% na cultivar Macarrão Rasteiro conquista. Já para a espécie *M. enterolobii*, o maior índice de reprodução foi de 545% na cultivar BRS Campeiro. Por outro lado, o menor índice em ambas as espécies de nematoides foi encontrado na cultivar VR 18 que para *M. chitwood* apresentou índice de 0,08%, sendo classificada como altamente resistente e índice de 4,37% para *M. enterolobii*, recebendo a classificação de muito resistente.

Pesquisas com a espécie *M. enterolobii* vêm sendo realizadas no Brasil para encontrar fontes de resistência para diferentes culturas (CARNEIRO et al., 2006; BITENCOURT & SILVA, 2010; MELO et al., 2011; SILVA e KRASUSKI, 2012).

Melo et al. (2011), em experimento realizado para buscar fontes de resistência ao *M. enterolobii*, avaliaram genótipos de alface, batata-doce, feijão, tomate e *Capsicum*. A cultura do feijão foi representada pelas cultivares Aporé, Talismã, Ouro Negro, Macarrão Atibaia, Macarrão Favorito, Macarrão Preferido, Macarrão Rasteiro, Macarrão Rasteiro Conquista, Macarrão Rasteiro Dourado e Macarrão Trepador. Assim como no presente trabalho, os autores citados encontraram uma grande quantidade de cultivares suscetíveis ao *M. enterolobii*, com índices de reprodução maiores que 50%. A cultivar Aporé foi classificada pelos autores como levemente resistente, segundo classificação de Taylor (1967), já no presente trabalho, essa cultivar foi classificada como moderadamente resistente. Melo et al. (2011) também encontraram índices de

reprodução acima de 100% para Talismã, Macarrão Rasteiro e Macarrão Rasteiro Conquista comprovando a suscetibilidade encontrada nos resultados do presente trabalho perante essa espécie de nematoide das galhas. Os autores citaram a possibilidade da ocorrência de genes distintos no controle da resistência do feijão a diferentes espécies de *Meloidogyne*.

Ferreira et al (2010) estudaram a reação de cultivares de feijão e feijão vagem a outras duas espécies de nematoides de clima tropical, *M. incognita* raças 1 e 3 e *M. javanica*. As cultivares Aporé e Talismã foram muito resistentes em relação ao *M. javanica*, levemente resistente ao *M. incognita* raça 1, Aporé foi moderadamente resistente a *M. incognita* raça 3 e Talismã foi classificada como levemente resistente à essa última espécie. Já as cultivares Macarrão Rasteiro e Macarrão Rasteiro Conquista foram consideradas suscetíveis em todas as espécies de nematoides estudadas pelos autores, assim como no presente trabalho foram classificadas em relação ao nematoide de clima tropical *M. enterolobii*. Os autores verificaram que essa variabilidade entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. é genética para resistência aos nematoides das galhas. Segundo os autores, o resultado apresentado evidencia a possibilidade de que o controle genético para resistência aos nematoides das galhas em *Phaseolus vulgaris* é devido a diferentes genes, dependendo da espécie ou da raça de *Meloidogyne* considerada.

Para se obter diferentes novas cultivares com maior resistência aos nematoides das galhas deve-se utilizar cultivares com maiores níveis de resistência (FERREIA et al., 2010). VR 18 e Aporé mostraram-se, no presente trabalho, cultivares com potencial para estudo de fonte de resistência a *M. enterolobii*.

3.2 Desenvolvimento de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* em raízes de feijão

Os números médios de juvenis vermiformes, juvenis inchados e fêmeas de *M. javanica* e *M. incognita* que foram encontrados nas raízes dos tratamentos em diferentes momentos após a inoculação são apresentados nas figuras 2 e 3, respectivamente.

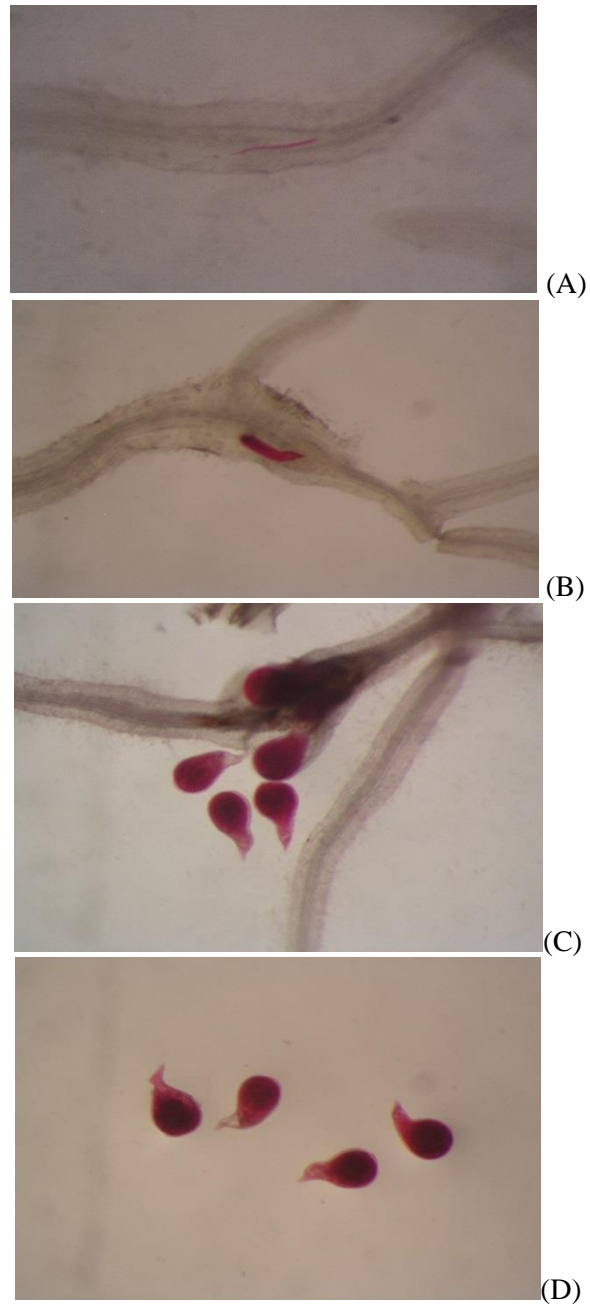
Para a espécie *Meloidogyne javanica* as cultivares que apresentaram as menores médias de J2 e que não diferiram entre si na primeira semana foram Aporé e BRS Campeiro (Figura 2). Na segunda semana Aporé se manteve entre as cultivares menos atacadas juntamente com CVIII 2, EMB 4, Talismã e VR 18. Macarrão Rasteiro foi a cultivar que apresentou o maior número de juvenil do segundo estágio na primeira e segunda semana, essa cultivar apresentou na primeira semana média de J2 superior ao controle Tomate. Na terceira e quarta semanas não houve penetração de J2.

Os juvenis inchados de *M. javanica* começaram a ser encontrados a partir da segunda semana, período que apresentou maiores médias. A cultivar Macarrão Rasteiro foi novamente a que apresentou maior média sendo superior ao controle tomate. Na terceira semana a frequência de juvenis inchados ainda foi expressiva. Já na quarta semana, apenas algumas cultivares apresentaram juvenis inchados dentro das raízes, são elas: VR 18, Talismã, EMB 4 e Bolinha. Os estádios de desenvolvimento do nematoide dentro da raiz são apresentados na figura 1. As fotos foram feitas após a contagem dos nematoides no interior das raízes do tomateiro. Na figura 1 (A) é possível ver o J2 com o formato do estágio infectivo do nematoide. Já na Figura 1 (B) o juvenil já se encontra em outro estágio de desenvolvimento, que no presente trabalho é chamado de juvenil inchado. Na Figura 1 (C) é possível visualizar uma galha com várias fêmeas em seu interior. Para mostrar mais nitidamente a forma do corpo da

70

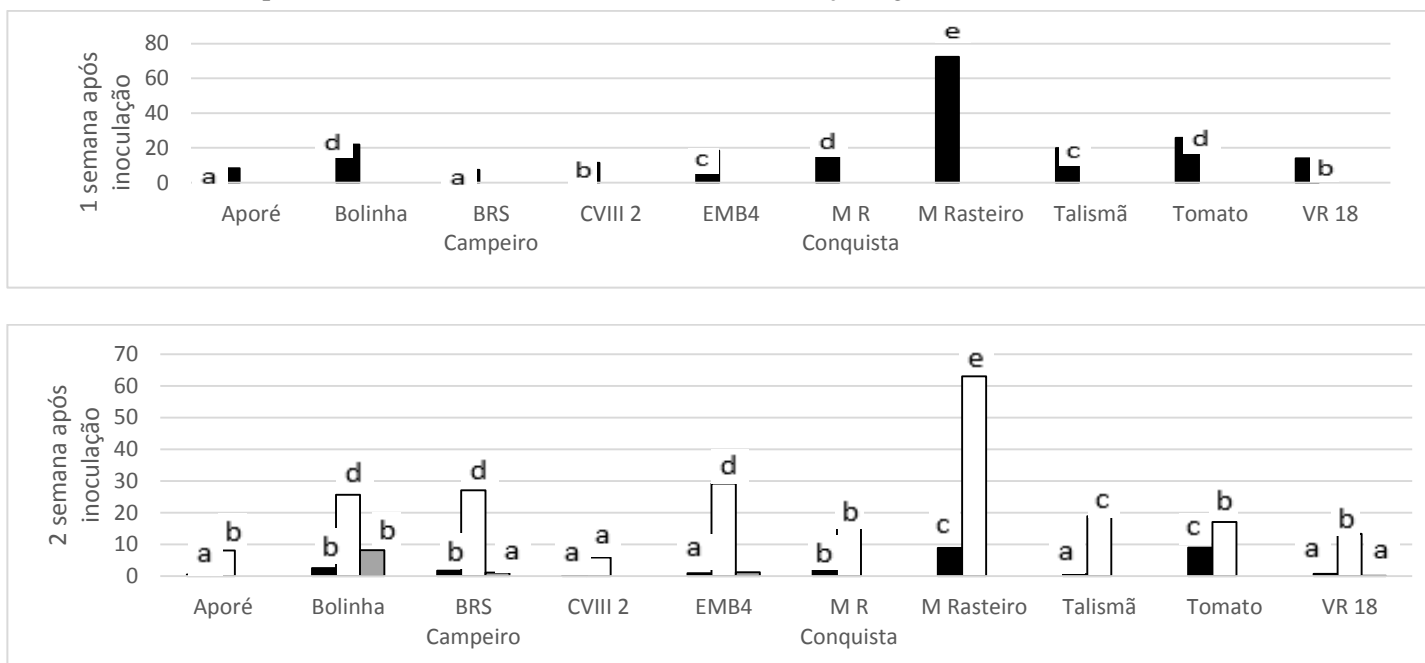
fêmea, a galha foi rompida expondo assim as fêmeas que aparecem na Figura 1 (D).

Figura 1- Desenvolvimento de *Meloidogyne* spp, em raízes de tomate. (A) Juvenil do segundo estágio, (B) Juvenil Inchado, (C) Fêmea nas raízes, (D) Fêmeas isoladas.

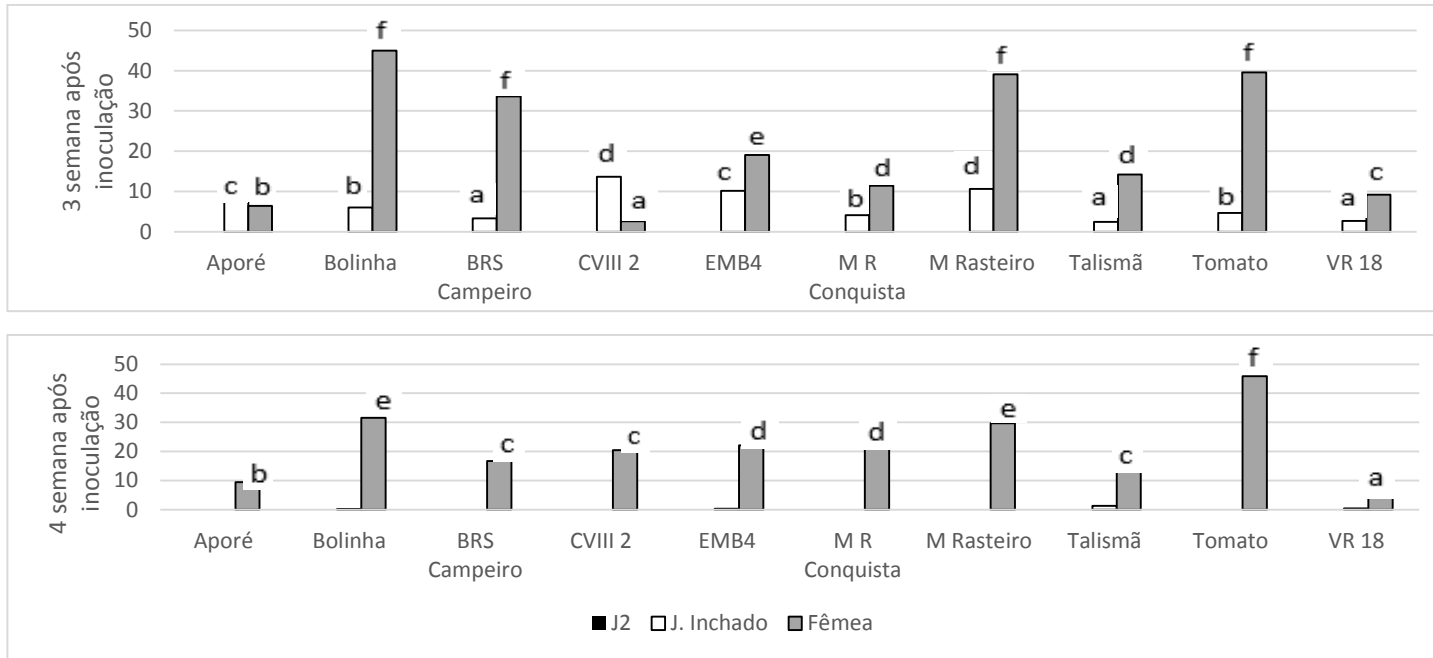


As fêmeas de *M. javanica* começaram a ser encontradas na segunda semana após a inoculação, nas cultivares BRS Campeiro, VR 18, EMB 4, cultivares essas que não diferiram entre si, e também na cultivar Bolinha que apresentou o maior número de fêmeas nessa segunda semana, diferindo estatisticamente das outras três cultivares. Na terceira e quarta semanas, o número de fêmeas encontradas nas raízes das cultivares apresentou uma grande variação atingindo 6 níveis de diferenças estatísticas. Na terceira semana as cultivares mais infestadas por fêmeas foram Macarrão Rasteiro, BRS Campeiro e Bolinha não diferindo estatisticamente da testemunha. Nessa semana ainda, a cultivar com menor número de fêmeas foi a CVIII 2. Na quarta semana, o Tomate apresentou maior número de fêmeas nas raízes e VR 18 o menor número. É possível notar pela figura 2 que o desenvolvimento do controle tomate é característico de uma cultivar suscetível, permitindo que o juvenil do segundo estágio penetre por duas semanas e permitindo ainda que todo o ciclo do nematoide aconteça sem nenhum problema, resultando em apenas fêmeas na quarta semana. Fêmeas essas que serão responsáveis pela deposição dos ovos do nematoide. Reagindo da mesma forma, a cultivar Macarrão Rasteiro permitiu que muitos juvenis do segundo estágio penetrassem na primeira semana e logo se desenvolvessem, assim como ocorreu no tomate. Por outro lado, a cultivar VR 18 permitiu que o juvenil penetre, mas seu desenvolvimento é mais lento. Na quarta semana o número de fêmeas dessa cultivar foi o menor. As cultivares Aporé e Talismã desde a primeira semana já apresentavam um número inferior de juvenis quando comparado com as outras cultivares.

Figura 2- Número médio de nematoides por cultivares de feijão, feijão vagem e tomate nos diferentes estádios de desenvolvimento de *Meloidogyne javanica*, dentro de raízes em diferentes tempos após a inoculação. Letras diferentes por estágio de desenvolvimento indicam diferenças significativas entre as cultivares ($P < 0,05$).



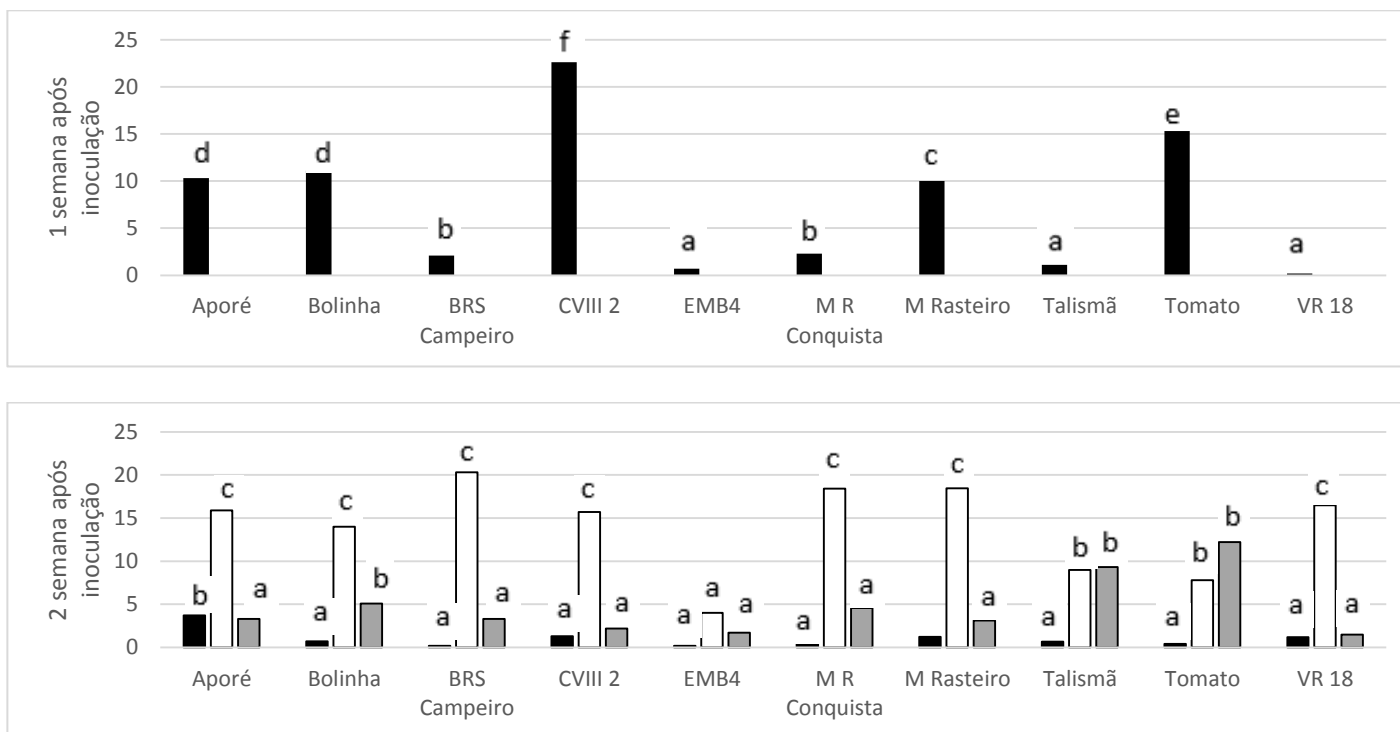
“Figura 2, conclusão”



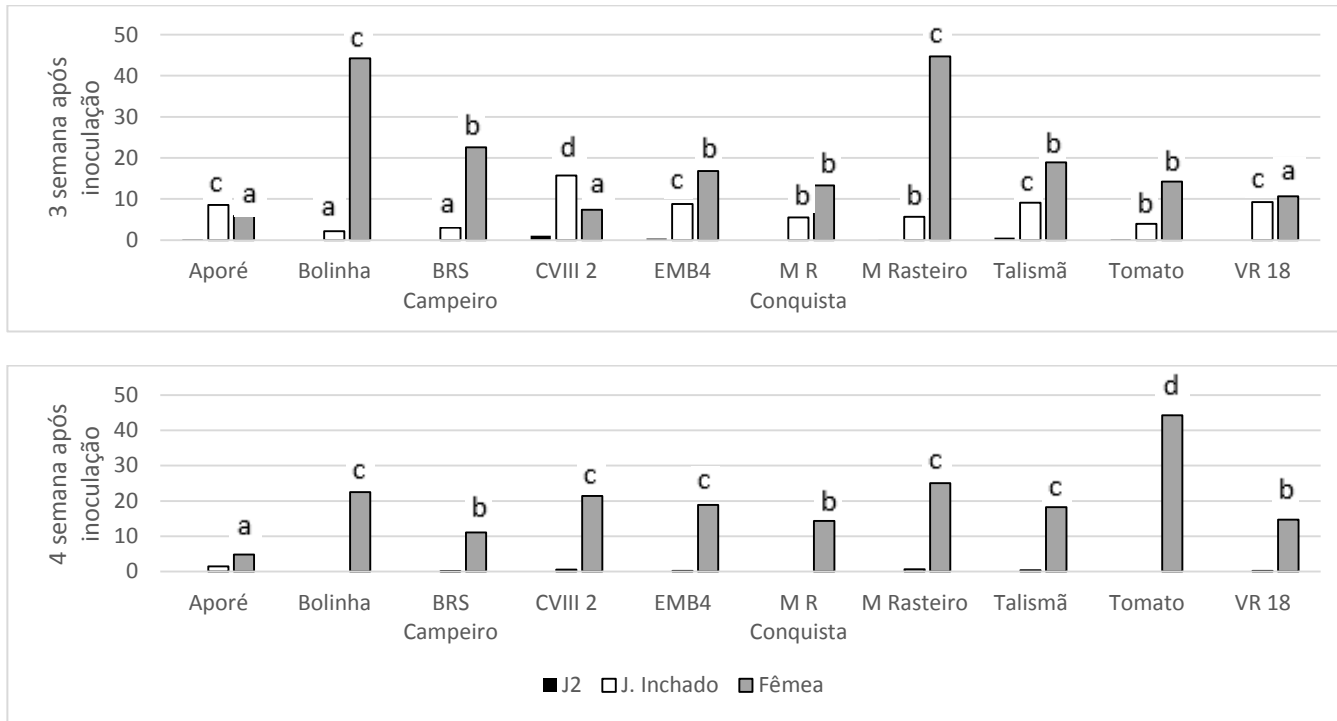
Para *M. incognita*, o J2 foi ainda mais persistente e conseguiu penetrar nas raízes das cultivares até a quarta semana após a inoculação. Na primeira semana EMB 4 não diferiu estatisticamente de Talismã e VR 18 (Figura 3), ficando bem próximas de 0 a penetração do J2. A cultivar CVIII 2 apresentou as raízes com maior número do juvenil vermiforme na primeira semana.

Um destaque importante em *M. incognita* foi a cultivar Aporé. Diferentemente do que aconteceu em *M. javanica*, essa cultivar permitiu que o J2 penetrasse suas raízes até a terceira semana, sendo ainda a cultivar mais atacada na segunda semana (Figura 3).

Figura 3- Número médio de nematoides por cultivares de feijão, feijão vagem e tomate nos diferentes estádios de desenvolvimento de *Meloidogyne incognita*, dentro de raízes em diferentes tempos após a inoculação. Letras diferentes por estágio de desenvolvimento indicam diferenças significativas entre as cultivares (P <0,05).



“Figura 3, conclusão”



Mesmo não apresentando diferença significativa na terceira e quarta semana para todas as cultivares, a cultivar Macarrão Rasteiro Conquista também apresentou J2 na quarta semana. O número de juvenis vermiformes contados nessa cultivar não está entre os mais altos, mas é interessante o fato de ter sido encontrado o J2 até a quarta semana (0,49) o que mostra uma penetração tardia nas raízes dessa cultivar.

O cenário para juvenis inchados em *M. incognita* também apresentou dados a serem analisados com atenção. A cultivar Aporé, assim como encontrado em J2, mostrou a presença de juvenis inchados em três de quatro períodos analisados, fato que não ocorreu em *M. javanica* para a mesma cultivar. Esta apresentou a maior média de juvenis inchados na quarta semana, diferindo estatisticamente das outras cultivares. Em *M. javanica*, na quarta semana apenas quatro cultivares apresentaram juvenis inchados, já em *M. incognita*, sete dos tratamentos, Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro e VR 18 mostraram a presença desse juvenil na quarta semana. Indícios de que o desenvolvimento da espécie *M. javanica* dentro da raiz é mais lento.

Para a variável número de fêmeas, na presença da espécie *M. javanica* apenas quatro cultivares mostraram fêmeas no interior das raízes a partir da segunda semana. Em *M. incognita* todas as cultivares já contavam com a presença de fêmeas a partir da segunda semana, sendo que as cultivares com maiores médias de fêmeas nessa semana foram Bolinha e Talismã e essas não diferiram do controle.

Apesar da presença de fêmeas nas raízes inoculadas com *M. incognita* ter sido maior do que na espécie *M. javanica*, não houve tanto contraste na terceira e quarta semanas apresentando apenas 3 e 4 níveis de diferença significativa, respectivamente. Na terceira semana as cultivares com menores médias de fêmeas foram Aporé, CVIII 2 e VR 18 para *M. incognita*, já na quarta semana foi Aporé.

Em trabalho realizado por Ferreira et al., (2010), a cultivar Macarrão Rasteiro apresentou um elevado Índice de Reprodução quando testado com os nematoides *M. javanica* e *M. incógnita*. No presente trabalho foi observado que para a espécie *M. javanica*, a cultivar se comportou de maneira suscetível em todos os períodos avaliados, o que leva a entender que a suscetibilidade nesse caso acontece desde dentro da raiz, permitindo assim, a penetração e o desenvolvimento dos juvenis até a fase adulta sem nenhum problema e ainda resultando em uma alta reprodução das fêmeas favorecendo um alto índice de reprodução, conforme descrito pelos autores citados acima. Os autores encontram também um baixo IR para a cultivar Aporé quando analisado com o *M. javanica*. Já no presente trabalho foi possível observar que apesar de não estar entre as cultivares mais atingidas pelo *M. javanica*, Aporé permitiu o desenvolvimento dos nematoides no interior de suas raízes. Nesse caso, pode ser que o desenvolvimento ocorra normalmente no interior da raiz, mas a reprodução não aconteça em alta escala. Pode ser esse o caso de uma cultura armadilha. A cultivar Aporé permitiu a penetração, mas na terceira e quarta semanas após a inoculação o número médio de juvenis e fêmeas diminuiu . Resultado semelhante foi encontrado por Wesemael & Moens (2011) que, estudando o comportamento de cultivares de feijão frente a nematoides de clima temperado, encontraram na cultivar Polder uma possível cultura armadilha que permite o desenvolvimento do juvenil no interior da raiz, mas não permite que aconteça sua reprodução.

Ferreira et al. (2010), avaliando a resistência de cultivares de feijão a *M. incognita*, verificaram que as cultivares Aporé e Talismã se mostraram levemente resistente. No presente ensaio, a cultivar Aporé foi a que apresentou menor número de fêmeas na quarta semana. A cultivar Talismã apresentou média de fêmeas na quarta semana maior que Aporé, mas ainda assim se mostrou com uma leve resistência no trabalho citado acima.

4 CONCLUSÃO

- Para *M. chitwood* as cultivares Aporé, BRS Campeiro, CVIII 2, EMB 4, Macarrão Rasteiro, Talismã e VR 18 mostraram-se altamente resistentes.
- Já para *M. enterolobii*, apenas as cultivares VR 18 e Aporé apresentaram um bom resultado quando comparado ao controle suscetível.
- O desenvolvimento da espécie *Meloidogyne javanica* dentro das raízes é mais lento do que da espécie *Meloidogyne incógnita*. Para ambas as espécies, as cultivares VR 18, Talismã e Aporé obtiveram bom desempenho, sendo essa última, considerada uma possível cultivar armadilha.

REFERÊNCIAS

BRINKMAN, H.; GOOSSENS, J.J.M.; VAN RIEL, H.R. Comparative host suitability of selected crop plants to *Meloidogyne chitwoodi* Golden, et al. 1980 and *M. fallax* karssen 1996. **Anz Schadlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz**, v. 69, n.127–129, 1996.

BYRD JUNIOR, D.W.; KIRKPATRICK T.; BARKER, K.R. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. **The Journal of Nematology**, v.15, p.142–143, 1983.

CARNEIRO, R.G. et al. Identificação de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Campos de Goytacazes, v.30, p.293-298, nov. 2006.

DAYKIN, M.E.; HUSSEY, R.S. Staining and histopathological techniques in nematology. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (Ed.). **An advanced Treatise on Meloidogyne: methodology**. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. p. 39–48.

FERRAZ, L.C.C.B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J.F.V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: EMBRAPA - Soja, 2001. p. 15-38.

FERREIRA, D.F. SISVAR - Sistema para análise de variância de dados balanceados: programa análises estatísticas e planejamento de experimentos, versão 4.3. Lavras: UFLA, 2000.

FERREIRA, S. et al. Resistance of dry bean and snap bean cultivars to root-knot nematodes. **HortScience**, Amsterdam, v. 45, n. 2, p. 320-322, Feb. 2010.

HOOPEL, D.J. Extraction of free-living stages from soil. In: SOUTHEY, J.F. (Ed.). **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. London: MAFF, 1986. p. 5-30.

MELO, Osvânder David de et al. Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n. 8, p. 829-835, Aug. 2011.

PEIXOTO, N. et al. Seleção de linhagens de feijão-vagem de crescimento indeterminado para cultivo no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 19, n. 1, p. 85–88, mar. 2001.

PERRY, R.N.; MOENS, M. CABI, Wallingford, Oxon, UK, pp. 370–391 (2006). COOK, R., STARR, J.L. Resistant cultivars, in **Plant Nematology**, ed. By Perry RN and Moens M. CABI, Wallingford, Oxon, UK, pp. 370–391 (2006).

RITZINGER, Cecília Helena S. P. e RITZINGER Rogério, Cultivar hortaliças e frutas. Revista edição número 19 Embrapa Mandioca e Fruticultura de abril/maio de 2003.

SASSER, J.N.; CARTER, C.C.; TAYLOR, A.L. 1982. A Guide to the Development of a Plant Nematology Program. A Cooperative Publication Of The Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency For International Development, Raleigh, NC. 21p. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAQ220.pdf

SILVA, S. S.; KRASUSKI, A. Reação de algumas espécies frutíferas tropicais a *Meloidogyne enterolobii*. Comunicado. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 36, n.1-2, 2012.

SIMÃO, G., HOMECHIN, M., SANTIAGO, D. C., SILVA, R. T. V., RIBEIRO, E. R. Comportamento de duas cultivares de feijoeiro em relação a *Meloidogyne javanica*. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 266-270, 2005.

TAYLOR, A.L. **Introduction to research on plant nematology: an FAO guide to the study and control of the plant-parasitic nematodes.** Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1967. 133p.

WESEMAEL, W. M. L.; MOENS, M. Screening of common bean (*Phaseolus vulgaris*) for resistance against temperate root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) Society of Chemical Industry, 2011.