



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LUCIANA HARUMI SHIGUEOKA

**GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA COM RESISTÊNCIA AO  
NEMATOIDE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS***

LUCIANA HARUMI SHIGUEOKA

**GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA COM RESISTÊNCIA AO  
NEMATOIDE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Inês Cristina de Batista Fonseca

Co-orientador: Dr. Gustavo Hiroshi Será

Londrina  
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

S555g Shigueoka, Luciana Harumi.  
Genótipos de café arábica com resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* / Luciana Harumi Shigueoka. □ Londrina, 2014.  
51 f. : il.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.  
Coorientador: Gustavo Hiroshi Sera.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) □ Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2014.  
Inclui bibliografia.

1. Café – Melhoramento genético – Teses. 2. Café – Resistência a doenças e pragas – Aspectos genéticos – Teses. 3. *Meloidogyne* – Teses. 4. Nematoda em plantas – Teses. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista. II. Sera, Gustavo Hiroshi. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

LUCIANA HARUMI SHIGUEOKA

**GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA COM RESISTÊNCIA AO  
NEMATOIDE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Estadual de Londrina, como requisito parcial para a  
obtenção do título de mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Gustavo Hiroshi Será  
IAPAR – Londrina – PR

---

Dr. Dhalton Shiguer Ito  
IAPAR – Londrina – PR

---

Prof. Dr. Leandro Simões Azeredo Gonçalves  
UEL – Londrina – PR

---

Dr<sup>a</sup>. Andressa Cristina Zamboni Machado  
IAPAR – Londrina – PR

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Debora Cristina Santiago  
UEL – Londrina – PR

---

Orientadora. Profa. Dr<sup>a</sup>. Inês Cristina de Batista  
Fonseca  
UEL – Londrina – PR

Londrina, 26 de fevereiro de 2014.

## **DEDICO**

*Aos meus pais, que não mediram esforços para minha formação.*

*À minhas irmãs, pelo incentivo.*

*Ao Jorge Augusto pela cumplicidade e paciência, principalmente nos momentos difíceis.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar e abençoar meus caminhos.

À Universidade Estadual de Londrina e aos docentes do Programa de Pós Graduação em Agronomia pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pela disposição da infraestrutura para a realização do trabalho.

Ao Consórcio Pesquisa Café pelo apoio financeiro no projeto “Desenvolvimento de cultivares de café resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis*, *M. exigua* e *M. incognita* adaptadas ao Estado do Paraná.”

À professora Inês Cristina de Batista Fonseca pela paciência na orientação, pelo apoio e confiança na realização deste trabalho.

Ao Dr. Gustavo Hiroshi Sera pela co-orientação e conhecimentos concedidos.

Ao Dr. Tumoru Sera pelo exemplo de pesquisador e pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

À comissão examinadora, que contribuiu com sugestões para a melhoria do trabalho.

À equipe Genética/Café do IAPAR, por toda colaboração.

Aos amigos pelo incentivo de sempre, confiança e momentos de descontração.

À todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho

SHIGUEOKA, Luciana Harumi. **Genótipos de café arábica com resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis***. 2014. 51 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

## RESUMO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* representam um fator limitante à cafeicultura brasileira por causarem consideráveis perdas. As espécies mais prejudiciais são *M. exigua*, pela ampla distribuição geográfica e *M. paranaensis* e *M. incognita*, pela intensidade dos danos que causam. Na maioria dos casos, o controle de nematoides é ineficiente, principalmente se a área já estiver infestada. A viabilização da cafeicultura nessas áreas é possível com a utilização de cultivares resistentes, pois representa uma estratégia de controle mais eficiente, economicamente viável e ambientalmente correta. Os objetivos do trabalho foram avaliar a reação de genótipos de café arábica ao nematoide *M. paranaensis* e selecionar progênies resistentes. Foram instalados dois experimentos em telado no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) em Londrina-PR. No experimento 1 foram avaliadas 20 progênies F3 de *Coffea arabica* derivadas do cruzamento entre [“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’ e três progênies derivadas do cruzamento de ‘IPR 100’ x “Sarchimor”. Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 81 e *Coffea canephora* cv. Apatã IAC 2258. O experimento foi instalado em blocos casualizados com 25 tratamentos, 12 repetições e uma planta por parcela. As avaliações foram efetuadas 90 dias após a inoculação. No experimento 2 foram avaliadas quatro progênies F5 de *C. arabica* derivadas do cruzamento entre “Icatu” e “Catuaí” e três progênies F3 derivadas do cruzamento ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”). Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 81 e *C. arabica* cv. IPR 100. O experimento foi instalado em blocos casualizados com nove tratamentos, 14 repetições e uma planta por parcela. As avaliações foram efetuadas 120 dias após a inoculação. Em ambos os experimentos foram avaliados o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes (NOJ.g-1) e o fator de reprodução. A redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de susceptibilidade hospedeira (ISH) foram utilizados para classificar os níveis de resistência dos cafeeiros. Os dados foram submetidos à análise de variância, foi realizado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade. No experimento 1, cinco progênies apresentaram número de ovos e juvenis de segundo estágio (NOJ.g-1) não diferiram estatisticamente do padrão resistente ‘Apatã IAC 2258’. As 12 progênies classificadas como R pelo ISH foram classificadas como AR pelo RFR, sendo que sete progênies apresentaram 100% de plantas classificadas como AR e R, e cinco apresentaram 100% de plantas AR, R e MR. Portanto, nessas 12 progênies a resistência pode estar em condição homozigótica. No experimento 2, quatro progênies F5 do “Icatu” x “Catuaí” foram AR pelo RFR e ISH, além disso, apresentaram 100% das plantas classificadas como AR ou R e, provavelmente, a resistência a *M. paranaensis* está em condição homozigótica. As progênies que apresentaram resistência serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica resistentes a *M. paranaensis*.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*. Melhoramento genético. Nematode das galha

SHIGUEOKA, Luciana Harumi. **Arabic coffee genotypes with resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis***. 2014. 51 p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

### ABSTRACT

Nematodes of the genus *Meloidogyne* are a limiting factor to the Brazilian coffee to cause considerable losses. The most damaging species are *M. exigua* due to the wide geographical distribution and *M. incognita* and *M. paranaensis* because the damage intensity that they cause. In most cases the nematode control is inefficient, especially if the area is already infested. The use of nematode resistant cultivars represent the more efficient control measure and economically viable. This study aimed to evaluate the resistance of arabic coffee genotypes to nematode *Meloidogyne paranaensis*. Two experiments were carried out in a greenhouse at the Agricultural Research Institute of Paraná (IAPAR) in Londrina. At experiment n° 1 were evaluated 20 F3 *Coffea arabica* progenies derived from the cross ["Catuaí" x ("Catuaí" x "coffee BA-10 series")] x 'IPR 10' and three progenies derived from the cross 'IPR 100' x "Sarchimor". Such as susceptibility and resistance check were used *C. arabica* cv. Catuaí IAC 81 and *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258. The experiment was conducted at randomized blocks design with 25 treatments and 12 replications of one plant per plot. The evaluations were performed 90 days after inoculation. At experiment 2 were evaluated four F5 *C. arabica* progenies derived from the cross between "Icatu" and "Catuaí" and three F3 progenies derived from the cross 'IAPAR 59' x ("Icatu" x "Catuaí"). Such as susceptibility and resistance check were used *C. arabica* cv. Catuaí IAC 81 and *C. arabica* cv. IPR 100, respectively. The experiment was conducted at randomized blocks design with nine treatments and 14 replications of one plant per plot. The evaluations were performed 120 days after inoculation. At both experiments the number of eggs and second stage juveniles per gram of roots (NOJ.g-1) were evaluated. The reduction of the reproduction factor (RFR) and the index of host susceptibility (ISH) were used to classify the resistance levels of coffees. Data was subjected to analysis of variance and Scott-Knott test to 5% probability. At experiment 1, five progenies showed the number of eggs and second stage juveniles (NOJ.g-1) statistically equal to the resistant check 'Apoatã IAC 2258'. The 12 progenies classified such as resistant (R) by ISH were classified such as highly resistant (AR) by RFR, with seven progenies showed 100% of plants classified such as AR and R and five with 100% of AR, R and MR plants. At experiment n° 2, four F5 progenies of "Icatu" x "Catuaí" were classified such as AR by RFR and ISH and presented 100% of plants classified such as AR or R, and probably resistance to *M. paranaensis* is homozygous condition. Progenies that showed resistance will be advanced and has potential to become new coffee cultivars with resistance to *M. paranaensis*.

**Key words:** *Coffea Arabica*. Breeding. Root-knot nematodes.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> – Progênes F3 de café arábica derivadas do cruzamento entre [“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’, e ‘IPR 100’ e “Sarchimor” avaliadas para a resistência ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> .....	30
<b>Tabela 3.2</b> – Médias de número de ovos e juvenis de segundo estágio de <i>Meloidogyne paranaensis</i> por grama de raiz (NOJ.g-1) de progênes F3 de café arábica .....	31
<b>Tabela 3.3</b> – Redução do fator de reprodução (RFR), nível de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetível (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetível (AS) ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> .....	32
<b>Tabela 3.4</b> – Índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), nível de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetível (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetível (AS) ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> .....	33
<b>Tabela 4.1</b> – Progênes de café arábica derivadas do cruzamento “Icatu” x “Catuaí” e ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”)” avaliadas para a resistência ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> .....	40
<b>Tabela 4.2</b> – Médias de número de ovos e juvenis de segundo estágio de <i>Meloidogyne paranaensis</i> por grama de raízes (NOJ.g-1) de cafeeiros.....	40
<b>Tabela 4.3</b> – Redução do fator de reprodução (RFR), níveis de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> .....	41
<b>Tabela 4.4</b> – Índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), nível de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> .....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1	CULTURA DO CAFEIEIRO.....	12
2.2	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO <i>MELOIDOGYNE</i> SPP. NA CAFEICULTURA .....	12
2.3	PRINCIPAIS FITONEMATOIDES DO GÊNERO <i>MELOIDOGYNE</i> NA CAFEICULTURA .....	13
2.4	<i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i> .....	15
2.4.1	Parasitismo.....	15
2.4.2	Ciclo de Vida.....	16
2.4.3	Sintomas .....	17
2.5	MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE <i>MELOIDOGYNE</i> SPP.....	18
2.6	MANEJO DE FITONEMATOIDES.....	19
2.7	RESISTÊNCIA GENÉTICA DOS CAFEIEIROS AOS NEMATOIDES .....	19
2.8	MECANISMOS DE RESISTÊNCIA AOS NEMATOIDES.....	23
<b>3</b>	<b>PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA COM RESISTÊNCIA AO NEMATOIDE <i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i></b> .....	25
3.1	RESUMO.....	25
3.2	ABSTRACT .....	26
3.3	INTRODUÇÃO .....	26
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
3.6	CONCLUSÃO .....	34
<b>4</b>	<b>REAÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA AO NEMATOIDE <i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i></b> .....	35
4.1	RESUMO.....	35
4.2	ABSTRACT .....	36
4.3	INTRODUÇÃO .....	36
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.6	CONCLUSÃO .....	42

<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café é uma das mais importantes commodities no comércio agrícola internacional, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial e o segundo maior consumidor do produto.

Existem vários fatores que vêm interferindo na produção e na produtividade da cultura do café, como estresses abióticos (seca, temperatura, umidade, entre outros) e bióticos (doenças e pragas).

Dentre os fatores bióticos, podemos evidenciar os nematoides como um dos principais fatores causadores de danos à cafeicultura. Muitas regiões brasileiras com grande potencial para o cultivo do café não podem ser exploradas devido à presença desses patógenos.

Os principais nematoides que parasitam cafeeiros no Brasil são do gênero *Meloidogyne* (CHITWOOD, 1949). Dentre eles, podemos destacar *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 1996) e *M. incognita* (KOFOID e WHITE, 1919) Chitwood, 1949 pelo comportamento agressivo no parasitismo de plantas de café, inviabilizando as áreas de plantio e *M. exigua* Goeldi, 1887, pela sua ampla distribuição geográfica no país.

*Meloidogyne paranaensis* foi descrito no Estado do Paraná (CARNEIRO et al., 1996). Entretanto, existem relatos de sua disseminação em São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais. Os sintomas causados por esta espécie são necrose foliar, redução no crescimento, queda de folhas e declínio geral da planta, podendo também provocar a senescência precoce, bem como ocasionais mortes das plantas.

O controle de fitonematoides é difícil de ser realizado. Baseia-se principalmente em medidas de prevenção, como evitar a entrada e a disseminação deste fitoparasita em áreas onde não se encontram presentes. Dentre as estratégias de manejo estão o controle genético, químico, biológico e cultural.

O uso de cultivares de café resistentes em áreas infestadas é o método mais eficiente, econômico e ambientalmente correto. As fontes de resistência aos nematoides têm sido encontradas em diferentes espécies do gênero *Coffea* como em *C. canephora* Pierre, *C. congensis* e *C. dewevrei*, mas são escassas em *C. arabica*. Por esse motivo entre outros, atualmente existem poucas cultivares de café arábica pé franco disponíveis com resistência aos nematoides.

Entretanto, devido à grande variabilidade genética presente nos cafeeiros arábicos, torna-se possível o desenvolvimento de variedades resistentes. Estudos visando a

busca de cultivares resistentes tem recomendado o uso da cultivar porta-enxerto Apatã IAC 2258, de *C. canephora*, para áreas com ocorrência de *M. incognita*, *M. paranaensis* e *M. exigua*. A cultivar IAPAR 59, portadora de genes de *C. canephora* apresenta resistência a *M. exigua*. A ‘IPR 100”, recentemente lançada no mercado, é resistente a *M. paranaensis*, além de ser altamente produtiva.

Devido à falta de cultivares de café arábica com resistência aos nematoides, Deste modo, os objetivos deste trabalho foram avaliar a reação de progênies de café arábica ao nematoide *M. paranaensis* e selecionar progênies resistentes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DO CAFEIEIRO

O cafeeiro pertence à classe das Angiospermas, subclasse Eudicotiledônea e da família das *Rubiaceae*, gêneros *Coffea* e *Psilanthus*. Nas espécies do gênero *Coffea* é composto por dois subgêneros: *Coffea* e *Baracoffea*. O subgênero *Coffea* reúne 103 espécies, mas, embora exista muita diversidade, apenas *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner são as mais cultivadas em regiões tropicais e subtropicais, tendo como provável centro de origem a Etiópia (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

Do ponto de vista social e econômico, é um dos produtos agrícolas mais importantes mundialmente, sendo cultivado em aproximadamente 60 países, distribuídos em quatro continentes (América, Ásia, África e Oceania) (MATIELLO et al., 2005). Dentre os principais países produtores de café, na safra de 2012, destacam-se o Brasil com 32.010 mil sacas de 60 quilos (28,08%), Vietnã 26.000 mil sacas (22,81%), Indonésia 11.000 mil sacas (9,65%) e Colômbia 7.200 mil sacas (6,32%) (ABIC, 2014).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e participa com um terço da produção mundial, além de ocupar a segunda posição entre os países consumidores (CONAB, 2013). A área cultivada no país totaliza 2.311.599 milhões de hectares, desse total, 12,77% estão em formação e 87,23% estão em produção (CONAB, 2013). O consumo interno do produto totalizou 20,08 milhões de sacas, sendo o consumo per capita de 4,87 kg de café torrado/habitante.ano (ABIC, 2014).

A quarta estimativa da produção brasileira de café colhido na safra 2012/2013 foi 49,15 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiados, sendo 38,29 milhões de sacas de café arábica (74,9%) e 10,86 milhões de sacas de café robusta (25,1%). Comparando os dados estimados de produção entre os estados brasileiros, destacam-se Minas Gerais (27.660 mil sacas de café), Espírito Santo (11.697 mil), São Paulo (4.010 mil), Bahia (1.803 mil), Paraná (1.650 mil), Rondônia (1.357 mil), Rio de Janeiro (281 mil), Goiás (265,5 mil), Mato Grosso (171,5 mil) e Pará (121,7 mil) (CONAB, 2013).

### 2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO *MELOIDOGYNE* SPP. NA CAFEICULTURA

Os nematoides são responsáveis por decréscimos significativos na produção cafeeira, pois é ampla a disseminação das espécies de *Meloidogyne* nas lavouras de café no

Brasil. Além disso, a capacidade reprodutiva, agressividade e os danos causados pela sua infestação podem se estender desde a implantação e desenvolvimento das culturas até a impossibilidade de produção.

Em lavouras infestadas por *M. exigua* houve uma redução na produção de até 75%, enquanto que *M. paranaensis* e *M. incognita* têm levado à quase extinção da cafeicultura do Oeste paulista e Noroeste paranaense (BARBOSA et al., 2004).

Gonçalves et al. (2004) ainda relataram que é necessário considerar as perdas indiretas causadas pelo parasitismo dos nematoides, como a menor tolerância ao frio e à seca e a perda parcial na eficiência de utilização de alguns insumos.

Gonçalves e Silvarolla (2007) descreveram que a cultivar suscetível Mundo Novo, quando enxertada em plantas resistentes aos nematoides produziu, em média, 37,442 e 590% a mais que os cafeeiros de pé franco, respectivamente, em áreas com *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*.

Com esses dados, podem-se estimar as perdas na produção em áreas infestadas com esses nematoides e também é possível verificar que *M. incognita* e *M. paranaensis* foram mais agressivos que *M. exigua* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

### 2.3 PRINCIPAIS FITONEMATOIDES DO GÊNERO *MELOIDOGYNE* NA CAFEICULTURA

A primeira publicação sobre o parasitismo de nematoide em cafeeiro foi realizada por Joubert no ano de 1878. Entretanto, em 1887, Goeldi, estudando a doença mencionada por Joubert, denominou o agente causador da enfermidade de *Meloidogyne exigua*, estabelecendo assim, o gênero *Meloidogyne*.

A palavra vem do grego *melon*, que significa maçã ou fruto do cabaceiro, *oid* (semelhante) e *gyne* (fêmea) (TIHOHOD, 1993).

De acordo com Santos (2001), foram descritas cerca de 80 espécies de nematoides de galha, sendo que 17 infectam e parasitam o cafeeiro e, dessas, seis ocorrem no Brasil como: *Meloidogyne paranaensis* (Carneiro et al.; 1996); *Meloidogyne incognita* (Kofoid; White, 1919) Chitwood, 1949; *Meloidogyne exigua* Goedi, 1982; *Meloidogyne coffeicola* Lordello; Zamith, 1960; *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949, e *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 (CAMPOS, 1997).

As espécies mais prejudiciais na cultura do café são *M. exigua*, pela ampla distribuição geográfica, e *M. paranaensis* e *M. incognita* pela intensidade dos danos que causam (GONÇALVES et al., 2004).

*Meloidogyne exigua* está bastante disseminada em várias regiões cafeeiras importantes do país como Mogiana (SP), Zona da Mata (MG), Alto Paranaíba (MG), Triângulo Mineiro (MG) e Sul de Minas (MG) (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Também já foi observado em cafezais nos estados do Paraná, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia, Distrito Federal e Ceará (SANTOS, 1997). *Meloidogyne exigua* foi identificado parasitando cafeeiros em dois municípios do Paraná, em Altônia e Terra Roxa (PORTZ et al., 2006). Foram caracterizadas duas raças (raças 1 e 2) em *M. exigua*, quatro raças (raças 1 a 4) em *M. incognita* e somente uma em *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

Pesquisa realizada por Carneiro e Almeida (2000) indicou um substancial aumento da distribuição de *M. paranaensis* (70%) e decréscimo de *M. incognita* (30%) no Estado do Paraná.

*Meloidogyne incognita* é a espécie com maior disseminação nas regiões do arenito do Estado de São Paulo (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001; CARNEIRO et al., 2005), porém *M. paranaensis* foi identificado em muitas amostras de cafezais paulistas (LORDELLO; LORDELLO, 2001; CARNEIRO et al., 2005).

*Meloidogyne paranaensis* foi detectado em cafezais de alguns municípios do Alto Paranaíba e do Sul de Minas Gerais (SANTOS, 1997; CASTRO; NAVES; CAMPOS, 2003; CASTRO et al., 2008; CASTRO; CAMPOS, 2004) e pode ser uma ameaça para a cafeicultura mineira já que neste estado predomina *M. exigua*, que é uma espécie menos agressiva. *Meloidogyne paranaensis* também foi identificado atacando cafeeiros nos Estados de Goiás (SILVA; OLIVEIRA; ZAMBOLIN, 2009) e Espírito Santo (BARROS et al., 2011).

*Meloidogyne incognita* foi identificado em poucas propriedades cafeeiras dos Estados do Espírito Santo (LORDELLO; HASHIZUME, 1971), Minas Gerais (LIMA et al., 1985; CAMPOS; MELLES, 1987) e Bahia (SOUZA et al., 2000).

Nos cafezais do estado do Paraná ocorreu predominância de *M. paranaensis* (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000; KRZYZANOWSKI et al., 2001), porém as raças 1 (KRZYZANOWSKI et al., 2001) e 2 (CARNEIRO et al., 1990) de *M. incognita* também foram encontradas com bastante frequência. As raças 3 e 4 de *M. incognita* ocorreram com menos frequência no Paraná (CARNEIRO et al., 1990; KRZYZANOWSKI et al., 2001). Nos cafezais paulistas a raça mais encontrada de *M. incognita* foi a raça 1 (MONTEIRO et al., 1995; OLIVEIRA; GONÇALVES; MONTEIRO, 2001).

Ito et al. (2013) realizaram um levantamento parcial de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiros na região do Arenito do Estado do Paraná, e constataram que, do total de amostras analisadas, 19 (73,1%) continham *Meloidogyne paranaensis*, quatro (15,4%)



*M. incognita*, uma (3,8%) mistura de *M. paranaensis* e *M. incognita* e duas (7,7%) contendo mistura de *M. incognita* e *M. javanica*.

## 2.4 MELOIDOGYNE PARANAENSIS

Carneiro (1993) descreveu um novo patótipo de *M. incognita*, que foi denominado de “biótipo IAPAR”. Esta espécie foi previamente identificada como *M. incognita* e, por cerca de duas décadas, foi considerada apenas uma variante de *M. incognita* expressando alta virulência ao cafeeiro. Essa população foi encontrada atacando cafeeiros no Paraná, representando cerca de 52% das infecções causadas por nematoides de galhas no estado. Baseado em diferenças morfológicas e biológicas com outras espécies de *Meloidogyne*, esta população foi descrita e designada como *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 1996).

### 2.4.1 Parasitismo

O nematoide *M. paranaensis* é uma espécie endoparasita sedentário obrigatório. A infecção ocorre quando o juvenil de 2º estágio ( $J_2$ ) atravessa o parênquima cortical e posiciona a região anterior na periferia do cilindro vascular, ao nível da endoderme/periciclo (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

No parasitismo, o nematoide insere seu estilete na célula vegetal e injeta secreções esofagianas, estimulando a formação de um sincício, localizado ao redor da extremidade anterior do seu corpo. Essas células são hipertrofiadas com citoplasma denso, granuloso e núcleos/nucléolos muito evidentes, essenciais à alimentação e ao desenvolvimento subsequente do nematoide (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

As alterações causadas pelo nematoide incitam uma multiplicação desordenada das células do córtex (hiperplasia) e, normalmente, formam engrossamentos radiculares, denominados galhas. No interior de uma galha, podem-se encontrar várias fêmeas se alimentando e parasitando a raiz (FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2001). A presença do sincício causa interrupção e desorganização do sistema vascular, ficando reduzida a absorção e o transporte de água e nutrientes (TIHOHOD, 1993).

#### 2.4.2 Ciclo de Vida

O nematoide *M. paranaensis* se reproduz por partenogênese mitótica obrigatória (CARNEIRO et al., 1996), no qual não é necessária a presença do macho para completar o ciclo de vida, e os ovos viáveis podem ser produzidos pelas fêmeas sem a ocorrência da fertilização. Dessa forma, os machos têm seu número reduzido ou encontrado em condições ambientais desfavoráveis, onde a fêmea passa por reversão sexual, tornando-se macho (FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2001).

Após a infecção inicial e o estabelecimento de seu parasitismo nas plantas, a fêmea inicia seu desenvolvimento tornando-se obesa, de corpo globoso, de coloração branco-leitosa, os órgãos reprodutivos amadurecem e a região anterior forma um “pescoço”. Com o amadurecimento dos órgãos reprodutivos, a fêmea deposita todos os ovos em um único local da raiz, originando um típico aglomerado ou massa (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

Os ovos mantêm-se unidos devido à presença de substâncias gelatinosas secretadas pelas glândulas retais da fêmea, que flui através do ânus durante o período de oviposição, protegendo-os da dessecação. As massas de ovos são formadas internamente, no parênquima cortical, ou externamente, sobre a superfície das raízes, podendo conter até 400 ovos (FERRAZ; MONTEIRO, 2011), dependendo do hospedeiro e das condições ambientais. Os ovos passam por fases embrionárias, dividindo-se continuamente até atingirem um estágio multinuclear, dando origem a uma fase juvenil.

No interior dos ovos, encontram-se juvenis de 1º estágio ( $J_1$ ), que sofrem a primeira ecdise, originando os juvenis de 2º estágio ( $J_2$ ). Os  $J_2$  eclodem, sendo vermiformes e móveis, e migram no solo à procura de raízes de um hospedeiro favorável (FERRAZ; MONTEIRO, 2011). Seguindo um gradiente de concentração de exsudatos radiculares, o  $J_2$  orienta seu movimento em direção à raiz e penetra na região da zona de alongamento celular, logo atrás da coifa (FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2001).

Após a penetração na raiz, o  $J_2$  estabelece o parasitismo e, gradualmente se torna mais robusto e com corpo salsichoide, perdendo sua mobilidade e tornando-se sedentário. Atingindo seu máximo crescimento, o juvenil sofre sua segunda ecdise, se transformando em juvenil de 3º estágio ( $J_3$ ), que, em seguida, dá origem ao juvenil de 4º estágio ( $J_4$ ) ou pré-adulto. Tanto o  $J_3$  como o  $J_4$  não possuem estilete e o esôfago é praticamente degenerado, sendo incapazes de se alimentar. Ocorre ainda a quarta e última ecdise, no qual o adulto (macho ou fêmea) é formado, com estilete e esôfago regenerados (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

Quando a fêmea é formada, ela continua a engrossar até ficar esférica e completa seu amadurecimento no interior da planta, resultando com a postura de ovos. Uma vez que ocorre a formação do macho, este adquire a forma vermiforme, rompe a cutícula que o envolvia no 4º estágio, abandona a raiz, não se alimenta e na maioria das espécies de *Meloidogyne*, não têm papel na reprodução (TIHOHOD, 1993; FERRAZ et al., 2010).

Normalmente, o ciclo completo de vida deste fitonematoide completa-se em 21 a 28 dias, com temperatura variando de 25 a 30 °C (FERRAZ; MONTEIRO, 2011). Entretanto, o ciclo de vida pode variar, dependendo da espécie vegetal e de fatores ambientais, como umidade e temperatura (TIHOHOD, 1993).

### 2.4.3 Sintomas

Inicialmente, o parasitismo dos nematoides do gênero *Meloidogyne* resulta na formação de galhas típicas, como as observadas em *M. exigua*, ou um leve inchaço das radículas em *M. paranaensis*, *M. incognita* e *M. coffeicola*, formadas pela própria planta, como reação à toxinas introduzidas pelo fitopatógeno (CAMPOS; VILLAIN, 2005). Embora sejam muito comuns nas plantas atacadas, não constituem sintoma obrigatório, estando ausentes em certas interações (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Carneiro et al. (1996) descreveram que plantas de café infestadas por *M. paranaensis* no campo apresentam praticamente todo o sistema radicular atacado, inclusive a raiz principal, ocasionando engrossamentos, descortiçamentos, rachaduras e necroses dos tecidos do córtex, que chegam a causar total desorganização deste tecido, podendo ocorrer redução no sistema radicular.

Em consequência dos danos causados no sistema radicular e nas células das plantas, ocorrem sintomas característicos na parte aérea, como desuniformidade no crescimento, desfolha, murcha, sintomas de deficiências nutricionais e diminuição na produção. Esses sintomas podem levar à morte da planta. Além disso, nota-se a formação de reboleiras, uma vez que a distribuição deste fitopatógeno no solo é irregular, existindo áreas de maior ou menor extensão (FERRAZ; MONTEIRO, 2011).

## 2.5 MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE *MELOIDOGYNE* SPP.

A identificação das espécies de *Meloidogyne* com precisão é difícil e, às vezes, baseada em caracteres subjetivos. Além disso, a diagnose é dificultada pelo elevado número de espécies descritas e pela existência de variabilidade intraespecífica (SANTOS, 2011).

Existem vários métodos de diagnose de *Meloidogyne* spp., como a configuração perineal de fêmeas, a morfologia da região anterior e do estilete dos machos, fêmeas e juvenis de segundo estágio (J<sub>2</sub>), características citogenéticas e identificação bioquímica e molecular.

A configuração da região perineal de fêmeas maduras foi a abordagem morfológica mais usada na identificação de meloidoginoses, pois essa região contém marcas cuticulares características de cada espécie. No entanto, esses padrões perineais usados isoladamente são subjetivos e não apresentam boa precisão, sendo conveniente métodos complementares da caracterização enzimática ou molecular (CARNEIRO et al., 2004; CARNEIRO; COFCEWICZ, 2008).

A identificação de raças fisiológicas nesta espécie é obtida pelo teste de hospedeiros diferenciadores, estabelecido na Carolina do Norte (HARTMAN; SASSER, 1985), sendo frequentes as variações intraespecíficas encontradas em populações de campo.

Estudos biológicos apontam que a variabilidade genética existente no gênero *Meloidogyne* pode estar relacionada ao modo de reprodução, no qual varia de anfimixia à partenogênese facultativa ou obrigatória, ao grau de ploidia e das variações no número de cromossomos somáticos (CHITWOOD; PERRY, 2000).

Estudos bioquímico, que envolvem proteínas solúveis, têm se destacado como uma das técnicas mais confiáveis na identificação de espécies de nematoide das galhas, por serem as esterases espécie-específicas e malato desidrogenases auxiliares, sendo possível identificar aproximadamente 40 espécies diferentes (BLOK; POWERS, 2009).

A caracterização de espécies de *Meloidogyne* através da técnica de eletroforese de isoenzimas possibilita o estudo da variação genética ao nível de enzimas, as quais representam a expressão primária do gene (PIMENTEL, 1988). Baseia-se na separação de partículas em um determinado gel de acordo com sua massa e carga. Com esse método, é possível o reconhecimento de espécies, ainda que em mistura, mas é empregada unicamente para fêmeas, não permitindo a utilização de outros estádios de desenvolvimento (SALGADO; CARNEIRO; PINHO, 2011).

A técnica de PCR (Polimerase Chain Reaction) é o método de análise de DNA que auxiliou na descrição de outras classes de marcadores moleculares. Associadas às técnicas de clonagem e sequenciamento, possibilita um rápido acúmulo de informações sobre o genoma (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

Além disso, outras técnicas associadas ao PCR, como o método RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), foram utilizadas para estudos genéticos e diferenciação de muitas espécies de *Meloidogyne* (CENIS, 1993; CASTAGNONO-SERENO et al., 1994; BLOK et al., 1997; RANDIG et al., 2002).

Recentemente está sendo utilizada a conversão dos marcadores RAPD em SCAR (Sequence Characterized Amplified Regions), que podem ser usados como pontos de referência física no genoma, auxiliando no mapeamento, estando associados a algum genótipo de interesse (MIENIE et al., 2002; NOIR et al., 2003).

## 2.6 MANEJO DE FITONEMATOIDES

O manejo de fitonematoides é, de modo geral, uma tarefa difícil e devem ser evitadas a entrada e a disseminação destes fitoparasitas em áreas no qual não se encontram presentes. Uma vez constatada a presença destes em áreas de cultivo, deve-se fazer a identificação e determinação do nível populacional para que sejam aplicadas as formas de manejo apropriadas (FERRAZ et al., 2010).

O princípio da exclusão é o mais importante quando se trata do controle de fitonematoides, isto é, deve-se evitar o estabelecimento deste organismo em locais onde ele não ocorra. A partir do momento que a área foi infestada, a erradicação torna-se praticamente impossível, mas a adoção de medidas de controle pode reduzir a população de nematoides. Além disso, medidas fitossanitárias como limpeza de equipamentos, uso de materiais de plantio isentos de fitoparasitas e procedimentos quarentenários, constituem métodos para evitar a disseminação dos nematoides (FERRAZ et al., 2010).

Existem métodos alternativos de manejo de fitonematoides, como destruição de restos culturais, pousio, inundação do solo, revolvimento do solo, alteração da época de plantio e colheita, adubação, termoterapia, solarização e biofumigação, plantio em local isento de nematoides de importância econômica, uso de material isento de nematoides, rotação de cultura, controle químico, controle biológico, controle genético, entre outros (FERRAZ et al., 2010).

Contudo, esses métodos de controle não são praticáveis em todas as áreas de cultivo, pois um manejo eficiente de nematoides requer uma combinação cuidadosa de diferentes táticas de controle praticáveis e economicamente viáveis.

Embora a rotação de culturas seja um método muito recomendado para o manejo de nematoides em culturas anuais ou perenes de ciclo curto, normalmente é dificultada por fatores econômicos, devido à tendência sobre a monocultura (FERRAZ et al., 2010).

O controle químico constitui no uso de nematicidas, e tem sido restringido na agricultura mundial, principalmente a partir da década de 1980.

Com a retirada de vários produtos do mercado, devido à persistência no solo, à contaminação dos lençóis freáticos e dos efeitos prejudiciais aos seres humanos e à fauna do planeta, adicionando os altos custos e a eficiência temporária de alguns produtos (FERRAZ et al., 2010). Entretanto, esse método de controle pode ser eficiente através do tratamento de sementes que, além de minimizar os impactos ambientais, são de baixo custo para o produtor.

O controle biológico é a redução da população de fitonematoides por diversos inimigos naturais, como fungos, bactérias, vírus, tardígrados, ácaros e nematoides predadores (FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2001).

O controle genético em café constitui no uso de cultivares resistentes de pé franco ou porta-enxertos e representa um dos métodos mais eficientes e econômicos, considerando sua compatibilidade com outras práticas de manejo, além de não ser prejudicial ao ambiente (LUC; REVERSAT, 1985). A partir do conhecimento prévio da população de nematoides presentes na área de cultivo é possível a recomendação de cultivares resistentes (TRUDGILL, 1991).

Plantas que apresentam tolerância também podem ser indicadas, pois essas suportam ou se recuperam de danos causados pelo nematoide, mesmo sob alta infestação (TRUDGILL, 1991).

## 2.7 RESISTÊNCIA GENÉTICA DOS CAFEIROS AOS NEMATOIDES

A produção mundial de café está limitada às espécies de *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre ex Froehner, porém, os programas de melhoramento veem buscando características favoráveis em outras espécies (FAZUOLI, 1986). Apesar de serem escassas em *C. arabica*, houve a necessidade de buscas fontes de resistência a *Meloidogyne* e outras

espécies, assim, foram encontradas em espécies de *C. canephora*, *C. congensis* Froehner e *C. dewevrei* De Wild et Th. Dur. (GONÇALVES, 1999).

Pesquisas indicam que cafeeiros de *C. canephora* apresentam resistência a *M. exigua* (FAZUOLI et al., 1987; ANTHONY et al., 2003; SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. paranaensis* (SERA et al., 2006) e *M. incognita* (FAZUOLI et al., 1987; SERA et al., 2006).

Algumas seleções das cultivares Bangelan e Uganda de *C. congensis* apresentaram resistência à raça 3 de *M. incognita* (GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988). Em alguns acessos de *C. arabica* da Etiópia foi observada resistência a *M. paranaensis* (ANTHONY et al., 2003; BOISSEAU et al., 2009).

Atualmente, para áreas infestadas com nematoides, vem sendo amplamente recomendada a enxertia hipocotiledonar, que usa como porta-enxerto a cultivar Apatã IAC 2258 de *C. canephora*, resistente a *M. exigua* (FAZUOLI et al., 1987; SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. incognita* (FAZUOLI et al., 1987; SERA et al., 2006) e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008).

O uso do porta-enxerto ‘Apatã IAC 2258’ tem permitido o cultivo de café em áreas infestadas desde 1987. Entretanto, existem alguns inconvenientes do uso de porta-enxertos em comparação com cultivares de pé franco, como a taxa de segregação para a suscetibilidade aos nematoides de 10 a 15%, devido ao sistema reprodutivo de *C. canephora*, que apresenta fecundação cruzada; pequena taxa de quebra do cavaleiro na região da enxertia e maior necessidade de replantio (cerca de 10 a 15%) (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Além dessas diferenças, o custo das mudas enxertadas é mais alto.

Em híbridos interespecíficos entre *C. arabica* e *C. canephora* foi encontrada resistência, como em cafeeiros derivados do Híbrido de Timor e em Icatu. A resistência a *M. exigua* foi observada em cafeeiros nos germoplasmas do Híbrido de Timor, Catimor (GONÇALVES; PEREIRA, 1998; RIBEIRO et al., 2005), Sarchimor (FAZUOLI et al., 1983; GONÇALVES; PEREIRA, 1998; SILVAROLLA; GONÇALVES; LIMA, 1998; SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), Cachimor (GONÇALVES; PEREIRA, 1998), Icatu, Icatu x Sarchimor, Catuaí x Híbrido de Timor e Catuaí x Arabusta (SILVAROLLA; GONÇALVES; LIMA, 1998). A resistência a *M. exigua* também foi identificada em acesso de *C. racemosa* Lour. (ANTHONY et al., 2003).

Plantas do “Icatu” apresentaram resistência a *M. incognita* (FAZUOLI et al., 1984; MATA et al., 2002; SERA et al., 2004) e a *M. paranaensis* (MATA et al., 2000, 2002; SERA et al., 2004), enquanto que cafeeiros do “Sarchimor” foram resistentes para algumas

raças de *M. incognita* (FAZUOLI et al., 1983; GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988) e *M. paranaensis* (SERA et al., 2009). Seleções de “Icatu” como a linhagem 925, têm apresentado boa resistência a *M. paranaensis* (MATIELLO et al., 2005).

Apesar de existirem fontes de resistência, poucas cultivares de café arábica pé franco com resistência aos nematoides foram desenvolvidas. Até o momento, ‘IAPAR 59’ (“Sarchimor”) (SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), ‘Tupi RN IAC 1669-13’ (“Sarchimor”), ‘Acauã’ (“Sarchimor” x “Mundo Novo”) e ‘Catucaí 785/15’ (“Catucaí” x “Icatu”) (MATIELLO et al., 2005) foram as únicas cultivares brasileiras identificadas como sendo resistentes ao *M. exigua*. As cultivares de café IPR 100 (“Catucaí” x (“Catucaí” x “cafeeiro da série BA-10”) e IPR 106 (“Icatu”), ambas desenvolvidas pelo IAPAR, apresentaram resistência simultânea aos nematoides *M. paranaensis* e algumas raças de *M. incognita*. ‘IPR 100’ foi resistente às raças 1 e 2 de *M. incognita*, enquanto que ‘IPR 106’ foi resistente somente à raça 2 (SERA et al., 2007, 2009; ITO et al., 2008; KANAYAMA et al., 2009). Ambas ainda não foram testadas para a resistência às raças 3 e 4 de *M. incognita* e nem para *M. exigua*. ‘Icatu Vermelho IAC 3888’ também é resistente ao *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

Para *M. exigua*, foi identificado um gene maior de resistência denominado *Mex-1* que possui dominância incompleta (NOIR et al., 2003; ALPIZAR; ETIENNE; BERTRAND, 2007). A herança da resistência ao *M. incognita* foi analisada em híbridos F<sub>1</sub> e em populações segregantes F<sub>2</sub>, que indicaram a presença de um gene dominante em alguns cruzamentos e dois genes dominantes complementares em outros cruzamentos. Além disso, é provável que a dominância seja incompleta, pois foi observado mais de massas de ovos comparados com os híbridos F<sub>1</sub> (ANZUETO et al., 2001).

É comum encontrar misturas de espécies ou raças de nematoides em amostras oriundas de um mesmo cafezal. Isto dificulta o emprego de algumas estratégias de manejo, como as baseadas na utilização de plantas resistentes e rotação de culturas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). As populações de *Meloidogyne* apareceram misturadas em 24% das amostras de cafezais paulistas, com a predominância de *M. incognita* e *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 2005).

Portanto, a indicação de cultivares com resistência específica para os nematoides é dificultada quando existe a mistura de espécies e raças. Isso demonstra a importância de se obterem cultivares de café com resistência simultânea para vários nematoides.



## 2.8 MECANISMOS DE RESISTÊNCIA AOS NEMATOIDES

Os mecanismos de defesa em resposta à infecção pelo nematoide, no qual uma planta resistente restringe ou previne a reprodução desse patógeno podem ser pré e/ou pós-infectivos (HUANG, 1985). Os mecanismos de pré-infecção limitam a penetração dos nematoides das galhas devido a fatores morfológicos pré-existentes, e pela produção de exsudados radiculares que não atraem ou repelem os J<sub>2</sub> (JANTALA; RUSSELL, 1972). Nos mecanismos pós-infeccionais, ocorre a ativação de processos fisiológicos e moleculares da planta, que inibem a formação do sítio de alimentação, prevenindo/retardando o desenvolvimento dos J<sub>2</sub> limitando a reprodução do nematoide (HUANG, 1985; OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2013).

Existem diversos mecanismos de resistência em plantas atacadas por nematoides do gênero *Meloidogyne*, destacando a reação de hipersensibilidade, acúmulo de composto fenólicos, formação de fitoalexinas e aumento na atividade de enzimas oxidativas, como peroxidases, polifenoloxidasas e fenilalanina-amônia-liase (FAL) (GIELBEL, 1982).

A reação de hipersensibilidade (RH) representa um dos principais mecanismos de defesa da planta, provocando mudanças histológicas após a penetração na raiz de café, como a morte celular próxima ao sítio de infecção do J<sub>2</sub> (SILVA et al., 2013). As reações de RH são frequentemente acompanhadas por morte de células ao redor do nematoide, seja durante a migração ou após o estabelecimento do sítio de alimentação (RODRIGUES et al., 2000). Anthony et al. (2005) observaram na cultivar de café arábica IAPAR 59, inoculada com *M. exigua*, a presença de células necróticas ao redor do sítio de alimentação e sugeriram que é o resultado do controle genético de resistência com base na interação gene-a-gene de Flor (1971).

A resistência pós-infeccional em plantas de café ao nematoide *M. exigua* não limita-se à RH, existindo um conjunto de respostas de defesa, tanto constitutivas quanto induzidas, expressas após a penetração do nematoide, que inibem a formação do sítio de alimentação, provocam a emigração dos J<sub>2</sub> e atrasam ou inibem o desenvolvimento e a reprodução do nematoide (SILVA et al., 2013).

Durante a RH, diversas rotas bioquímicas também podem ser ativadas, culminando com o aumento de atividades de enzimas, produção de compostos fenólicos, lignina e fitoalexinas, entre outros (SILVA et al., 2013).

Anthony et al. (2005) observaram que a RH desencadeada pelo parasitismo de *M. exigua* na cultivar IAPAR 59, portadora do gene de resistência *Mex-1*, não impediu a

formação de algumas células gigantes, mas evitou o desenvolvimento dos sítios de alimentação e dos nematoides. A infecção do cafeeiro Catimor por *M. exigua* e *M. megadora* também foi explicada pela observação de células necróticas ao redor e no sítio de alimentação (RODRIGUES et al., 2000). Diferenças nas características morfológicas dos locais de alimentação estão relacionados com diferentes graus de resistência e suscetibilidade das plantas de café (RODRIGUES et al., 2000).

Lima et al. (2013) observaram três mecanismos de resistência em clone de café Conilon, um inicial, durante a migração dos J<sub>2</sub> nas células corticais, com nítidas RH e morte celular, impedindo a migração do J<sub>2</sub>, e outros mais tardios, o primeiro, com morte celular muito intensa ao redor de fêmeas jovens e sítios de alimentação e o segundo, com vacuolização e degeneração citoplasmática interna das células gigantes.

### 3 PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA COM RESISTÊNCIA AO NEMATOIDE *MELOIDOGYNE PARANAENSI*

#### 3.1 RESUMO:

Apesar de existirem fontes de resistência, ainda são poucas as cultivares de café arábica pé franco com resistência a *Meloidogyne paranaensis*. Os objetivos do trabalho foram avaliar a reação de progênies de café arábica ao nematoide *M. paranaensis* e selecionar progênies com resistência a esse patógeno. O experimento foi conduzido em telado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina-PR, Brasil. Mudanças com três a quatro pares de folhas foram inoculadas com 5000 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. paranaensis*. Foram avaliadas 22 progênies F3 de *C. arabica* derivadas do cruzamento [“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’ e três progênies derivadas do cruzamento ‘IPR 100’ x “Sarchimor”. Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 81 e *C. canephora* cv. Apatã IAC 2258. O experimento foi instalado em blocos casualizados com 25 tratamentos, 12 repetições e uma planta por parcela. As avaliações foram efetuadas 90 dias após a inoculação. Foram avaliados o número de ovos e juvenis de segundo estágio (NOJ.g-1) e o fator de reprodução (FR). Para classificar os níveis de resistência das progênies foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). Cinco progênies não diferiram estatisticamente do padrão resistente ‘Apatã IAC 2258’ pelo NOJ.g-1. As 12 progênies classificadas como R (resistente) pelo ISH foram classificadas como AR (altamente resistente) pelo RFR, sendo que sete progênies apresentaram 100% de plantas classificadas como AR e R, e cinco tratamentos apresentaram 100% de plantas AR, R e MR (moderadamente resistente). As progênies F3 que foram classificadas, simultaneamente, como AR pelo RFR e R pelo ISH serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica resistentes a *M. paranaensis*.

**Palavras-Chave:** Café. Melhoramento genético. Nematóide de galha.

## COFFEE ARABICA PROGENIES WITH RESISTANCE TO NEMATODE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS*

### 3.2 ABSTRACT

Although sources of resistance to nematode are available, there are few cultivars of arabica coffee ungrafted with resistance to *Meloidogyne paranaensis*. The aims of this study were to evaluate the reaction of the progenies of arabica coffee to *M. paranaensis* and to select progenies with resistance to that pathogen. The experiment was conducted in greenhouse at Agricultural Research Institute of Paraná (IAPAR) in Londrina, Paraná state, Brazil. Seedlings with three to four pairs of leaves were inoculated with 5000 eggs and second stage juveniles of *M. paranaensis*. At experiment were evaluated 20 F3 *Coffea arabica* progenies derived from the cross [“Catuaí” x (“Catuaí” x “coffee BA-10 series”)] x ‘IPR 100’ and three progenies derived from the cross ‘IPR 100’ x “Sarchimor”. Such as susceptibility and resistance check were used *C. arabica* cv. Catuaí IAC 81 and *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258. At experiment was conducted at randomized blocks design with 25 treatments and 12 replications of one plant per plot. The evaluations were performed 90 days after inoculation. The number of eggs and second stage juveniles per gram of roots (NEJ.g-1) and reduction factor were evaluated. The reduction of the reproduction factor (RRF) and the index of host susceptibility (IHS) were used to classify the resistance levels of coffees. Five progenies did not differ statistically to the resistant check ‘Apoatã IAC 2258’ for NEJ.g-1. The 12 progenies classified such as R (resistant) by IHS were classified such as HR (highly resistant) by RFR, with seven progenies showed 100% of plants classified such as HR and R and five with 100% of HR, R and MR (moderately resistant) plants. Progenies that showed resistance will be advanced and has potential to become new coffee cultivars with resistance to *M. paranaensis*.

**Key Words:** Coffee. Breeding. Root-knot nematode.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O café é umas das principais commodities no comércio agrícola internacional. O Brasil é o maior produtor e o segundo maior consumidor (CONAB 2013).

Dentre os principais fatores limitantes à cafeicultura brasileira, destacam-se os nematoides das galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* (CHITWOOD, 1949), os quais se encontram amplamente disseminados e distribuídos nas plantações de café, onde causam grandes perdas aos produtores e para a economia do país (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

*Meloidogyne paranaensis* Carneiro et al., 1996 é um dos principais nematoides que parasitam o cafeeiro no Brasil. Esta espécie induz necrose foliar, reduz o crescimento, provoca queda de folhas e um declínio geral da planta, podendo até causar a morte da planta (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Geralmente, o controle de fitonematoides é difícil de ser realizado, uma vez que em áreas infestadas sua erradicação é praticamente impossível (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). A principal estratégia de manejo é evitar a disseminação de solos, águas e culturas com esse patógeno. Outras estratégias de manejo disponíveis são: o controle genético, químico, biológico e cultural (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

A resistência de plantas tem sido considerada como uma das principais estratégias de manejo de fitonematoides, principalmente para os endoparasitos sedentários, como os do gênero *Meloidogyne*, que apresentam uma interação especializada com seus hospedeiros (ROBERTS, 2002).

Fontes de resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* são escassas em *Coffea arabica* L., porém foram encontrados em espécies de *C. canephora* Pierre ex Froehner, *C. congensis* Froehner e *C. dewevrei* De Wild et Th. Dur. (GONÇALVES, 1999).

Seleções de “Icatu” como a linhagem 925 têm apresentado boa resistência a *M. paranaensis* (MATIELLO et al., 2005), além de plantas de “Icatu” (MATA et al., 2000, 2002; SERA et al., 2004). ‘Icatu Vermelho IAC 3888’ também é resistente a *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007); em alguns acessos de *C. arabica* da Etiópia foi observada resistência a *M. paranaensis* (ANTHONY et al., 2003; BOISSEAU et al., 2009).

Atualmente, para áreas infestadas com nematoides, vem sendo amplamente recomendada a enxertia hipocotiledonar, que usa como porta-enxerto a cultivar Apoatã IAC 2258 de *C. canephora*, resistente a *M. exigua* (FAZUOLI et al., 1987; SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. incognita* (FAZUOLI et al., 1987; SERA et al., 2006) e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006). Entretanto, existem alguns inconvenientes do uso de porta-enxertos, como a taxa de segregação para a suscetibilidade aos nematoides de 10 a 15%, devido ao sistema reprodutivo de *C. canephora*, que apresenta fecundação cruzada (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

A cultivar IPR 100, derivada do cruzamento entre “Catuai” e um cafeeiro arábico da série BA-10 portador de genes de *C. liberica* Hiern, apresentou resistência a *M. paranaensis* e às raças 1 e 2 de *M. incognita*, provavelmente originadas de *C. liberica* (SERA et al., 2007, 2009; ITO et al., 2008; KANAYAMA et al., 2009).

Apesar de existirem fontes de resistência aos nematoides, poucas são as cultivares de café arábica pé franco que apresentam resistência, por isso os objetivos do trabalho foram avaliar a reação de progênies de café arábica ao nematoide *M. paranaensis* e selecionar progênies com resistência.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em telado no Instituto Agronômico do Paraná, em Londrina, PR, Brasil (23°21'20.0"S 51°09'58.2"W), entre os meses de fevereiro e junho de 2012. As médias de temperatura máxima e mínima, durante o período do experimento, foram de 35,3 °C e 22,2 °C, respectivamente. As mudas foram obtidas através de semeadura em germinadores contendo areia. Ao atingirem o estágio cotiledonar foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL, para completar seu desenvolvimento até atingirem três a quatro pares de folhas, quando foram inoculadas. O substrato foi formulado contendo uma mistura de solo e areia 1:1, previamente esterilizada em estufa a 100 °C por três horas com umidade em capacidade de campo. Para cada 72 litros de solo foram adicionados 230 g de Super fosfato simples; 22 g de KCl; 24 g de Uréia e 72 g de Calcário dolomítico. A adubação e correção do pH, foram realizadas conforme resultado da análise química do solo.

O inóculo foi extraído a partir de populações puras confirmadas através de eletroforese e multiplicado em plantas de tomateiro da cultivar Santa Clara e cafeeiros da cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, em condições de telado, por cerca de seis meses, segundo o método de Boneti e Ferraz (1981).

A concentração de ovos foi determinada em câmara de contagem de Peters e a suspensão calibrada para 1000 ovos/mL, sendo que foram inoculados 5000 ovos de *M. paranaensis* em três orifícios de aproximadamente 1 cm de profundidade, feitos com um bastão de vidro ao redor das plantas.

Os tratamentos consistiram de 20 progênies F<sub>3</sub> de *C. arabica* derivadas do cruzamento entre [“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’ e três progênies derivadas do cruzamento de ‘IPR 100’ x “Sarchimor”. As plantas das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> derivadas desses dois cruzamentos foram selecionadas para várias características agronômicas em experimentos de campo, sem a presença de nematoides. As progênies F<sub>3</sub> foram instaladas em experimentos de campo, com a presença de *M. paranaensis*, no município de Lupionópolis, no Estado do Paraná. As sementes de plantas individuais das progênies F<sub>3</sub> que apresentaram características agronômicas desejáveis foram coletadas e as plantas foram testadas para a resistência a *M. paranaensis* no presente trabalho. Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 81 e *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258 (Tabela 1). O experimento foi instalado em blocos casualizados com 25 tratamentos, 12 repetições e uma planta por parcela.

As avaliações foram realizadas 90 dias após a inoculação, sendo descartada a parte aérea e recolhidos os sistemas radiculares, lavados e pesados. Em seguida, procedeu-se a extração dos ovos, empregando-se a metodologia de Boneti e Ferraz (1981). A quantificação do número de ovos por sistema radicular foi estimada através de contagem em câmara de Peters sob microscópio óptico. Com os dados do peso do sistema radicular e NOJ, foi determinado o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes ( $\text{NOJ.g}^{-1}$ ).

Os dados de  $\text{NOJ.g}^{-1}$  foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias avaliada pelo teste de Hartley a 5% de probabilidade.

Os dados foram transformados para  $\text{Log}(x) + 1$ , para posteriormente, efetuar a análise de variância e teste de médias Scott Knott à 5% de probabilidade.

Para classificar os níveis de resistência das progênies, foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). O fator de reprodução (FR) foi estimado pela diferença entre população (número de ovos e juvenis de 2º estágio) final e inicial de nematoides e usado para cálculo do RFR. O RFR foi calculado com base na fórmula:  $\text{RFR} = [(\text{FR do padrão suscetível} - \text{FR do tratamento}) / \text{FR do padrão suscetível}] \cdot 100$  (Moura; Regis, 1987). Baseado no RFR os genótipos foram classificados segundo a escala de Moura e Regis (1987) modificada, onde: 0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

O ISH foi obtido utilizando a fórmula  $\text{ISH} = (\text{NOJ.g}^{-1} \text{ do tratamento} / \text{NOJ.g}^{-1} \text{ do padrão suscetível}) \cdot 100$  (GONÇALVES; FERRAZ, 1987 modificado). Os valores de ISH foram usados para classificar os níveis de resistência dos cafeeiros segundo os critérios de Fassuliotis (1985) modificado, que correspondem a: 0 a 1% = altamente resistente (AR); 1,1 a 10% = resistente (R); 10,1 a 25% = moderadamente resistente (MR); 25,1 a 50% = moderadamente suscetível (MS); 50,1 a 75% = suscetível (S); 75,1 a 100% = altamente suscetível (AS).

O FR, RFR e ISH foram calculados baseados nos dados da média das parcelas. A porcentagem de plantas com diferentes níveis de resistência, obtidos do RFR e ISH, foi calculada utilizando os dados de parcelas individuais do padrão suscetível com os dados das respectivas parcelas dos tratamentos.

**Tabela 3.1** – Progênes F<sub>3</sub> de café arábica derivadas do cruzamento entre [“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’, e ‘IPR 100’ e “Sarchimor” avaliadas para a resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*.

Progênes F <sub>3</sub>	Origem	Descrição
IAPAR 12131	IAPAR 99366-11-102-84	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12132	IAPAR 00069-1-87-34	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12133	IAPAR 00069-5-12-38	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12134	IAPAR 00069-5-12-49	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12135	IAPAR 00069-5-14-22	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12136	IAPAR 00069-5-14-29	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12137	IAPAR 00069-07-81-02	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12138	IAPAR 00069-07-81-60	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12139	IAPAR 00069-08-94-15	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12140	IAPAR 00069-08-94-54	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12141	IAPAR 00069-08-97-17	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12142	IAPAR 00069-08-97-32	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12143	IAPAR 00069-08-110-19	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12144	IAPAR 00069-08-98-38	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12145	IAPAR 00070-03-35-43	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12146	IAPAR 00070-03-35-44	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12147	IAPAR 00070-03-51-24	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12148	IAPAR 00070-17-43-12	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12149	IAPAR 00070-17-43-29	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12150	IAPAR 00071-07-51-10	[“Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’
IAPAR 12151	IAPAR 00059-02-71-13	‘IPR 100’ x “Sarchimor E9601 III-19-1”
IAPAR 12152	IAPAR 00059-07-102-3	‘IPR 100’ x “Sarchimor E9601 III-19-1”
IAPAR 12153	IAPAR 00059-07-102-5	‘IPR 100’ x “Sarchimor E9601 III-19-1”
IAPAR 12154	‘Catuai Vermelho IAC 81’	Padrão suscetível
IAPAR 12155	‘Apoatã IAC 2258’	Padrão resistente



## 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinco progênies apresentaram  $\text{NOJ.g}^{-1}$  diferiram estatisticamente ao padrão resistente ‘Apoatã IAC 2258’. O padrão suscetível e o tratamento 1 não diferiram estatisticamente e apresentaram maior  $\text{NOJ.g}^{-1}$  (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** – Médias de número de ovos e juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raiz ( $\text{NOJ.g}^{-1}$ ) de progênies F3 de café arábica.

Tratamento	Progênies F <sub>3</sub>	$\text{NOJ.g}^{-1(1)}$	Fator de Reprodução
16	IAPAR 12146	134,65 a	0,30
15	IAPAR 12145	154,61 a	0,32
14	IAPAR 12144	158,33 a	0,32
18	IAPAR 12148	166,43 a	0,27
9	IAPAR 12139	229,03 b	0,47
20	IAPAR 12150	258,17 b	0,38
10	IAPAR 12140	258,63 b	0,52
17	IAPAR 12147	269,12 b	0,20
3	IAPAR 12133	327,69 b	0,62
23	IAPAR 12153	415,63 b	0,36
7	IAPAR 12137	428,35 b	0,51
22	IAPAR 12152	446,43 b	0,35
2	IAPAR 12132	943,34 b	2,55
19	IAPAR 12149	960,90 b	3,11
12	IAPAR 12142	1250,32 b	3,49
11	IAPAR 12141	1435,59 b	2,44
21	IAPAR 12151	1505,94 b	4,05
25	‘Apoatã IAC 2258’	1642,58 b	1,95
5	IAPAR 12135	1738,58 b	5,10
13	IAPAR 12143	1930,58 b	1,96
4	IAPAR 12134	2053,92 b	4,17
8	IAPAR 12138	2059,88 b	5,85
6	IAPAR 12136	4630,26 c	8,68
24	‘Catuai Vermelho IAC 81’	9639,71 d	12,28
1	IAPAR 12131	11217,05 d	11,55
CV% 27,82			

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Dados transformados para  $\log(x) + 1$ .

**Fonte:** próprio autor

Baseando-se na média da RFR, 12 progênies foram classificadas como altamente resistentes (AR) e apresentaram 100% das plantas classificadas como AR, R e MR (tabela 3.3). O tratamento 17 se destacou porque 100% das plantas foram classificadas como AR. Seis progênies tiveram 100% das plantas classificadas entre AR e R. O padrão resistente foi classificado como MR.

**Tabela 3.3** – Redução do fator de reprodução (RFR), nível de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*.

T <sup>1</sup>	Denominação	RFR	NR	%AR	%R	%MR	%MS	%S	%AS
16	IAPAR 12146	97,53	AR	83	8	8	0	0	0
15	IAPAR 12145	97,39	AR	92	0	8	0	0	0
14	IAPAR 12144	97,83	AR	92	8	0	0	0	0
18	IAPAR 12148	97,39	AR	75	25	0	0	0	0
9	IAPAR 12139	96,15	AR	75	17	8	0	0	0
20	IAPAR 12150	96,88	AR	75	25	0	0	0	0
10	IAPAR 12140	95,79	AR	58	33	8	0	0	0
17	IAPAR 12147	98,34	AR	100	0	0	0	0	0
3	IAPAR 12133	94,98	AR	42	58	0	0	0	0
23	IAPAR 12153	97,07	AR	83	17	0	0	0	0
7	IAPAR 12137	95,82	AR	75	17	8	0	0	0
22	IAPAR 12152	97,12	AR	75	25	0	0	0	0
2	IAPAR 12132	79,24	MR	58	25	0	0	8	8
19	IAPAR 12149	74,65	MS	33	25	33	0	0	8
12	IAPAR 12142	71,61	MS	42	33	0	0	8	17
11	IAPAR 12141	80,14	MR	50	17	8	17	8	0
21	IAPAR 12151	67,03	MS	33	25	17	8	0	17
25	‘Apoatã IAC 2258’	84,12	MR	50	0	17	17	8	8
5	IAPAR 12135	58,51	MS	42	8	17	0	0	33
13	IAPAR 12143	84,02	MR	50	0	17	25	8	0
4	IAPAR 12134	66,05	MS	33	33	8	8	0	17
8	IAPAR 12138	52,40	MS	33	25	8	0	0	33
6	IAPAR 12136	29,36	S	17	8	17	8	0	50
24	‘Catuai Vermelho IAC 81’	---	---	---	---	---	---	---	---
1	IAPAR 12131	5,97	AS	0	0	8	8	25	58

<sup>1</sup> Os tratamentos (T) foram ordenados decrescentemente, com base no número de ovos e juvenis por grama de raiz (NOJ.g<sup>-1</sup>).

**Fonte:** próprio autor

De acordo com o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), 12 progênies foram classificadas como resistentes (R), sete como moderadamente resistentes (MR) e quatro progênies como moderadamente suscetíveis (MS). O padrão resistente foi classificado como MR (tabela 3.4). As 12 progênies classificadas como R pelo ISH foram classificadas como AR pelo RFR, sendo que 7 progênies apresentaram 100% de plantas classificadas como AR e R, e cinco tratamentos apresentaram 100% de plantas AR, R e MR. Portanto, nessas 12 progênies, a resistência provavelmente está em condição homozigótica.

**Tabela 3.4** – Índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), nível de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*.

T <sup>1</sup>	Denominação	ISH	NR	%AR	%R	%MR	%MS	%S	%AS
16	IAPAR 12146	1,27	R	50	50	0	0	0	0
15	IAPAR 12145	1,47	R	50	42	8	0	0	0
14	IAPAR 12144	1,58	R	50	50	0	0	0	0
18	IAPAR 12148	1,50	R	33	67	0	0	0	0
9	IAPAR 12139	2,17	R	17	83	0	0	0	0
20	IAPAR 12150	2,44	R	33	58	8	0	0	0
10	IAPAR 12140	2,45	R	17	83	0	0	0	0
17	IAPAR 12147	2,55	R	25	75	0	0	0	0
3	IAPAR 12133	3,11	R	17	75	0	8	0	0
23	IAPAR 12153	3,94	R	0	83	17	0	0	0
7	IAPAR 12137	4,06	R	17	83	0	0	0	0
22	IAPAR 12152	4,11	R	8	83	8	0	0	0
2	IAPAR 12132	19,02	MR	0	83	0	0	8	8
19	IAPAR 12149	21,94	MR	17	25	42	8	0	8
12	IAPAR 12142	11,86	MR	17	58	0	8	17	0
11	IAPAR 12141	23,77	MR	8	67	0	8	8	8
21	IAPAR 12151	14,29	MR	17	58	8	8	0	8
25	‘Apoatã IAC 2258’	15,59	MR	42	17	8	8	17	8
5	IAPAR 12135	35,58	MS	17	33	17	8	8	17
13	IAPAR 12143	18,325	MR	0	0	8	25	0	67
4	IAPAR 12134	30,28	MS	8	58	8	0	0	25
8	IAPAR 12138	27,66	MS	8	58	0	0	8	25
6	IAPAR 12136	49,70	MS	0	25	17	0	8	50
24	‘Catuaí Vermelho IAC 81’	---	---	---	---	---	---	---	---
1	IAPAR 12131	100,39	AS	0	0	0	8	33	58

<sup>1</sup> Os tratamentos (T) foram ordenados decrescentemente, com base no número de ovos e juvenis por grama de raiz (NOJ.g<sup>-1</sup>).

**Fonte:** próprio autor

O padrão resistente Apoatã IAC 2258 foi classificado como MR tanto pelo RFR quanto pelo ISH. Isto ocorreu porque em ‘Apoatã IAC 2258’ foram observadas 33% das plantas classificadas como MS, S e AS, indicando que está ocorrendo segregação para plantas suscetíveis. Existem alguns inconvenientes do uso de porta-enxertos em comparação com cultivares de pé franco como: taxa de segregação para a suscetibilidade aos nematoides de 10 a 15%, devido ao sistema reprodutivo de *C. canephora*, que apresenta fecundação cruzada, além de pequena taxa de quebra do cavaleiro na região da enxertia (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). O nível de resistência de ‘Apoatã IAC 2258’ seria similar ao das progênes F<sub>3</sub> resistentes se não estivesse ocorrendo essa segregação de plantas suscetíveis.

Neste trabalho, as progênes avaliadas foram originadas do cruzamento entre [“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’ e ‘IPR 100’ x “Sarchimor E9601 III-19-1”. ‘IPR 100’ é considerada resistente a *M. paranaensis* (ITO et al., 2008; SERA et al., 2009) e também foi originada do cruzamento entre “Catuaí” e (“Catuaí” x

“cafeeiro da série BA-10”). Os genótipos “Catuai” x (“Catuai” x “cafeeiro da série BA-10”) e “Sarchimor E9601 III-19-1” que foram utilizados nos cruzamentos que originaram as progênies F<sub>3</sub> são suscetíveis a *M. paranaensis*. Portanto, a resistência a *M. paranaensis* observada nas progênies desse experimento foi originada da cultivar IPR 100, cuja resistência, provavelmente, é proveniente do cafeeiro da série BA-10, que é portador de genes de *C. liberica*. Até o momento, não existem estudos comprovando que *C. liberica* é resistente a *M. paranaensis*.

A resistência a *M. paranaensis* foi observada nas espécies *C. arabica* (ANTHONY et al., 2003, BOISSEAU et al., 2009) e *C. canephora* (SERA et al., 2006). Essa resistência também foi observada em genótipos de *C. arabica* portadores de genes das espécies *C. canephora* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007; ITO et al., 2008; SERA et al., 2009; MATIELLO et al., 2005) e *C. liberica* (ITO et al., 2008; SERA et al., 2009).

Apesar de existirem essas fontes de resistência a *M. paranaensis*, poucas são as cultivares de café arábica resistentes. Até o momento ‘IPR 100’ (ITO et al., 2008; SERA et al., 2009) e ‘IPR 106’ (ITO et al., 2008) são cultivares de café arábica identificadas como sendo resistentes a esse nematoide. Além dessas, também é considerada resistente a cultivar porta-enxerto ‘Apoatã IAC 2258’ da espécie *C. canephora* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008). As 12 progênies F<sub>3</sub> que foram classificadas, simultaneamente, como AR pelo RFR e R pelo ISH serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica resistentes a *M. paranaensis*.

### 3.6 CONCLUSÃO

Foram identificadas 12 progênies de café arábica resistentes a *M. paranaensis*. Estas serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica.

## 4 REAÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA AO NEMATOIDE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS*

### 4.1 RESUMO

Os objetivos do trabalho foram avaliar a reação de progênies de café arábica ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* e identificar progênies resistentes. O experimento foi conduzido em telado no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina-PR, Brasil. Mudanças com três a quatro pares de folhas foram inoculadas com 5000 ovos e juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne paranaensis*. Foram avaliadas quatro progênies F5 de *C. arabica* derivadas do cruzamento entre “Icatu” e “Catuaí” e três progênies F3 *C. arabica* derivadas do cruzamento ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”). Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 81 e *C. arabica* cv. IPR 100. O experimento foi instalado em blocos casualizados com nove tratamentos, 14 repetições e uma planta por parcela. As avaliações foram efetuadas 120 dias após a inoculação. Para classificar os níveis de resistência das progênies foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). De acordo com o número de ovos e juvenis de segundo estágio (NOJ.g-1), as progênies 4 e 5 não diferiram estatisticamente do padrão resistente ‘IPR 100’. As quatro progênies F5 do “Icatu” x “Catuaí” foram AR pelo RFR e ISH. Além disso, apresentaram 100% das plantas classificadas como AR ou R e, provavelmente, a resistência a *M. paranaensis* está em condição homocigótica e serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica resistentes a *M. paranaensis*.

**Palavras-chave:** Café. Nematóide de galha. Resistência.

## REACTION OF COFFEE ARABICA PROGENIES TO NEMATODE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS*

### 4.2 ABSTRACT

The aims of this study were to evaluate the reaction of the progenies of arabica coffee to *Meloidogyne paranaensis* and identify progenies with resistance. The experiment was conducted under greenhouse condition at Agricultural Research Institute of Paraná (IAPAR) in Londrina, Paraná state, Brazil. Seedlings with three to four pairs of leaves were inoculated with 5000 eggs and second stage juveniles of *M. paranaensis*. At experiment were evaluated four F5 *C. arabica* progenies derived from the cross between “Icatu” and “Catuaí” and three F3 progenies derived from the cross ‘IAPAR 59’x (“Icatu” x “Catuaí”). Such as susceptibility and resistance check were used *C. arabica* cv. Catuaí IAC 81 and *C. arabica* cv. IPR 100. The experiment was conducted at randomized blocks design with nine treatments and 14 replications of one plant per plot. The evaluations were performed 120 days after inoculation. The number of eggs and second stage juveniles per gram of roots (NEJ.g-1) and reduction factor were evaluated. The reduction of the reproduction factor (RRF) and the index of host susceptibility (IHS) were used to classify the resistance levels of coffees. According to the NEJ.g-1, the progenies 4 and 5 did not differ statistically check to ‘IPR 100’. Four F5 progenies of “Icatu” x “Catuaí” were classified such as HR (highly resistant) by RRF and IHS and presented 100% of plants classified such as AR or R (resistant). Progenies that showed resistance will be advanced and has potential to become new coffee cultivars with resistance to *M. paranaensis*.

**Key words:** Coffee. Root-knot nematode. Resistance.

### 4.3 INTRODUÇÃO

Na cafeicultura, os nematoides são um dos principais fatores que contribuem para redução na produção, pois parasitam as raízes durante praticamente todo o ciclo da cultura (SALGADO; REZENDE, 2010). Os nematoides de maior importância para a cultura pertencem ao gênero *Meloidogyne* (CHITWOOD, 1949), pois ocorrem nas principais regiões produtoras de café do Brasil e causam perdas na produtividade, as quais variam com a espécie, a densidade populacional e a suscetibilidade da cultivar (SALGADO; REZENDE, 2010).

Atualmente, 17 espécies de nematoides foram descritas como patógenos de cafeeiros (CARNEIRO; COFCEWICZ, 2008). Porém, as espécies mais prejudiciais são *M. exigua* (GOELDI, 1887), pela ampla distribuição geográfica e, *M. paranaensis* Carneiro et al., 1996 e *M. incognita* (KOFOID; WHITE, 1919) Chitwood, 1949 pela intensidade dos danos causados no hospedeiro (GONÇALVES et al., 2004).

*Meloidogyne paranaensis* foi identificado em muitas amostras de cafezais paulistas (LORDELLO; LORDELLO, 2001; CARNEIRO et al., 2005), além de cafeeiros nos Estados de Goiás (SILVA; OLIVEIRA; ZAMBOLIN, 2009) e Espírito Santo (BARROS et al., 2011). Esse nematoide foi detectado em alguns municípios do Alto Paranaíba e do Sul de Minas Gerais (SANTOS, 1997; CASTRO; NAVES; CAMPOS, 2003; CASTRO et al., 2008; CASTRO; CAMPOS, 2004) e pode ser uma ameaça para a cafeicultura mineira já que neste Estado predomina *M. exigua*, que é uma espécie menos agressiva. (GONÇALVES et al., 2004).

*Meloidogyne paranaensis* pode ser altamente agressivo ao cafeeiro, constitui-se numa espécie limitante à implantação de lavoura cafeeira em áreas infestadas e à manutenção daquelas já instaladas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Raízes de cafeeiro atacadas por esta espécie apresentam descorticamento, rachaduras e pontos necróticos ao longo das raízes velhas, ocasionando queda de folhas na planta, redução do crescimento e até morte (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

O controle de fitonematoides é difícil de ser realizado, uma vez a área infestada, a sua erradicação é praticamente impossível (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). A principal estratégia de manejo é evitar a disseminação de solos, águas e culturas com esse patógeno. Em áreas já infestadas, a estratégia mais indicada é o controle genético, utilizado de forma integrada com outras táticas de manejo, para a redução dessas populações (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

Fontes de resistência são escassas em *Coffea arabica* L., porém a resistência a *M. paranaensis* vem sendo encontrada em *C. canephora* Pierre ex Froehner (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007) e em *C. congensis* Froehner (GONÇALVES et al., 1988). Existem algumas cultivares desenvolvidas como o porta-enxerto Apoatã IAC 2258, da espécie *C. canephora*, que apresentaram resistência aos nematoides *M. exigua* (SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. incognita* e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008), e a cultivar pé franco IPR 100 de *C. arabica*, resistente a *M. paranaensis* (ITO et al. 2008; SERA et al., 2007, 2009) e *M. incognita* raça 1 (KANAYAMA et al., 2009) e raça 2 (ITO et al., 2008).

Entretanto, poucas são as cultivares resistentes aos nematoides. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a reação de progênies de café arábica ao nematoide *M. paranaensis* e identificar progênies resistentes.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em telado no Instituto Agronômico do Paraná, em Londrina, PR, Brasil (23°21'20.0"S 51°09'58.2"W), entre os meses de janeiro e abril de 2012. As médias de temperatura máxima e mínima, durante o período do experimento, foram de 33,3 °C e 19,3 °C, respectivamente. As mudas foram obtidas através de semeadura em germinadores contendo areia. Ao atingirem o estágio cotiledonar foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL, para completar seu desenvolvimento até atingirem três a quatro pares de folhas, quando foram inoculadas. O substrato foi formulado contendo uma mistura de solo e areia 1:1, previamente esterilizada em estufa a 100 °C por três horas com umidade em capacidade de campo. Para cada 72 litros de solo foram adicionados 230 g de Super fosfato simples; 22 g de KCl; 24 g de Uréia e 72 g de Calcário dolomítico. A adubação e correção do pH, foram realizadas conforme resultado da análise química do solo.

O inóculo foi extraído a partir de populações puras confirmadas através de eletroforese e multiplicado em plantas de tomateiro da cultivar Santa Clara e cafeeiros da cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, em condições de telado, por cerca de seis meses, segundo o método de Boneti e Ferraz (1981).

A concentração de ovos foi determinada em câmara de contagem de Peters e a suspensão calibrada para 1000 ovos/mL, sendo que foram inoculados 5000 ovos de *M. paranaensis* em três orifícios de aproximadamente 1 cm de profundidade, feitos com um bastão de vidro ao redor das plantas.

Os tratamentos consistiram de quatro progênies F<sub>5</sub> de *C. arabica* derivadas do cruzamento entre “Icatu” e “Catuaí” e três progênies F<sub>3</sub> derivadas do cruzamento ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”). Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 81 e *C. arabica* cv. IPR 100 (Tabela 1). O experimento foi instalado em blocos casualizados com nove tratamentos, 14 repetições e uma planta por parcela.

As avaliações foram efetuadas 120 dias após a inoculação, sendo descartada a parte aérea e recolhidos os sistemas radiculares, lavados e pesados. Em seguida, procedeu-se a extração dos ovos, empregando a metodologia de Boneti e Ferraz (1981). A quantificação do número de ovos por sistema radicular foi estimada através de contagem em câmara de Peters sob microscópio óptico. Com os dados do peso do sistema radicular e NOJ, foi determinado o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes (NOJ.g<sup>-1</sup>).



Os dados de  $\text{NOJ.g}^{-1}$  foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias avaliada pelo teste de Hartley a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados para  $\text{Log}(x) + 1$ , para posteriormente, efetuar a análise de variância e teste de médias Scott Knott a 5% de probabilidade.

Para classificar os níveis de resistência das progênies foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). O fator de reprodução (FR) foi estimado pela diferença entre população (número de ovos e juvenis de 2º estágio) final e inicial de nematoides e usado para cálculo do RFR. O RFR foi calculado com base na fórmula:  $\text{RFR} = [(\text{FR do padrão suscetível} - \text{FR do tratamento}) / \text{FR do padrão suscetível}] \cdot 100$  (Moura e Regis, 1987). Baseado no RFR, os genótipos foram classificados segundo a escala de Moura e Regis (1987) modificada, onde: 0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

O ISH foi obtido utilizando a fórmula  $\text{ISH} = (\text{NOJ.g}^{-1} \text{ do tratamento} / \text{NOJ.g}^{-1} \text{ do padrão suscetível}) \cdot 100$  (GONÇALVES; FERRAZ, 1987 modificado). Os valores de ISH foram usados para classificar os níveis de resistência dos cafeeiros segundo os critérios de Fassuliotis (1985) modificado, que correspondem a: 0 a 1% = altamente resistente (AR); 1,1 a 10% = resistente (R); 10,1 a 25% = moderadamente resistente (MR); 25,1 a 50% = moderadamente suscetível (MS); 50,1 a 75% = suscetível (S); 75,1 a 100% = altamente suscetível (AS).

O FR, RFR e ISH foram calculados baseados nos dados da média das parcelas. A porcentagem de plantas com diferentes níveis de resistência, obtidos do RFR e ISH, foi calculada utilizando-se os dados de parcelas individuais do padrão suscetível com os dados das respectivas parcelas dos tratamentos.

**Tabela 4.1** – Progênes de café arábica derivadas do cruzamento entre “Icatu” x “Catuaí” e ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”) avaliadas para a resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*.

Tratamento	Denominação	Descrição
1	IAPAR 12229	F <sub>5</sub> de (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>1</sup>
2	IAPAR 12230	F <sub>5</sub> de (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>2</sup>
3	IAPAR 12231	F <sub>5</sub> de (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>2</sup>
4	IAPAR 12232	F <sub>5</sub> de (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>3</sup>
5	IAPAR 12233	F <sub>3</sub> de ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>4</sup>
6	IAPAR 12234	F <sub>3</sub> de ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>4</sup>
7	IAPAR 12235	F <sub>3</sub> de ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”) <sup>4</sup>
8	‘Catuaí Vermelho IAC 81’	Padrão suscetível
9	‘IPR 100’	Padrão resistente

1 “Icatu” x “Catuaí” = nº 10-17-1

2 “Icatu” x “Catuaí” = nº 8-8-1

3 “Icatu” x “Catuaí” = nº 15-28-2

4 “Icatu” x “Catuaí” = nº 4-24-1

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos 4 e 3 apresentaram NOJ.g<sup>-1</sup> inferiores, comparados aos outros tratamentos, e não diferiram estatisticamente do padrão resistente ‘IPR 100’ (tabela 4.2).

**Tabela 4.2** – Médias de número de ovos e juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raiz (NOJ.g<sup>-1</sup>) de cafeeiros.

Tratamento	Denominação	NOJ.g <sup>-1</sup> (1)	Fator de Reprodução
4	IAPAR 12232	15,93 a	0,03
9	‘IPR 100’	21,65 a	0,05
3	IAPAR 12231	36,26 a	0,11
1	IAPAR 12229	42,47 b	0,10
2	IAPAR 12230	56,50 b	0,23
5	IAPAR 12233	4566,48 c	17,33
6	IAPAR 12234	4931,80 c	18,72
7	IAPAR 12235	6600,41 c	15,44
8	‘Catuaí Vermelho IAC-81’	6632,19 c	21,81
CV% 32,32			

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Dados transformados para log(x) + 1.

Fonte: próprio autor

Com base na redução do fator de reprodução (RFR) (tabela 4.3), quatro progênes foram classificadas como altamente resistentes (AR), comportando-se como o padrão resistente. Entretanto, os tratamentos 5 e 6 apresentaram 29% e 14% de plantas altamente resistentes (AR), 7% moderadamente resistentes (MR), 50% e 36% das plantas

altamente suscetíveis (AS). O tratamento 7 apresentou 64% de plantas AS, apesar de 21% das plantas serem AR ou MR.

**Tabela 4.3** – Redução do fator de reprodução (RFR), níveis de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*.

T <sup>1</sup>	Denominação	RFR	NR	%AR	%R	%MR	%MS	%S	%AS
4	IAPAR 12232	99,84	AR	100	0	0	0	0	0
9	‘IPR 100’	99,75	AR	100	0	0	0	0	0
3	IAPAR 12231	99,48	AR	100	0	0	0	0	0
1	IAPAR 12229	99,53	AR	100	0	0	0	0	0
2	IAPAR 12230	98,95	AR	100	0	0	0	0	0
5	IAPAR 12233	14,18	AS	0	7	0	14	29	50
6	IAPAR 12234	12,32	AS	29	0	7	7	21	36
7	IAPAR 12235	29,11	S	14	0	7	14	0	64
8	‘Catuaí Vermelho IAC-81’	---	---	---	---	---	---	---	---

<sup>1</sup> Os tratamentos (T) foram ordenados decrescentemente com base no número de ovos e juvenis por grama de raiz (NOJ.g<sup>-1</sup>).

Fonte: próprio autor

Utilizando-se o Índice de Suscetibilidade Hospedeira (ISH), 4 progênies foram classificadas como AR, assim como o padrão resistente, 1 progênie se comportou como S, 3 tratamentos e o padrão suscetível como AS (tabela 4.4). Na cultivar IPR 100, 79% das plantas foram classificadas como AR e 21% como R. Em 3 progênies foram observadas 100% das plantas entre AR e R, sendo que o tratamento 5 se destacou, pois apresentou 100% das plantas como AR e % ISH de 0,24.

**Tabela 4.4** – Índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), níveis de resistência (NR) e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*.

T <sup>1</sup>	Denominação	%ISH	NR	%AR	%R	%MR	%MS	%S	%AS
5	IAPAR 12232	0,24	AR	100	0	0	0	0	0
10	‘IPR 100’	0,33	AR	79	21	0	0	0	0
4	IAPAR 12231	0,55	AR	71	29	0	0	0	0
2	IAPAR 12229	0,64	AR	79	21	0	0	0	0
3	IAPAR 12230	0,85	AR	79	21	0	0	0	0
6	IAPAR 12233	68,94	S	0	0	7	36	14	43
7	IAPAR 12234	76,29	AS	14	14	7	21	0	43
8	IAPAR 12235	92,60	AS	7	0	14	0	14	64
9	‘Catuaí Vermelho IAC-81’	---	---	---	---	---	---	---	---

<sup>1</sup> Os tratamentos (T) foram ordenados decrescentemente com base no número de ovos e juvenis por grama de raiz (NOJ.g<sup>-1</sup>).

Fonte: próprio autor

As quatro progênies F<sub>5</sub> do “Icatu” x “Catuaí” foram classificadas como AR pelo RFR e ISH, além disso, apresentaram 100% das plantas classificadas como AR ou R e, portanto, a resistência a *M. paranaensis* poderia estar em condição homozigótica.

As progênies avaliadas neste trabalho foram originadas do cruzamento “Icatu” x “Catuaí” e IAPAR 59 x (“Icatu” e “Catuaí”), portadores de genes de *C. canephora* do “Icatu”. É provável que a resistência a *M. paranaensis* observada nas progênies desse experimento tenha vindo de “Icatu”, confirmando estudos efetuados por outros autores. Seleções de “Icatu”, como a linhagem 925, apresentaram boa resistência a *M. paranaensis* (MATIELLO et al., 2005). ‘Icatu Vermelho IAC 3888’ também se comportou como resistente a essa espécie de nematoide das galhas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). A cultivar IPR 106 (“Icatu”) apresentou resistência simultânea aos nematoides *M. paranaensis* e à raça 2 de *M. incognita* (ITO et al., 2008).

A cultivar porta-enxerto Apotã IAC 2258 da espécie *C. canephora* é considerada resistente a *M. paranaensis* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008) e vem sendo utilizada pelos cafeicultores em áreas infestadas. Poucas cultivares de café arábica são resistentes a *M. paranaensis* como é o caso da ‘IPR 100’ (ITO et al., 2008; SERA et al., 2009) e ‘IPR 106’ (ITO et al., 2008). As quatro progênies F<sub>5</sub> do “Icatu” x “Catuaí” que foram classificadas como AR pelo RFR e ISH serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica resistentes a *M. paranaensis*.

#### 4.6 CONCLUSÃO

A cultivar IPR 100 e quatro progênies F<sub>5</sub> de “Icatu” x “Catuaí” apresentaram resistência a *M. paranaensis*. Essas progênies serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Progênes F<sub>3</sub> derivadas dos cruzamentos [“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro da série BA-10”)] x ‘IPR 100’ e ‘IPR 100’ x “Sarchimor E9601 III-19-1” apresentaram resistência a *M. paranaensis*.

A cultivar IPR 100 e as progênes F<sub>5</sub> derivadas do cruzamento “Icatu” x “Catuaí” foram resistentes a *M. paranaensis*, enquanto que as progênes F<sub>3</sub> de ‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”) apresentaram suscetibilidade.

As prováveis fontes de resistência das progênes avaliadas neste trabalho foram ‘IPR 100’ e “Icatu”.

Neste trabalho, foi observado que ‘Apoatã IAC 2258’ apresentou 33% de plantas segregantes suscetíveis a *M. paranaensis*, devido ao seu sistema reprodutivo ser de fecundação cruzada, enquanto que em ‘IPR 100’ não foi observada essa segregação. Dessa forma, em trabalhos futuros seria interessante utilizar ‘IPR 100’ como padrão resistente.

## REFERÊNCIAS

- ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café). **Produção e exportação mundial de café – Principais países produtores**. 2013. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=49#80>>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, [S. l.], v. 26, p. 903–910. 2007.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; ASTORGA, C.; ANZUETO, F.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latinoamericana. **Manejo integrado de Playas y Agroecología**, Costa Rica n.67, p. 5-12. 2003.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; MARTINEZ, A.; SILVA, M.; NICOLE, M. Hypersensitive-like reaction conferred by the *Mex-1* resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 476–482. 2005.
- ANZUETO, F.; BERTRAND, B.; SARAH, J. L.; ESKES, A. B.; DECAZY, B. Resistance to *Meloidogyne incognita* in Ethiopian *Coffea arabica* accessions. **Euphytica**, [S. l.], v. 118, p. 1-8. 2001.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M.; VIANA, A. P.; SILVA, C. P. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 49-54, 2004.
- BARROS, A. F.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIN, L.; FERREIRA, A. O.; COUTINHO, R. R. *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease**, Notes, [S. l.], n.6, p. 43-45. Maio 2011.
- BLOK, V. C.; PHILLIPS, M. S.; MCNICOL, J. W.; FARGETT, M. Genetic variation in tropical *Meloidogyne* spp. as shown by RAPDs. **Fundamental and Applied Nematology**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 127-133. Mar. 1997.
- BLOK, V. C.; POWERS O. Biochemical and molecular identification. In: PERRY, R.; MOENS, M. STARR, J. L. (Eds.). **Root-knot Nematodes**. Cambridge, MA, USA, CABI International, p. 98-118. 2009.
- BONETTI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações no método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 533, 1981.
- BOISSEAU, M.; ARIBI, J.; SOUSA, F. R. de, CARNEIRO, R. M. D. G.; ANTHONY, F. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 38-41, 2009.
- CAMPOS, V. P.; MELLES, C. C. A. Ocorrência e distribuição de espécies de *Meloidogyne* em cafezais dos campos das vertentes e do sul de Minas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, p. 233-241. Abr. 1987.

- CAMPOS, V.P. Café (*Coffea arabica* L.) Doenças causadas por nematoides. In: VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa, MG: UFV. 1997. p. 141-180.
- CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee, cocoa and tea. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Eds.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford UK: CAB International, p. 529-579. 2005.
- CARNEIRO, R. G.; ANTONIO, H.; BRITO, J. A.; ALTÉIA, A. A. K. Identificação de espécies e raças de *Meloidogyne* na região noroeste do estado do Paraná: resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 14, 1990, Londrina. **Anais...** Piracicaba: SBN/IAPAR. p. 4. 1990.
- CARNEIRO, R.G. Fitonematoides na cafeicultura paranaense: Situação atual. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, **Anais...** Jaboticabal, SP, Brasil. 1993.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; CARNEIRO, R. G.; ABRANTES, I. M. O.; SANTOS, M. S. N. A.; ALMEIDA, M. R. A. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidade), a root-knot nematode parasiting coffee in Brazil. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 28, n.2, p. 177-189. Sep. 1996.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Distribution of *Meloidogyne* spp. on Coffee in Brazil: identification, characterization and intraspecific variability. In: **Mejoramiento sostenible del café arabica por los recursos genéticos, asistido por los marcadores moleculares, com énfasis en la resistencia a los nemátodos**. Publicación Especial. CATIE / IRD, Turrialba. p. 43-48. 2000.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; TIGANO, M. S.; RANDIG, O.; ALMEIDA, M. R. A.; SARAH, J. L. Identification and genetic diversity of *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogynidae) on coffee from Brazil, Central America and Hawaii. **Nematology**, Flórida, v. 6, n. 2, p. 287-298. Jan. 2004.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; RANDIG, O.; ALMEIDA, M. R. A.; GONÇALVES, W. Identificação e caracterização de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiro nos estados de São Paulo e Minas Gerais através dos fenótipos de esterase e SCAR-multiplex-PCR. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 2, p. 233-241. Out. 2005.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; COFCEWICZ, E. T. Taxonomy of coffee-parasitic root-knot nematoides, *Meloidogyne* spp. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant parasitic nematodes of coffee**. Springer. Holand, p. 87-122. 2008.
- CASTAGNONE-SERENO, P.; VANLERBERGHE-MASUTTI, F.; LEROY, F. Genetic polymorphism between and within *Meloidogyne* species detected with RAPD markers. **Genome**, Canadá, v.37, p. 904-909. 1994.
- CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P. Detecção de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 4, p. 507. 2004.
- CASTRO, J. M. C.; NAVES, R. L.; CAMPOS, V. P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 565. Out. 2003.

- CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A.; NAVES, R. L.; ANDRADE JÚNIOR, W. C.; DUTRA, M. R.; COIMBRA, J. L.; MAXIMINIANO, C.; SILVA, J. R. C. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64. mar. 2008.
- CENIS, J. L. Identification of four major *Meloidogyne* spp. by random amplified polymorphic DNA (RAPD-PCR). **Phytopathology**, [S. l.], v. 83, p. 76-80. Sep.1993.
- CHITWOOD, D. J.; PERREY R. N. Reproduction, physiology and biochemistry. In: PERRY, R.; MOENS, M.; STARR, J. L. (Eds.). **Root-knot Nematodes**. Cambridge, MA, USA, CABI International, p. 182-200. 2009.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da Safra Brasileira Café. Safra 2013 quarta estimativa, dezembro/2013**. Brasília: Conab, 2013.
- FASSULIOTIS, G. The role of the nematologist in the development of resistant cultivars. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Eds.). **An advanced treatise on Meloidogyne. 1st volume: biology and control**. North Carolina State University Graphics, Raleigh, 1985. p. 233-240.
- FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. da.; BORTOLETTO, N. Resistência das progênies de café LC1669-31 e LC1669-33 aos nematoides *Meloidogyne exigua* e *M. incognita*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais ...** Rio de Janeiro: MIC/IBC. p. 81-83. 1983.
- FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. da.; GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. de. Café Icatu como fonte de resistência e/ou tolerância ao nematoide *Meloidogyne incognita*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: MIC/IBC. p. 247-248. 1984.
- FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.) **Cultura do cafeeiro – Fatores que alteram a produtividade**. Piracicaba, Associação para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 87-113. 1986.
- FAZUOLI, L. C.; LIMA, M. M. A.; GONÇALVES, W.; COSTA, W. M. Melhoramento do cafeeiro visando resistência a nematoides: utilização de porta-enxerto resistente. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 6, Piracicaba. **Anais...** São Paulo, AEASP. p. 171-180. 1987.
- FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. (Eds). **Manual de Fitopatologia**. 4ª Edição. Piracicaba: Agrônômica Ceres, 2011. p. 289-295.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. de; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Manejo sustentável de fitonematoides. Viçosa: Editora UFV, 2010. 306 p.
- FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3ª Ed. Brasília: EMBRAPA/CENARGEN 220p. 1998.
- FLOR, H. H. Current status of gene-for-gene concept. **Annual Review of Phytopathology**, California, v. 9, p. 275–296. 1971.



- FONSECA, A. F. A. da.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; FAZUOLI, L. C. Cultivares de café Robusta. In: CARVALHO, C. H. S. de. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 255-280.
- FREITAS L. G.; OLIVEIRA, R. D. de L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa : UFV, 2001. 84p.
- GIEBEL, J. Mechanism of resistance to plant nematodes. **Annual Review of Phytopathology**, California, 20:257-279. 1982.
- GONÇALVES, W.; FERRAZ, L. C. C. B. Resistência do cafeeiro a nematoides. II. Teste de progênies e híbridos para *Meloidogyne incognita* raça 3,1. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, p. 125-142, 1987.
- GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. de; FAZUOLI, L. C. Resistência do cafeeiro a nematoides: III. Avaliação da resistência de espécies de *Coffea* e de híbridos interespecíficos a *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 12, p. 47-54. Fev.1988.
- GONÇALVES, W.; PEREIRA, A. A. Resistência do cafeeiro a nematoides IV – Reação de cafeeiros derivados do Híbrido de Timor a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 22, n. 1, p. 39-50. Set.1998.
- GONÇALVES, W. Melhoria do cafeeiro visando à resistência a nematoides. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS **Anais...** Lavras: UFPA, Núcleo de estudos em cafeicultura, p. 82-91,1999.
- GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p. 199-268.
- GONÇALVES, W.; RAMIRO, D. A.; GALLO, P. B.; GIOMO, G. S. Manejo de nematoides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO-CAFÉ, 10, Mococa, SP, 2004. **Anais...** Mococa: Instituto Biológico, p. 48-66, 2004.
- GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 54-56. 2007.
- GUERREIRO FILHO, O.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; SILVAROLLA, M. B.; BOTELHO, C. E.; FAZUOLI, L. Origem e classificação botânica do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. de. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 27-32.
- HARTMAN, R. M.; SASSER, J. N. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential hosp and perineal pattern morphology. In: BARKER, K. R.; CARTER. C. C; SASSER, J. N. (Eds.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. v 2, Methodology, Raleigh, NC, USA, North Carolina State University Graphics, p. 69-77. 1985.
- HUANG, C. S. Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Eds.) **An Advanced Treatise on**

*Meloidogyne*. Vol. 1: Biology and Control. NCSU and USAID Cooperative Publication, Raleigh, NC, U.S.A. 1985, p. 155-164.

ITO, D. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; SANTIAGO, D. C.; KANAYAMA, F. S.; DEL GROSSI, L. Progênies de café com resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163. Jul./Dez. 2008.

ITO, D. S.; MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; DORIGO, O. F.; GARDIANO, C. G.; MATTEI, D. Levantamento parcial de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiros na região do arenito (noroeste) do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8. 2013, Salvador, **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2013.

JATALA, P.; RUSSELL, C. C. Nature of sweet potato resistance to *Meloidogyne incognita* and the effects of temperature on parasitism. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 4, n. 1, p.1-7, 1972.

KANAYAMA, F. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S. da; RUAS, P. M.; ITO, D. S. Progênies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1321-1326. Set./Out. 2009.

KRZYŻANOWSKI, A. A.; FIGUEIREDO, R.; SANTIAGO, D. C.; FAVORETO, L. Levantamento de espécies e raças de *Meloidogyne* em cafeeiros no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2001, Vitória. **Anais ...** Brasília: EMBRAPA Café. p. 1175-1181. 2001.

LIMA, R. D. de; CAMPOS, V. P.; HUANG, S. P.; MELLES, C. C. A. Reprodutividade e parasitismo de *Meloidogyne exigua* em ervas daninhas que ocorrem em cafezais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 9, p. 63-72. 1985.

LIMA, E. A. de.; FURLANETTO, C.; SOUSA, M. G.; MENEZES, A. C. M.; SOUSA, F. R. de.; ALMEIDA, M. R. A.; SERGIO JÚNIOR, A.; FERRÃO, M. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Resistência múltipla e resposta de hipersensibilidade do cafeeiro ‘Conilon 14’ a *Meloidogyne* spp.. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8. 2013, Salvador, **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2013.

LORDELLO, L. G. E.; HASHIZUME, H. Suscetibilidade da variedade Kouillou de *C. canephora* a um nematoide. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 46, p. 157-158. 1971.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. Nematoides encontrados em cafezais do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 23, 2001, Garça. **Anais...** Garça: SBN/FAEF. p. 85. 2001.

LUC, M.; REVERSAT, G. Possibilités et limites des solutions génétiques aux affections provoqués par les nématodes sur les cultures tropicales. **C. R. Acad. Agri. de France**, [S. l.], v. 71. p. 781-791. Mai. 1985.

MATA, J. S. da; SERA, T.; AZEVEDO, J. A.; ALTÉIA, M. Z.; COLOMBO, L. A.; SANCHES, R. S.; PETEK, M. R.; FADELLI, S. Seleção para resistência ao nematóide *Meloidogyne paranaensis* EMN-95001: IAPARLN 94066 de “Catuaí x Icatu” em área

altamente infestada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 515-518.

MATA, J. S. da; SERA, T.; ALTÉIA, M. Z.; AZEVEDO, J. A.; FADELLI, S.; PETEK, M. R.; TRILLER, C.; SERA, G. H. Resistência de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) de São Jorge do Patrocínio ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* (EMN2001.07). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, v. 6, p. 34-36. 2002.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Variedades de café. In: MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. (Eds.). **Cultura de café no Brasil - Manual de recomendações**. Rio de Janeiro/Varginha: MAPA/PROCAFÉ. p. 63-98. 2005.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico da cafeicultura. In: MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. (Eds.). **Cultura de café no Brasil: Novo Manual de Recomendações**. MAPA/PROCAFÉ, Fundação PROCAFÉ, p. 24. 2005.

MIENIE, C. M. S.; FOURIE, H.; SMIT, M. A.; VAN STADEN, J.; BOTHA, F. C. Identification of AFLP markers in soybean linked to resistance to *Meloidogyne javanica* and conversion to sequence characterized amplified regions (SACRs). **Plant Growth Regulation** v. 37, p. 157-166. 2002.

MONTEIRO, A. R.; OLIVEIRA, C. M. G.; FERRAZ, L. C. C. B.; GONÇALVES, W. Identificação morfológica de populações de *Meloidogyne* de cafezais paulistas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 1995, Rio Quente. **Anais ...** Piracicaba: SBN/ ONTA. p. 82. 1995.

MOURA, R.; REGIS, E. M. O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 11, p. 215-225. 1987.

NOIR, S.; ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; COMBRES, M. C.; LASHERMES, P. Identification of major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *M. exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, v. 52, p. 97-103. 2003.

OLIVEIRA, C. M. G. de; GONÇALVES, W.; MONTEIRO, A. R. Espécies de *Meloidogyne* e raças de *M. incognita* em cafezais do Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 1, p. 155-164. 2001.

OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, R. D. L.; SILVA, D. G.; SILVA, R. V. Characterization of *Meloidogyne incognita* populations from São Paulo and Minas Gerais state and their pathogenicity on coffee plants. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 3, 190-194, 2011.

PIMENTEL, A. M. Utilização da técnica da eletroforese em genética florestal. **Série Técnica – IPEF**. Piracicaba, v. 5, n. 15, p. 1-27, Maio 1988.

PORTZ, R. L.; STANGARLIN, J. R.; FRANZENER, G.; BALBI-PENA, M. I.; FURLANETTO, C. *Meloidogyne* spp. associadas à cafeicultura em municípios do oeste do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 23-27. Mar. 2006.

- RANDIG, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R. M. D. G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. **Genome**, Canadá, v.45, p. 862-870. 2002.
- RIBEIRO, R. C. F.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, C. H.; LIMA, R. D. de. Resistência de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 1, p. 11-16. Mar. 2005.
- ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L., COOK, R., BRIDGE, J. (Eds.). **Plant Resistance to Parasitic Nematodes**. CAB International. pp.23-41. 2002.
- RODRIGUES, A. C. F. O.; ABRANTES, I. M. O.; MELILLO, M. T.; BLEVEZACHEO, T. Ultrastructural response of coffee roots to root-knot nematodes, *Meloidogyne exigua* and *M. megadora*. **Nematropica**, Florida, v. 30, n. 2, p. 201-210, 2000.
- SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 413-415. Ago. 2005.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. de. Manejo de fitonematoides em cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Eds.). **Café arábica do plantio à colheita**. Vol.1. Epamig – Lavras – MG, p. 757-804.
- SALGADO, S. M. L.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PINHO, R. S. C. Aspectos técnicos dos nematoides parasitas dos cafeeiros. Boletim técnico nº 98. 60p. 2011.
- SANTOS, J. M. dos. **Estudo das principais espécies de *Meloidogyne goeldii* que infectam o cafeeiro no Brasil com descrição de *Meloidogyne goeldii* sp. n.** 1997. 153 fls. Tese (Doutorado em Agronomia). UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu, 1997.
- SANTOS, J. M. dos. Os nematoides de galha que infectam o cafeeiro no Brasil. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 4. ENCONTRO SOBRE DOENÇAS E PRAGAS DO CAFEIEIRO, 5., 2001, Ribeirão Preto. **Anais ...** Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2001. p.10-20.
- SANTOS, M. F. A. dos. **Diversidade de *Meloidogyne incognita* e espécies correlatas com sugerem abordagens biológicas, citológicas morfológicas e moleculares.** 85 fls. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- SERA, T.; MATA, J. S. da; ITO, D. S.; DOI, D. S.; SERA, G. H.; AZEVEDO, J. A. de; COTARELLI, V. M. Identificação de cafeeiros resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de Icatu (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, v. 8, p. 20. 2004.
- SERA, G. H.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A. de; MATA, J. S. da; RIBEIRO-FILHO, C.; DOI, D. S.; ITO, D. S.; FONSECA, I. C. de B. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184. Abr./Jun. 2006.

SERA, G. H.; SERA, T.; ITO, D. S.; MATA, J. S. da; DOI, D. S.; AZEVEDO, J. A. de; RIBEIRO-FILHO, C. Progênies de *Coffea arabica* cv IPR 100 resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49. 2007.

SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S. da; ALEGRE, C. R.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S.; KANAYAMA, F. S.; BARRETO, P. C. Reaction of coffee cultivars Tupi IAC 1669-33 and IPR 100 to nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 9, p. 293-298. Set. 2009.

SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIN, L. Primeiro relato de ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 2, p. 187-190. Dez. 2009.

SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, P. S.; FERREIRA, A. O.; RODRIGUES, F. A. Defense responses to *Meloidogyne exigua* in resistant coffee cultivar and non-host plant. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 114-121, 2013.

SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. Resistência do cafeeiro a nematoides V – Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros derivados da hibridação de *Coffea arabica* com *C. canephora*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 22, n. 1, p. 51-59. Set. 1998.

SOUZA, S. E.; SANTOS, J. M.; MATOS, R. V.; RAMOS, J. A.; SANTOS, F. S.; FERRAZ, R. C. N.; CARVALHO, G. S.; OLIVEIRA, C. A. Levantamento preliminar de *Meloidogyne* em cafeeiros no Estado da Bahia – Planalto da Vitória da Conquista e Chapada Diamantina. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA. p. 167-170. 2000.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 267-279.

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