



LÍGIA ALCALDE DE SÁ

**SELEÇÃO DE CAFEEIROS EM ÁREA
INFESTADA POR *Meloidogyne paranaensis***

LAVRAS - MG

2013

LÍGIA ALCALDE DE SÁ

SELEÇÃO DE CAFEEIROS EM ÁREA INFESTADA POR *Meloidogyne paranaensis*

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

Orientador

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes

Coorientadora

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Sá, Lígia Alcalde de.

Seleção de cafeeiros em área infestada por *Meloidogyne paranaensis* / Lígia Alcalde de Sá. – Lavras : UFLA, 2013.
73 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.
Orientador: Antônio Nazareno Guimarães Mendes.
Bibliografia.

1. Cafeicultura. 2. Nematóide. 3. Respostas fisiológicas. 4.
Resistência. 5. Bioteste. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 633.7392

LÍGIA ALCALDE DE SÁ

SELEÇÃO DE CAFEEIROS EM ÁREA INFESTADA POR *Meloidogyne paranaensis*

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

APROVADA em 05 de junho de 2013.

Dr. Antônio Alves Pereira

EPAMIG

Dra. Vânia Aparecida Silva

EPAMIG

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes

Orientador

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado

Coorientadora

LAVRAS – MG

2013

*A **Deus**, por ter me concedido meus dois maiores presentes: o dom da vida e meus pais amados, **Francisco e Márcia**;*

*Aos **meus pais**, por serem exemplos de pessoas de caráter, de corações enormes e por apoiarem sempre minhas decisões; por terem me ensinado o que é respeito, amor, fé e principalmente o significado da família;*

*Ao meu irmão **Felipe** por tamanha amizade e incentivo.*

*Aos meus avós maternos, **Luiz e Marlene** por tanto carinho e orações;*

*Aos meus avós paternos, **Edgar e Maria da Glória**, que mesmo estando longe, sei que estavam ao meu lado e torceram pelo meu sucesso;*

A vocês, minha eterna gratidão e admiração.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por mais uma etapa vencida e por nunca ter me deixado perder a fé, a força e a esperança;

A minha família, por ter depositado tanta confiança em minha decisão de sair de casa para estudar, por ter me dado carinho e até broncas quando estas foram necessárias. Nós vencemos juntos!

Aos professores dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso;

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e seus pesquisadores e funcionários, pela oportunidade de realização do experimento contido neste trabalho e que de alguma forma contribuíram para meu aprendizado e sucesso no experimento;

Em especial à Pesquisadora Vânia Aparecida Silva e ao Pesquisador Antônio Alves Pereira, por terem participado como membros de minha banca;

À Fazenda Guaiçara em Piumhi-MG, pela concessão da área e de funcionários para auxiliar na condução do experimento;

Ao meu Orientador, Prof. Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pela confiança, ajuda e disponibilidade a qualquer momento;

À minha Coorientadora, a Pesquisadora Sônia Maria de Lima Salgado, pela paciência, aprendizado e principalmente por ter confiado em mim na realização de um belo e promissor trabalho;

Aos funcionários da subestação, da Fazenda Experimental da Epamig, em Lavras e aos funcionários do Laboratório de Nematologia da UFLA, por não terem medido esforços em me ajudar na condução dos experimentos;

Ao professor Renato Lima, pelo auxílio nas análises estatísticas;

À FAPEMIG e ao INCT Café, pelo auxílio financeiro e a CAPES pela concessão de bolsa de estudo;

Aos colegas Bia, Gui, Jeanny, Simone, Marina Praxedes, Jéssica e André, pela ajuda na condução e avaliação dos experimentos. Vocês foram demais!!

Às minhas queridas amigas do Residencial Matisse, Nanda, Amandinha, Loló, Regina, Flavinha, Milena, Kaká, Aninha, Pri, Ju, Edna, Maysão, Marseile, Kally, Lilian, Marina, Dri e Mary Jane, pelos maravilhosos momentos de descontração e amizade. Sem vocês, jamais teria conseguido, por isso nunca esquecerei vocês...

Aos meus grandes e inesquecíveis amigos, Marcela, Mari, Gabi, Egídio, Carlos e Vitão, por todos esses anos, por tanta paciência, conselhos, viagens, por estarem comigo nos momentos que mais precisei. A saudade é muita, mas vocês jamais sairão do meu coração;

Aos meus amigos e parentes de Santos-SP, pelo apoio e incentivo; Aos meninos da República Arueira, pelos momentos de festas, carteados e risadas;

Aos amigos do NECAF e amigos do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (Narjara, Marcella Nunes, Ju Lima, Wiara, Lidiane, Tati e Tatu), por grandes momentos passados juntos;

À Universidade Federal de Lavras, pelo conhecimento e aprendizado adquiridos durante o curso de mestrado e graduação, pela oportunidade concedida de ter conhecido meus grandes amigos, de ter convivido com pessoas especiais e pelo amadurecimento pessoal durante esses quase sete anos. Meu muito obrigada!

Agora, finalizou-se apenas mais uma etapa. Ficarão saudades, alegrias, risadas, amigos, aprendizados e principalmente a vontade de nunca querer perdê-los. Ficaré também a certeza de que seguirei firme em minha profissão.

De uma maneira ou de outra, aprendi um pouquinho com cada um de vocês, por isso meu eterno MUITO OBRIGADA!!!

RESUMO

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas de maior importância econômica do país e tem os nematoides do gênero *Meloidogyne* como um dos fatores limitantes da produção. A ampla disseminação das espécies de *Meloidogyne* nos cafezais, aliada a sua capacidade reprodutiva e agressividade, tornam esses organismos responsáveis por grandes prejuízos à cafeicultura. E quando estes associados a um fator estressante, como a falta d'água, pode potencializar as perdas na cafeicultura. O objetivo com esse trabalho foi selecionar genótipos de cafeeiro resistentes ao nematoide de galhas *Meloidogyne paranaensis* em campo e caracterizá-los fitotécnicamente e fisiologicamente. A área experimental escolhida está localizada no município de Piumhi, no estado de Minas Gerais, caracterizando-se por apresentar alta infestação de *M. paranaensis*. Em fevereiro de 2009 foi instalado o experimento com 44 genótipos selecionados no Banco Ativo de Germoplasma da EPAMIG. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e espaçamento de 3,0 x 0,8 m, com parcelas constituídas por sete plantas. Foram selecionadas para avaliação 26 plantas de cinco diferentes genótipos, identificados pelos números 6 (MG 0294-1 R1), 16 (MG 0179-1 R1), 28 (MG 0179-3 R1), 29 (MG 0185-1 R2) e 44 (MG 1184-1 R1) e de três testemunhas, identificadas pelos números 56 (Catuaí Amarelo IAC 62) e 57 (Mundo Novo IAC 379-19), ambos suscetíveis a *M. paranaensis* 33 (IAPAR IPR 100), resistente. As características relacionadas ao crescimento e produção dos cafeeiros avaliadas foram: diâmetro de copa, vigor vegetativo, produção em litros de “café da roça”, quantificação da população de nematoide na raiz do cafeeiro (população/g de raiz), altura de planta e tamanho de grão. Para avaliação do potencial hídrico e das trocas gasosas, foram selecionados genótipos contrastantes (16, 28, 33 e 57) quanto à resistência/tolerância ao nematoide. Os genótipos 16(MG 0179-1 R1) e 28 (MG 0179-3 R1) se destacaram quanto ao crescimento e produção na área, sendo caracterizados respectivamente como resistente e tolerante a *M. paranaensis*. Estes mesmos genótipos também demonstraram maior capacidade de manutenção do potencial hídrico quando comparados com a testemunha suscetível. Portanto, estes dois materiais que se mostram promissores, devem ser considerados em estudos futuros para a continuidade do programa de melhoramento genético objetivando selecionar cultivares resistentes a *M. paranaensis*.

Palavras-chave: Cafeicultura. nematoide. respostas fisiológicas. resistência.

ABSTRACT

The coffee sector is one of the most economically important agricultural activities in Brazil and presents the *Meloidogyne* nematode genus as one of the productions limiting factors. The ample dissemination of the *Meloidogyne* species in the coffee crops, allied to its reproductive capacity and aggressiveness, make these organisms responsible for great loss to the coffee sector. When in association to a stressful factor, such as lack of water, this nematode may increase losses. The objective of this work was to select coffee genotypes resistant to *Meloidogyne paranaensis* gall nematode in the field and characterize it phytotecnically and physiologically. The experimental area chosen is located in the municipality of Piumhi, in the State of Minas Gerais, Brazil, characterized by presenting high *Meloidogyne paranaensis* infestation. In February of 2009, an experiment with 44 genotypes selected from the Banco Ativo de Germoplasma of EPAMIG was installed. We used a randomized block design with three replicates and spacing of 3.0 x 0.8 m, with plots containing seven plants. We selected 26 plants of five different genotypes for evaluation, identified by the numbers 6 (MG 0294-1 R1), 16 (MG 0179-1 R1), 28 (MG 0179-3 R1), 29 (MG 0185-1 R2) and 44 (mg 1184-1 R1), and three witnesses identifies by the numbers 56 (Yellow Catuaí IAC 62) and 57 (Mundo Novo IAC 379-19), both susceptible to *M. paranaensis*, and 33 (IAPAR IPR 100), which was resistant. The evaluated characteristics related to coffee plant growth and production were: crown diameter, vegetative vigor, production in liters of “café da roça”, quantification of the nematode population at the root of the coffee plant (population/g of root), height of the plant and size of the grain. For the evaluation of the hydric potential and gas exchange, we selected contrasting genotypes (16, 28, 33 and 57) in regard to resistance/tolerance to the nematode. Genotypes 16 and 28 were highlighted regarding growth and production in the area, characterized, respectively, as resistant and tolerant to *M. paranaensis*. These genotypes also demonstrated larger hydric potential maintenance capability when compared to the susceptible witness. Therefore, the two promising materials must be considered in future studies for the continuity of the genetic enhancement program, aiming at selecting cultivars resistant to *M. paranaensis*.

Keywords: Coffee sector. nematode. physiological responses. resistance.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral	10
1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	A importância da cafeicultura	13
2.2	Parasitismo de <i>Meloidogyne</i> sp. ao cafeeiro	14
2.3	Aspectos fisiológicos da planta do cafeeiro	18
2.4	Resistência genética do cafeeiro a <i>Meloidogyne</i> sp.	20
	REFERÊNCIAS	24
	CAPÍTULO 2 Seleção e respostas fisiológicas de genótipos de <i>Coffea</i> sp. para resistência a <i>Meloidogyne paranaensis</i> em área infestada	30
1	INTRODUÇÃO	35
2	MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1	Descrição do experimento	37
2.1.1	Breve descrição dos materiais genéticos selecionados para avaliação: informações segundo dados de registro da EPAMIG/UFV	40
2.2	Avaliação da população de <i>Meloidogyne paranaensis</i> na área experimental por meio do teste de plantas indicadoras (Bioteste)	42
2.3	Características agronômicas dos cafeeiros	42
2.4	Patogenicidade de <i>Meloidogyne paranaensis</i> nos genótipos	43
2.5	Características fisiológicas avaliadas no cafeeiro	44
2.6	Análise estatística	45
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1	Parâmetros agronômicos e de resistência a <i>M. paranaensis</i>	47
3.2	Parâmetros agronômicos e fisiológicos de genótipos contrastantes quanto à resistência a <i>M. paranaensis</i>	57
4	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura destaca-se nos cenários brasileiro e mundial por sua capacidade em gerar novas expectativas e diversidades nos aspectos econômico, social e ambiental. Para o Brasil sua importância relativa é ainda maior, pois o país é o maior produtor e exportador de café, além de ser o segundo maior consumidor do mundo.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2012), a quarta estimativa de produção de café (arábica e robusta) para a safra 2012 no Brasil, indica que o país colheu 50,83 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado. O resultado representa um crescimento de 16,9% quando comparado com a produção obtida na temporada anterior (43,48 milhões de sacas).

Minas Gerais é o estado onde se concentra a maior área de produção, com 1.214 mil hectares, em sua quase totalidade, cerca de 98,6%, implantada com cultivares da espécie *Coffea arabica*. A área total estadual representa 52,1% da área cultivada com café no país e conseqüentemente a primeira no âmbito nacional (CONAB, 2012).

Sabe-se que para manter ou aumentar esta produção é preciso levar em consideração inúmeros fatores (bióticos ou abióticos) que podem comprometer o desenvolvimento das plantas e a produção, causando inclusive prejuízos às características fisiológicas da planta.

Os fatores abióticos, como a temperatura, luz e umidade, interferem diretamente nos aspectos fisiológicos do cafeeiro. Dentre estes, a água assume grande importância no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, por ser considerada indispensável para a cultura. Na sua falta, pode ocorrer redução no crescimento, que significa menor produção de ramos e nós

disponíveis para a formação de flores, acarretando, por consequência, queda na produção de frutos (DAMATTA; RENA, 2000).

Alguns fatores bióticos também limitam o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro e entre esses fatores, incluem-se os fitonematoides. O parasitismo de nematoides nas raízes compromete o desenvolvimento das plantas tendo em vista que as raízes são fundamentais para o suporte e absorção de água e de minerais, além de produzirem várias substâncias orgânicas complexas, vitais à fisiologia da planta (SALGADO; REZENDE, 2010).

Dentre os nematoides das galhas que parasitam o cafeeiro, um dos mais prejudiciais à cafeicultura brasileira é a espécie *M. paranaensis*, que tem ocorrido em algumas lavouras no Estado de Minas Gerais e que, em alta infestação, pode reduzir drasticamente a produção, e ainda causar a morte da planta. Uma das alternativas mais viáveis para o controle deste fitonematoide e evitar os prejuízos advindos com a sua infestação é o uso de plantas resistentes, que por ser uma medida eficaz, econômica e ambientalmente aceitável é desejada pelos cafeicultores no manejo da lavoura cafeeira em área infestada.

A diversidade genética no gênero *Coffea* favorece os trabalhos de pesquisa em melhoramento genético com vistas à obtenção de cultivares com resistência ao parasita, porém, sabe-se que os trabalhos são dificultados pelo fato da cultura ser perene e pela demanda de tempo requisitado para os testes de resistência aos nematoides. Possivelmente este seja um dos motivos da escassez de pesquisas que visam selecionar genótipos de *Coffea* sp. portadores de resistência a *Meloidogyne* sp. em condições de campo.

O objetivo com esse trabalho foi selecionar genótipos de cafeeiros resistentes ao nematoide de galhas *Meloidogyne paranaensis* em campo e caracterizá-los fitotécnicamente e fisiologicamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A importância da cafeicultura

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, e a cafeicultura representa uma importante atividade do agronegócio, gerando muitos empregos diretos e indiretos. O café é uma importante fonte de renda para a economia brasileira, pela sua participação na receita cambial, pela transferência de renda aos outros setores da economia, e pela contribuição ao setor agrícola do país.

A cafeicultura é responsável por um dos mais importantes complexos agroindustriais do Brasil, formado por diversos agentes como fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos, produtores primários, cooperativas, empresas de processamento, exportadores, empacotadores, assistência técnica, compradores internacionais e consumidores (REIS, 2001). A área plantada no país totaliza 2.329,4 mil hectares, considerando-se a produção de cafés das espécies *Coffea arabica* (café Arábica) e *Coffea canephora* (café Robusta ou Conilon). O resultado mostra um crescimento de 2,25% sobre a área de 2.278,1 mil hectares existentes na safra 2011, ou seja, foram acrescentados 51.254 hectares (CONAB, 2012).

Minas Gerais é o estado brasileiro de maior destaque na produção de café, responsável por aproximadamente 53% da produção nacional de café arábica. Os dados obtidos no levantamento da safra de café em 2012 apontaram para uma produção de 26,94 milhões de sacas de café em Minas Gerais, significando um incremento de 21,47% em comparação com a safra anterior. Este aumento se deve à bienalidade de produção da cultura, ao aumento da área em produção e a melhora dos tratamentos culturais das lavouras, incentivados pela recuperação dos preços de comercialização do café em anos recentes (preço

recorde em 2011 foi de R\$ 540,00, em comparação com o ano atual que está por volta de R\$ 300,00). A produtividade média do estado foi de 26,20 sacas/ha e a área de café em produção cresceu 2,84% em comparação com a safra anterior (CONAB, 2012). Como principal produto agropecuário do PIB de Minas Gerais, o café apresenta-se como um importante elemento econômico e social para muitas regiões do estado, nas quais a cultura do café é a principal fonte de geração de trabalho e renda.

2.2 Parasitismo de *Meloidogyne* sp. ao cafeeiro

A principal vantagem da espécie *C. arabica* é a superioridade na qualidade da bebida, porém, essa espécie apresenta alta suscetibilidade a pragas e doenças. Dentre as pragas e doenças que ocorrem nas cultivares de *C. arabica*, os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) se destacam por serem altamente prejudiciais na maioria dos países produtores de café, estabelecendo seu sítio permanente de alimentação, desenvolvendo-se e reproduzindo-se praticamente durante todo o ano (CAMPOS; SILVA, 2008; CAMPOS; VILLAIN, 2005). A importância econômica de uma espécie de *Meloidogyne* é determinada pela sua patogenicidade, seu modo de parasitismo, pela extensão dos danos e prejuízos ao cafeeiro e pela facilidade de disseminação e adaptação a diversas regiões.

Dezessete espécies de *Meloidogyne* são conhecidas como patógenos do cafeeiro (CARNEIRO; COFCEWICZ, 2008). Destas, algumas espécies causam sérios danos às plantações, destruindo cerca de 80% do sistema radicular após cinco anos do plantio (BERTRAND; ANTHONY, 2008). No Brasil, as espécies mais prejudiciais são *M. exigua* Goeldi, 1887, pela ampla distribuição geográfica, *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 1996) e *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood, 1949, pela intensidade dos danos que causam (GONÇALVES et al., 2004). *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. exigua* Goeldi, *M.*

paranaensis Carneiro et al. (1996) e *M. coffeicola* Lordello; Zamith ocorrem em lavouras cafeeiras de vários estados brasileiros, com predominância de uma espécie em relação às outras podendo diferir grandemente de uma região para outra (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Levantamentos detectaram aumento na ocorrência de *M. paranaensis* e *M. incognita* (KRZYZANOWSKI et al., 2001; LORDELLO; LORDELLO; AZUOLLI, 2001) e, em Minas Gerais embora haja predominância de *M. exigua*, nos últimos levantamentos foi detectada a presença de *M. paranaensis* em diversas lavouras das regiões Sudoeste e Alto Paranaíba (CASTRO; CAMPOS, 2004; CASTRO et al., 2008; CASTRO; NAVES; CAMPOS, 2003). A partir de então, a preocupação é com a disseminação desse nematoide para outras áreas cafeeiras do Estado de Minas Gerais, tanto nas regiões montanhosas onde as enxurradas podem favorecer, quanto na região do Cerrado onde o uso compartilhado de máquinas e implementos entre os produtores é prática corriqueira e pode facilitar a disseminação do nematoide entre as áreas.

Meloidogyne sp. são pequenos vermes, tipicamente de 300 µm a 2 mm para juvenis vermiformes e fêmeas piriformes, respectivamente; vivem em solos e são endoparasitas obrigatórios e sedentários das raízes das plantas. Durante seu segundo estágio juvenil (J2), os fitonematoídes migram da rizosfera do solo em direção às raízes das plantas onde estabelecem uma relação parasítica com seu hospedeiro mediante o sucesso nas diversas fases da interação com a planta hospedeira (FARIA et al., 2003).

M. paranaensis (CARNEIRO et al., 1996) é uma das espécies formadoras de galhas mais destrutivas às raízes do cafeeiro com alta persistência no solo e grande número de hospedeiros (soja, olerícolas, plantas daninhas, entre outros). O parasitismo ocasiona desfolha, amarelecimento e aspecto de intenso depauperamento geral, refletindo diretamente no vigor e produtividade das plantas. Isso ocorre porque o parasitismo de nematoídes nas raízes compromete

o desenvolvimento dessas raízes, que são órgãos de suporte e fundamentais para a absorção de água e de minerais além de produzirem várias substâncias orgânicas complexas, vitais à fisiologia da planta (SALGADO; REZENDE, 2010). Com o avanço do parasitismo ocorre uma drástica redução do sistema radicular com formação de vários pontos de engrossamento e rachaduras nas raízes.

A suscetibilidade das cultivares de *C. arabica* aos fitonematoides constitui fator limitante tanto para a implantação de cafezais novos em áreas infestadas quanto na manutenção dos cafezais já contaminados. O controle de fitonematoides em cafezais é ineficiente e se a área já estiver contaminada é praticamente impossível eliminá-los (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). A adoção de medidas para o controle de *M. paranaensis* em lavouras cafeeiras vem apresentando baixíssima eficiência em áreas com alta população inicial. Nesse aspecto, a resistência de plantas apresenta-se como uma das principais táticas de manejo dos nematoides, por serem mais eficazes, uma vez que a área já esteja infestada pelo nematoide, isso porque a utilização de cultivares resistentes, ou mesmo tolerantes, possibilita a manutenção de populações do nematoide abaixo do nível de dano econômico.

A resistência genética tem sido utilizada principalmente para os nematoides endoparasitas sedentários, como os do gênero *Meloidogyne*, que apresentam uma interação especializada com seus hospedeiros. Os mecanismos de defesa da planta resistente são expressos de modo a interferir nas diversas fases do ciclo de vida e do parasitismo do nematoide, restringindo ou prevenindo a sua multiplicação. De maneira geral, nas plantas que apresentam resistência às espécies do gênero *Meloidogyne*, a penetração dos juvenis ocorre da mesma forma, no entanto, seu desenvolvimento ou a reprodução são prejudicados (ROBERTS, 2002).

A resistência a *M. incognita* e *M. paranaensis* vem sendo encontrada em *C. canephora* (GONÇALVES et al., 1996; GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988; SERA et al., 2004, 2005, 2006), em *C. congensis* Froehner (GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988) e segundo alguns autores, tem sido constatadas também em algumas plantas do germoplasma Icatu, derivado do cruzamento *C. arabica* x *C. canephora* (MATA et al., 2000, 2002; SERA et al., 2002). Mata et al. (2000) identificaram em área altamente infestada com *M. paranaensis* um genótipo de Catucaí (Iapar Vitrine 83), o qual deu origem a cultivar IPR-100, com 100% das plantas resistentes a *M. paranaensis* e *M. incognita* raça 2. A cultivar Apoatã de *C. canephora* tem sido empregada como porta enxerto de cultivares de *C. arabica*, principalmente em áreas infestadas por *M. incognita* ou *M. paranaensis*. Entretanto, ainda são escassas as fontes de resistência identificadas para os nematoides *M. paranaensis* e *M. incognita* em café arábica.

Mata et al. (2000) avaliaram a resistência de 44 acessos de *C. arabica* de diversas origens em área altamente infestada de *M. paranaensis*. Após quatro anos do plantio, quando houve morte de plantas e apodrecimento das raízes grossas, foi avaliada a sobrevivência dos cafeeiros e o nível de produtividade dentre outras características agronômicas. Entretanto, acredita-se que o início tardio da avaliação dos materiais genéticos em condições de área infestada no campo pode atrasar a seleção. Diante disso, a seleção genética de cafeeiro em área infestada por *M. paranaensis*, por meio da avaliação do comportamento inicial das plantas, antes da primeira colheita, possibilita a seleção precoce dos genótipos sem riscos de comprometimento à pesquisa, inclusive com economia de tempo nessa seleção, já que materiais suscetíveis podem apresentar sintomas na parte aérea e até mortalidade desde o início do desenvolvimento, na fase de mudas.

A possibilidade de uso de material genético resistente a *M. paranaensis* em atenção ao apelo de produtores e técnicos quanto à necessidade de tecnologias viáveis para uso em áreas cafeeiras infestadas, depende de pesquisas para seleção e identificação de genótipos de cafeeiro com comportamento de resistência ou tolerância a esse nematoide em condições de campo, para plantio e renovação de lavouras em áreas cafeeiras infestadas.

2.3 Aspectos fisiológicos da planta do cafeeiro

O café arábica é originário das Florestas Tropicais da Etiópia (África), onde é encontrado espontaneamente desenvolvendo-se sob sombra, em regiões onde predominam temperaturas entre 18° a 22 °C e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (de 1600 a 2000 mm, com uma estação seca de três a quatro meses coincidindo com a estação fria) (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Porém, quando os plantios são instalados e cultivados a pleno sol produzem satisfatoriamente e, na maioria dos casos, mais que os plantios à sombra (DAMATTA; RENA, 2002).

A água é o principal constituinte das plantas podendo representar de 50 a 95% da massa fresca total dos diferentes órgãos e tecidos vegetais, embora certas sementes de oleaginosas possuam conteúdo bastante reduzido, entre 5 – 7% (LARCHER, 2003). Assim, toda planta necessita manter um balanço entre a absorção e a perda de água, o que se constitui em um sério desafio para as plantas terrestres. Pela importância que assume para a sobrevivência das plantas, a água é um fator limitante e sua indisponibilidade pode acarretar sérios danos ao crescimento, desenvolvimento e produtividade vegetal, sejam em ambientes naturais ou na agricultura (SANTOS, 2009). Desse modo, a seca constitui um dos estresses abióticos de maior impacto para o desenvolvimento das plantas.

A ordenação das fases fenológicas possibilita determinar as relações e o grau de influência dos fatores bióticos e abióticos. Camargo e Camargo (2001) descreveram a sucessão das fases vegetativas e reprodutivas dos cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L., nas condições climáticas tropicais do Brasil, que ocorrem em aproximadamente dois anos, diferentemente da maioria das plantas que emitem as inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico. O ciclo fenológico, para as condições climáticas tropicais do Brasil, foi subdividido em seis fases distintas: (1) vegetação e formação das gemas foliares (setembro a março); (2) indução, crescimento e maturação das gemas florais (abril a agosto); (3) florada, chumbinho e expansão dos frutos (setembro a dezembro); (4) granação dos frutos (janeiro a março); (5) maturação dos frutos (abril a junho) e (6) repouso e senescência dos ramos (julho e agosto).

As condições edafoclimáticas das regiões de cultivo, as práticas culturais adotadas, a espécie/raça do nematoide presente e o nível populacional no solo, aliados à espécie ou cultivar de cafeeiro plantada, influenciam o efeito do parasitismo dos fitonematoides sobre a fenologia do cafeeiro. De fato, quando o cafeeiro é atingido por algum fator estressante, de origem biológica ou não, as consequências desse estresse são agravadas quando as raízes estão parasitadas pelo nematoide. Existem evidências consideráveis de que a combinação desses fatores com a presença de nematoides nas raízes é suficiente para provocar maiores perdas na cultura (SALGADO; REZENDE, 2010). O decréscimo na produção de café decorrente do parasitismo de espécies de *Meloidogyne* deve-se, em parte, ao fato de ser uma cultura perene, na qual os cafeeiros propiciam condições para o aumento da população dos nematoides na área durante quase todo o ano, podendo esse parasita alcançar altos níveis populacionais em todas as fases fenológicas do cafeeiro (ZAMBOLIM; VALE, 2003).

O cafeeiro, sendo uma cultura perene, passa por períodos de seca e de chuva ao longo do ano. Quando há irregularidades na precipitação, podem

ocorrer estresses hídricos, afetando as relações hídricas e a absorção de nutrientes pela planta. As consequências de déficit hídrico podem ser potencializadas ou agravadas quando as raízes do cafeeiro estão parasitadas por nematoides.

O déficit hídrico pode afetar diversas características morfofisiológicas das plantas, sendo a fotossíntese um dos processos mais limitados pela seca. A fotossíntese pode ser restringida pelo de duas maneiras: limitação estomática e limitação metabólica, que dependendo da duração e da intensidade, podem causar um dano irreversível, comprometendo a integridade funcional da planta (GRASSI; MAGNANI, 2005).

Em condições naturais e agricultáveis, as plantas estão frequentemente expostas ao estresse ambiental, seja por fatores bióticos ou abióticos. Alguns fatores, como a temperatura do ar e o ataque de pragas e doenças, por exemplo, podem se tornar estressantes em poucos minutos; enquanto outros podem levar dias, semanas e até meses. A produtividade de plantas, limitada pela água, depende da quantidade disponível deste recurso e da eficiência do seu uso pela planta (ANGELOCCI; MÉLO; SOARES, 2004).

2.4 Resistência genética do cafeeiro a *Meloidogyne* sp.

As pesquisas em café foram iniciadas ainda na época do Brasil Império e, à medida que foram aparecendo desafios para a nova cultura – como doenças e pragas - foram sendo criados institutos de pesquisas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2012). E em 1933, com a criação da Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas, dava-se início a um complexo programa de investigação sobre o cafeeiro, também denominado como a segunda fase do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil (CARVALHO, 1985).

Atualmente nas pesquisas, além do aumento da produtividade, os trabalhos de melhoramento visam também à melhoria de outras características agrônomicas como qualidade de bebida, uniformidade de maturação, enxertia, seleção de cultivares adaptadas às diferentes condições e sistemas de cultivo, e resistência às pragas e doenças, como os nematoides que tem sido visado nos trabalhos de melhoramento do cafeeiro (MATIELLO, 2008). A maioria dos métodos empregados no controle de nematoides vem apresentando baixa eficiência nas lavouras instaladas em áreas infestadas. Nesse aspecto o emprego de materiais genéticos com resistência a *Meloidogyne* torna-se uma necessidade como uma medida efetiva, econômica e ecologicamente correta (MATA et al., 2000).

Diversas pesquisas visando à seleção de genótipos resistentes têm sido realizadas sob condições controladas de casa de vegetação, como os trabalhos de Boisseau et al. (2009), Ito et al. (2008), Ribeiro et al. (2005) e Sera et al. (2006), entre outros. Poucos trabalhos publicados relatam a seleção genética de *Coffea* sp. em área cafeeira infestada por *Meloidogyne* sp. No estudo da reação de progênies de café Icatu em área infestada por *M. incognita* raça 2, Carneiro (1995) empregou uma escala de notas para seleção dos materiais quanto ao vigor vegetativo e sintomas de parasitismo do nematoide nas raízes e na parte aérea três anos após o plantio, onde foram identificadas progênies resistentes ao *M. incognita*. De fato, segundo Mata et al. (2000), a melhor fonte de resistência são os materiais de *C. arabica* que têm os genes de *C. canephora* como o Icatu e Catuaí x Icatu, bem como algumas fontes em acessos de *C. arabica* provenientes da Etiópia.

Shigueoka et al. (2011), aos três anos do plantio avaliaram, entre outras características, a produção, vigor vegetativo e maturação dos frutos de progênies derivadas de cafeeiros resistentes ao *M. paranaensis*. No primeiro experimento, esses autores verificaram que 49 progênies apresentaram produção igual ou

superior às cultivares comerciais utilizadas como testemunhas (Catuaí Vermelho IAC-99, Mundo Novo IAC-376/4, Iapar-59 e Tupi IAC 1669-33.) e duas progênies em fase final de seleção. No segundo experimento das 31 progênies, 13 delas foram selecionadas para avanço de geração e testes para resistência a outros nematoides com capacidade para aumento no tamanho do fruto e precocidade de maturação. Diante desses estudos, mesmo que demande tempo, é extremamente importante e necessária à realização de trabalhos em campo, visando iniciar a seleção no início do desenvolvimento das plantas, ou seja, avaliar seu comportamento inicial a fim de gerar avanços nos trabalhos de melhoramento.

O uso da enxertia em portas-enxerto de *C. canephora* é uma alternativa muito bem vista para o plantio de café em áreas infestadas por alguns nematoides. No entanto, vale ressaltar que a técnica da enxertia possui alguns inconvenientes como a segregação para suscetibilidade, a pequena taxa de quebra do cavaleiro na região da enxertia, a maior porcentagem de replantio (15-20%) e a utilização somente em áreas de renovação ou replantio da lavoura cafeeira (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Além disso, o custo para obtenção da muda enxertada tem desestimulado os produtores.

O *M. paranaensis*, em condições de alta infestação pode reduzir a produtividade a níveis antieconômicos já na primeira colheita, tanto em solo arenoso como em argiloso para as cultivares comerciais altamente suscetíveis e muito utilizadas como Mundo Novo e Catuaí.

Tem-se verificado que populações oriundas do cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora*, como Icatu e Sarchimor (identificadas como resistentes à ferrugem) apresentam também plantas resistentes e/ou tolerantes a *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*, porém, ainda segregando para a resistência aos nematoides (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Daí a importância da

continuidade nos estudos com materiais possivelmente resistentes ao *M. paranaensis*, para futuras seleções e desenvolvimento de novas cultivares.

Os recursos genéticos representam o reservatório de variabilidade genética natural, potencial e indispensável para os programas de melhoramento das espécies cultivadas (ALMEIDA; DIAS, 2001). Esses autores enfatizam que os recursos genéticos não são renováveis, daí a necessidade e a importância de conservá-los. O banco de germoplasmado cafeeiro representa um acervo de genes oriundos dos recursos genéticos naturais e outros resultantes de hibridações que se constituem na matéria prima básica para suportar as pesquisas em melhoramento genético do cafeeiro. Uma das mais importantes coleções do país está implantada na Fazenda Experimental de Patrocínio, pertencente à EPAMIG, sendo composta por 1327 acessos, sendo estes, principalmente de *C. arabica*, contando com muitas cultivares e mutantes, além de valioso material coletado na Etiópia e representando formas silvestres espontâneas e subespontâneas de *C. arabica*. Além disso, no Banco de Germoplasma de Minas Gerais, outras espécies dos gêneros *Coffea*, tais como *C. canephora*, *C. racemosa* e *C. dewevrei* e Híbridos interespecíficos encontram-se representadas por uma ou mais variedades ou introduções.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.M.V.C.; DIAS, L.A.S. Recursos genéticos. In: DIAS, L.A.S. (Ed.). **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, 2001. p.163-216.
- ANGELOCCI, L. R.; MÉLO, R. F.; SOARES, T. M. **A importância do conhecimento do potencial da água no sistema solo-planta-atmosfera**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 44 p.
- BERTRAND, B.; ANTHONY, F. Genetics of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and breeding. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant-parasitic nematodes of coffee**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 165-190.
- BOISSEAU, M. et al. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 38-41, 2009.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- CAMPOS, V. P.; SILVA, J.R.C. Management of *Meloidogyne* spp. in coffee plantations. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant-parasitic nematodes of coffee**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 149-164.
- CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematodes parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2005. p. 529-579.
- CARNEIRO, R. G. Reação de progênies de café Icatu a *Meloidogyne incógnita* raça 2, em condições de campo. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v.19, n. 1, p.53-59,ago. 1995.

CARNEIRO, R. M. D. G.; COFCEWICZ, E. T. The taxonomy of coffee-parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant-parasitic nematodes of coffee**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 87-122.

CARNEIRO, R.M.D.G. et al. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. **Journal of Nematology**, College Park, v. 28, n. 2, p. 177-189, June 1996.

CARVALHO, A. Evolução nos cultivares de café. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 7-11, jan./abr. 1985.

CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P. Detecção de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.30, n.4, p.507, 2004.

CASTRO, J.M.C. et al. Levantamento de fitonematóides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.32, n.1, p.56-64, 2008.

CASTRO, J.M.C.; NAVES, R.L.; CAMPOS, V.P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro na região Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.5, p.565, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café 2012**, terceira estimativa, setembro 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_10_10_21_boletim_cafe_-_setembro_2012.pdf>. Acesso em: 10 set. 2012.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v.18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DAMATTA, F.M.; RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 93-135.

_____. Relações hídricas no cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café; Belo Horizonte: MINASPLAN, 2000. 2 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.sapc.embrapa.br/index.php/portal/historico>>. Acesso em: 10 out. 2012.

FARIA, C. M. D. R. et al. Mecanismos de ataque e defesa na interação nematóide-planta. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.11, p. 373-410, 2003.

GONÇALVES, W. et al. Manejo de nematóides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO-CAFÉ, 10., 2004, Mococa. **Anais...** Mococa: Instituto Biológico, 2004. p. 48-66.

_____. Reações de cafeeiros às raças 1, 2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 22, n. 2, p. 172-177, 1996.

GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. de; FAZUOLI, L. C. Resistência do cafeeiro a nematóides: III., avaliação da resistência de espécies de *Coffea* e de híbridos interespecíficos a *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 12, p. 47-54, 1988.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M.B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **Revista O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 54-56, 2007.

_____. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p.199-268.

GRASSI, G.; MAGNANI, F. Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.28, n. 7, p.834-849, July 2005.

ITO, D. S. et al. Progênies de café com resistência aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163, jul./dez. 2008.

KRZYZANOWSKI, A.A. et al. Levantamento de espécies e raças de *Meloidogyne* em cafeeiros no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2000, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2001. p. 1175-1181.

LARCHER, W. Water relations. In: _____. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. 3rd ed. New York: Springer, 2003. p.231-297.

LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A.; AZUOLLI, L.C. 2001. Levantamento de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiros no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2000, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2001. p. 1182-1187.

MATA, J. S. et al. Resistência de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) de São Jorge do Patrocínio ao nematóide *Meloidogyne paranaensis* (EMN2001.07). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, v. 6, p. 34-36, 2002. Edição especial.

_____. 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. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 515-518.

MATIELLO, J. B. Critérios para a escolha de cultivar de café. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 129-140.

REIS, R. P. et al. Custos de produção da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 37-44, jan./jun. 2001.

RIBEIRO, R.C.F. et al. Resistência de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 11-16, 2005.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CABI, 2002. p. 23-42.

SALGADO, S.M.L.; REZENDE, J.C. Manejo de fitonematoides em cafeeiro. In: REIS, P.R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café Arábica do plantio à colheita**. Lavras: UFLA, 2010. p.757-804.

SANTOS, A. B. **Caracterização fisiológica e molecular da tolerância à seca e sua relação com o sistema radicular em espécies de Coffea**. 2009. 100 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SERA, G. H. et al. 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, 2006.

SERA, T. et al. Frequência de plantas resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações da cultivar porta-enxerto Apotã de *Coffea canephora*. **Scientific Journal**, São Paulo, v.8, p. 17-20, 2004. Edição especial.

_____. Identificação de porta-enxertos de café Robusta resistentes aos nematóides *M. paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina:EMBRAPA Café, 2005. 1 CD-ROM.

_____. Novas cultivares para o modelo IAPAR de café adensado para o Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002.p. 432-434.

SHIGUEOKA, L.H. et al. Avaliação de linhagens de café arábica resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...**Londrina: EMBRAPA, 2011. 1 CD-ROM.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. Estratégias múltiplas no manejo integrado de doenças do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 137-153, 2003. Suplemento.

CAPÍTULO 2

Seleção e respostas fisiológicas de genótipos de *Coffea* sp. para resistência a *Meloidogyne paranaensis* em área infestada

RESUMO

O nematoide das galhas *M. paranaensis* é uma das espécies formadoras de galhas mais destrutivas para as raízes do cafeeiro. A ocorrência do nematoide pode afetar as relações hídricas, a absorção de nutrientes, o crescimento e a produção do cafeeiro. Objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento agrônomico de genótipos de cafeeiro, de forma a identificá-los e selecioná-los quanto à resistência em área naturalmente infestada por *M. paranaensis*. E também avaliar respostas fisiológicas de genótipos contrastante quanto à tolerância/resistência a *M. paranaensis* nos períodos secos e chuvosos. A área experimental está localizada no município de Piumhi/MG e foi selecionada pela alta infestação de *M. paranaensis*. Em fevereiro de 2009 foi realizado o plantio das mudas de 44 genótipos selecionados pelo Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com três repetições e espaçamento de 3,0 x 0,8 m, com parcelas constituídas por sete plantas. Em abril de 2009 foram coletadas amostras de solo na rizosfera dos cafeeiros para confirmação da população de *M. paranaensis* na área (Bioteste). Baseado no comportamento inicial dos genótipos foi pré-selecionadas para avaliação 26 plantas de cinco diferentes genótipos, identificados pelos números 6 (MG 0294-1 R1), 16 (MG 0179-1 R1), 28 (MG 0179-3 R1), 29 (MG 0185-1 R2) e 44 (MG 1184-1 R1) e de três testemunhas, identificadas pelos números 56 (Catuaí Amarelo IAC 62) e 57 (Mundo Novo IAC 379-19), ambos suscetíveis a *M. paranaensis* 33 (IAPAR IPR 100), resistente. Nestes genótipos, as características relacionadas ao crescimento e produção dos cafeeiros foram avaliadas, por planta, sendo elas: diâmetro de copa, vigor vegetativo, produção em litros de “café da roça”, quantificação da população de nematoide nas raízes dos cafeeiros (número de ovos/grama de raiz - NOGR), altura de planta e tamanho de grão, assim como também foram avaliadas a confirmação da população de *M. paranaensis* através do bioteste 1 e 2. Em fevereiro de 2012 foram avaliadas a leitura SPAD e o teor de nutrientes na folha. Em setembro (época seca) e novembro (época de chuva) de 2012 foram avaliados, em campo, o potencial hídrico e as trocas gasosas (fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, temperatura foliar e eficiência instantânea do uso da água) de quatro genótipos contrastantes quanto à resistência/tolerância e suscetibilidade ao *M. paranaensis*. Sendo dois genótipos com potencial de resistência e tolerância (16 e 28), respectivamente, um material resistente ao nematoide (genótipo 33 – IPR 100) e outro suscetível (genótipo 57 – Mundo Novo 379-19). As características relacionadas ao crescimento vegetativo e produção dos cafeeiros também foram avaliadas, sendo elas: diâmetro de copa, vigor vegetativo, produção em litros de “café da roça” e altura de planta. O programa estatístico utilizado para auxiliar nas análises das variáveis foi o SAS.

Concluiu-se que menor população de *M. paranensis* foi encontrada nas raízes dos genótipos 33(IAPAR IPR 100), 6(MG 0294-1 R1), 16(MG 0179-1 R1) e 29(MG 0185-1 R2). Os genótipos que apresentam maior produtividade foram: 28(MG 0179-3 R1), 33(IAPAR IPR 100) e 16(MG 0179-1 R1). Os genótipos 16(MG 0179-1 R1) e 28(MG 0179-3 R1) se destacaram apresentando bom desenvolvimento vegetativo e produtivo na área experimental, sendo caracterizados respectivamente como resistente e tolerante a *M. paranaensis*. Estes mesmos genótipos também demonstraram maior capacidade de manutenção do status hídrico quando comparados com a testemunha suscetível ao nematoide.

Palavras-chave: Cafeeiro. bioteste. genética. potencial hídrico. trocas gasosas.

ABSTRACT

The nematode from the *M. paranaensis* galls is one of the species which form the most destructive galls in coffee plant roots. The occurrence of the nematode may affect the hydric relations, nutrient absorption, growth and grain production. This work aimed at evaluating the agronomic behavior of coffee genotypes in order to identify and select them according to resistance in an area naturally infested by *M. paranaensis*. We will also evaluate the physiological responses of contrasting genotypes regarding resistance/tolerance to *M. paranaensis* in the dry and rainy periods. The experimental area is located in the municipality of Paumhi, Minas Gerais, Brazil, and was selected for its high *M. paranaensis* infestation. In February of 2009 we planted the seedlings of 44 genotypes selected by the Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro of the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. The experiment was installed in a randomized block design with three replicates and spacing of 3.0 x 0.8 m, with plots constituted of seven plants. In April of 2009 we collected soil samples of the coffee plant's rhizosphere for confirmation of the *M. paranaensis* population in the area (Biotest). Based on the initial behavior of the genotypes, we pre-selected 26 plants of five different genotypes for evaluation, identified by the numbers 6 (MG 0294-1 R1), 16 (MG 0179-1 R1), 28 (MG 0179-3 R1), 29 (MG 0185-1 R2) and 44 (mg 1184-1 R1), and three witnesses identifies by the numbers 56 (Yellow Catuaí IAC 62) and 57 (Mundo Novo IAC 379-19), both susceptible to *M. paranaensis*, and 33 (IAPAR IPR 100), which was resistant. In these genotypes, the characteristics related to growth and production were evaluated per plant, being: crown diameter, vegetative vigor, production in liters of “café da roça”, quantification of the nematode population on the coffee plant roots (number of eggs/g of root – NEGR), height of the plant and size of the grain. We also evaluated the confirmation of *M. paranaensis* population with biotests 1 and 2. In February of 2012, we evaluated the SPAD reading and the nutrient content in the leaf. In September (dry period) and November (rainy period) of 2012, we evaluated, in field, the hydric potential and gas exchange (net photosynthesis, stomata conductance, transpiration, foliar temperature and instantaneous efficiency of water use) of four contrasting genotypes in regard to resistance/tolerance and susceptibility to *M. paranaensis*. Two genotypes presented resistance/tolerance potential (16 and 28, respectively), one presented material resistant to the nematode (genotype 33 – IPR 100) and another was susceptible (genotype 57 – Mundo Novo 379-19). The characteristics related to the vegetative growth and production were also evaluated, being: crown diameter, vegetative vigor, production in liters of “café da roça” and height of the plant. The statistical program used was the SAS (SAS Institute, 2001). We concluded that a smaller *M. paranaensis* population was found on the roots of genotypes 33, 6,

16 and 29. The genotypes presenting the largest productivity were: 28, 33 and 16. Genotypes 16 and 28 were highlighted, presenting good vegetative and productive development in the experimental area, being characterized, respectively, as resistant and tolerant to *M. paranaensis*. These genotypes also showed larger hydric status maintenance capacity when compared to susceptible witness.

Key-words: Coffee plant. biotest. genetics. hydric potential. gas exchange.

1 INTRODUÇÃO

É inquestionável a importância do melhoramento genético do cafeeiro como ferramenta de suporte para seleção e obtenção de cultivares superiores, seja para produtividade ou para outras características, como no caso do presente trabalho, resistência ao *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 1996). Os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) são altamente prejudiciais ao cafeeiro, estabelecendo seu sítio permanente de alimentação, desenvolvendo-se e reproduzindo-se praticamente durante todo o ano (CAMPOS; SILVA, 2008; CAMPOS; VILLAIN, 2005). O *M. paranaensis* é um dos nematoides mais prejudiciais para a lavoura cafeeira, pela intensidade dos danos que causam, podendo levar a planta à morte (GONÇALVES et al., 2004).

A ocorrência do nematoide pode afetar tanto as relações hídricas quanto a absorção de nutrientes, isso porque seu parasitismo nas raízes compromete o desenvolvimento das plantas já que as raízes são órgãos de suporte e fundamentais para a absorção de água e de minerais, além de produzirem várias substâncias orgânicas complexas, vitais à fisiologia da planta. Assim, as consequências de estresses hídricos ou nutricionais podem ser agravadas, causando desfolha, amarelecimento e aspecto de depauperamento geral, refletindo diretamente no vigor e produtividade das plantas (SALGADO; REZENDE, 2010).

Este nematoide tem se tornado uma grande preocupação entre cafeicultores e pesquisadores, pois estudos têm detectado um aumento na sua ocorrência nos estados do Paraná, São Paulo e principalmente em lavouras das regiões Sudoeste e Alto Paranaíba, em Minas Gerais (CASTRO; CAMPOS, 2004; CASTRO et al., 2008; CASTRO; NAVES; CAMPOS, 2003). A partir de então, a preocupação é com a possibilidade de disseminação desse patógeno para outras áreas produtoras de café de Minas Gerais.

O controle de fitonematoides em cafezais é ineficiente e se a área estiver contaminada é praticamente impossível eliminá-los (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Uma alternativa para o plantio em áreas infestadas por *M. paranaensis* seria o uso de portas-enxerto de *C. canephora* resistentes ao mesmo. No entanto, vale ressaltar que a técnica da enxertia possui alguns inconvenientes como a segregação para suscetibilidade, a pequena taxa de quebra do cavaleiro na região da enxertia, a maior porcentagem de replantio (15-20%) e a utilização somente em áreas de renovação ou replantio da lavoura cafeeira (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Além disso, o custo para obtenção da muda enxertada tem desestimulado os produtores.

Nesse aspecto, a resistência de plantas apresenta-se como uma das principais táticas de manejo dos nematoides, por ser mais eficaz econômica e ambientalmente correta. Uma vez que a área já esteja infestada pelo nematoide, a utilização de cultivares resistentes, ou mesmo tolerantes, possibilita a manutenção de populações do nematoide abaixo do nível de dano econômico, com condições de produtividade da lavoura (MATA et al., 2000).

O comportamento diferencial entre os genótipos pode estar relacionado a diferentes mecanismos fisiológicos, que dependem da fase fenológica associado às condições climáticas. Estes mecanismos também são ativados em função das trocas gasosas e potencial hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004).

De maneira geral, na época quente e chuvosa o cafeeiro se encontra na fase de crescimento ativo (vegetativo e reprodutivo), com disponibilidade hídrica e exibindo taxas de fotossíntese relativamente elevadas (SILVA, 2004). Na época seca, na fase de maturação das gemas/frutos, onde se encontra com menor disponibilidade hídrica, o cafeeiro possui crescimento mais lento e conseqüentemente reduz sua capacidade fotossintética, acarretando eventuais decréscimos de produtividade da cultura (FARIA; SIQUEIRA, 2005).

Atualmente, existem pouquíssimos materiais genéticos resistentes ao *M. paranaensis*. Um dos motivos é que os trabalhos são dificultados pelo fato da cultura ser perene e pela demanda de tempo requisitado para os testes de resistência aos nematoides. Talvez seja por isso que pesquisas que visam selecionar materiais genéticos de *Coffea* sp para resistência a *Meloidogyne* sp. em condições de campo são escassas.

Em função do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento agrônomo e a patogenicidade de *M. paranaensis* em genótipos de cafeeiro, de forma a selecionar materiais resistentes em área naturalmente infestada. Assim como também buscar evidências sobre os mecanismos fisiológicos relacionados à tolerância/resistência a *M. paranaensis* de genótipos contrastantes quanto à tolerância a *M. paranaensis*, nos períodos seco e chuvoso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do experimento

A seleção de genótipos de cafeeiros para instalação do experimento foi realizada no Banco Ativo de Germoplasma, localizado na Fazenda Experimental de Patrocínio, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG. Os genótipos foram selecionados pelo Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG. Quarenta e um genótipos pertencentes a vinte populações, cujas progênies encontram-se em geração F₄, foram selecionados, além das cultivares Mundo Novo IAC 379/19 e Catuaí Amarelo IAC-62, utilizadas como testemunhas suscetíveis, e a cultivar IAPAR IPR 100, utilizada como padrão de resistência (Tabela 1).

Tabela 1 Identificação numérica (IN), designação do acesso (material de origem) e n° do acesso dos genótipos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de Café da EPAMIG visando à seleção para resistência a *Meloidogyne paranaensis* em área cafeeira naturalmente infestada.

IN	Designação do Acesso	N° do Acesso	IN	Material	N° de acesso
1	HT UFV 408-28	MG 0300-10	30	HT UFV 408-28	MG 0300-2
2	HT UFV 408-29	MG 0301-2 R1	32	Planta atípica ¹	MG 1196-6 Fil.2
4	Planta atípica ¹	MG 1197-34 Fil.3	33	IPR 100*	MG 1178
5	Amphillo x HN 36-349	MG 0176-2 R2	34	Amphillo x HN 36-352	MG 0177-8 R1
6	HT UFV 408-01	MG 0294-1 R1	35	Amphillo x HN 36-349	MG 0176-9 R2
7	CV x Amphillo 2-474	MG 0185-10 R2	36	Planta atípica ¹	MG 1197-37 Fil.3
8	HT UFV 408-26	MG 0299-8 R1	37	Durandé Arabica x <i>C.canephora</i>	MG 0265-3 R1
9	CV x Amphillo 2-161	MG 0179-5 R1	39	Amphillo x HN 36-349	MG 0176-10 R2
10	HT UFV 408-01	MG 0294-2 R1	41	HT UFV 408-12	MG 0297-2 R1
11	HT UFV 408-26	MG 0299-4 R1	42	Amphillo x HN 36-349	MG 0176-3 R2
12	Amphillo x HN 36-352	MG 0177-7 R2	43	CV x Amphillo 2-474	MG 0185-5 R2
13	Planta atípica ¹	MG 1197-36 Fil.4	44	Sarchimor	MG 1184-1 R1
14	Planta atípica ¹	MG 1196-10 Bord.	45	HT UFV 408-12	MG 0297-1 R1
15	Planta atípica ¹	MG 1196-	46	Planta atípica ¹	MG 1197-8

		8 R1			Fil.3
16	CV x Amphillo 2-161	MG 0179-1 R1	47	HT UFV 408-11	MG 0296-9 R1
17	Planta atípica ¹	MG 1197-10 Fil.3	48	Amphillo x HN 36-352	MG 0177-1 R1
18	Amphillo x HN 36-352	MG 0177-1 R2	49	Amphillo x HN 36-352	MG 0177-4 R2
19	HT UFV 408-11	MG 0296-4 R1	53	Icatu x Catimor F5 H 32-11-17-4-2	-
25	HT UFV 376-52	MG 0277-7 R1	54	Icatu x Catimor F5 H 29-1-8-5-4	-
27	CV x Amphillo 2-474	MG 0185-3 R2	55	Icatu x Catimor F5 H 136-1-13-15-3	-
28	CV x Amphillo 2-161	MG 0179-3 R1	56	Catuaí Amarelo IAC 62*	-
29	CV x Amphillo 2-474	MG 0185-1 R2	57	Mundo Novo IAC 379-19*	MG 0141

*: Cultivares utilizadas como testemunhas; HN: Híbrido Natural; CV: Catuaí Vermelho; HT: Híbrido de Timor; ¹Planta Atípica: cruzamento natural entre *Coffea arabica* x espécie diploide.

A área experimental selecionada está localizada na região Sudoeste de Minas Gerais, no Município de Piumhi, Fazenda Guaiçara, de propriedade particular, situada a 20°25'28,7" de Latitude Sul, 46°1'10,5" de longitude oeste e altitude média de 812 m. A temperatura média anual é 20,7 °C, com precipitação média anual de 1426,3 mm, textura do solo com argila (61%), silte (28%) e areia (11%) e relevo plano. Apresenta alta infestação de *Meloidogyne paranaensis*, espécie identificada por meio da técnica de eletroforese, segundo Carneiro e Almeida (2001).

O plantio foi realizado em fevereiro de 2009. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com três repetições e espaçamento de 3,0 x 0,8 m, com parcelas constituídas por sete plantas. A

implantação e a condução dos cafeeiros seguiram as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro em Minas Gerais, sendo as adubações realizadas conforme a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999). O manejo fitossanitário foi realizado preventivamente, por meio de produtos químicos, acompanhando a sazonalidade da ocorrência de pragas e de doenças. O controle químico do nematoide na área não foi realizado, visando à identificação e seleção de genótipos resistentes a estes patógenos e a área experimental não possui irrigação mecanizada.

A partir da primeira produção foram pré-selecionados os genótipos com produtividade superior a três litros de “café da roça” por planta. Desse modo foram selecionados os genótipos 6, 16, 28, 29 e 44, além das testemunhas IPR-100, Catuaí Amarelo IAC 62 e Mundo Novo IAC 379-19 para serem avaliados agronomicamente e quanto à resistência a *M. paranaensis*. Para a avaliação do potencial hídrico e trocas gasosas, foram selecionados os genótipos contrastantes 16, 28, IPR-100 (33) e Mundo Novo IAC 379-19 (57).

2.1.1 Breve descrição dos materiais genéticos selecionados para avaliação: informações segundo dados de registro da EPAMIG/UFV

Genótipo 06 - MG 0294-1 R1 (HT UFV 408-01):Híbrido de Timor, planta 1 selecionada na repetição 1 da introdução MG0294 do Banco Ativo de Germoplasma de Café da Epamig. Originou-se de sementes da introdução UFV 408 - 28 CAS (Campo de Adaptação e Seleção), que foi oriunda da introdução CIFC 1590. A descendência da planta 28 da introdução UFV 408 é relatada como resistente ao *M. paranaensis*. A planta 1 é irmã da planta 28.

Genótipo 16 - MG 0179-1 R1 (CV x Amphillo MR 2-161) e Genótipo 28 - MG 0179-3 R1 (CV x Amphillo MR 2-161): São sementes das plantas 1 e 3

selecionadas na repetição 1 do BAG da Epamig. São originadas de cruzamento de Catuaí Vermelho com Amphillo, introduzido do IBC de Maringá - PR, MR 2161, na UFV em 1978. Amphillo é material originado da Etiópia.

Genótipo 29 - MG 0185-1 R2 (CV x Amphillo MR 2-474): Sementes da planta 1 selecionada na repetição 2 do BAG da Epamig. Material originado de cruzamento de Catuaí Vermelho com Amphillo, introduzido do IBC de Maringá - PR, MR2474, na UFV em 1978.

Genótipo 44 - MG 1184-1 R1 (Sarchimor): Oriundo de sementes de uma planta de Sarchimor (Villa Sarchi X Híbrido de Timor CIFC 832 / 2), selecionada junto à sede do Ministério da Agricultura em Maringá - PR. Segundo informações a planta foi originada de sementes de um cafeeiro selecionado em área infestada com *Meloidogyne incognita*.

Genótipo 33 - IPR 100: cultivar comercial derivada do germoplasma de Catuaí SH2, SH3 (IAPAR Vit. 83), com plantas resistentes a *M. paranaensis*.

Genótipo 56 - Catuaí Amarelo IAC 62: cultivar comercial oriunda do cruzamento de Mundo Novo com Caturra Amarelo. Cruzamento realizado em 1949 teve suas progênes exploradas em plantios comerciais a partir de F₄.

Genótipo 57 - Mundo Novo IAC 379-19: cultivar comercial oriunda de cruzamento natural, na década de 1940, entre Sumatra e Bourbon Vermelho. Seleção de progênes realizada pelo IAC (Instituto Agrônômico de Campinas).

2.2 Avaliação da população de *Meloidogyne paranaensis* na área experimental por meio do teste de plantas indicadoras (Bioteste)

Foram coletadas amostras de solo na rizosfera dos cafeeiros dentro de cada parcela experimental, aos dois meses (bioteste 1) e aos 2,5 anos (bioteste 2) de implantação do experimento. Para o bioteste 1, sub amostras de solo foram coletadas em três pontos equidistantes em cada parcela experimental, formando uma amostra composta de aproximadamente 2000 g de solo por parcela. No bioteste 2, as amostras de solo foram coletadas na rizosfera dos cafeeiros. Em casa de vegetação, as amostras dos biotestes foram distribuídas em vasos de três litros de capacidade, onde foram plantadas duas mudas de tomateiro da cultivar Santa Clara para o teste de indicador biológico da população de *Meloidogyne paranaensis* no solo das parcelas. A avaliação dos biotestes foi realizada por meio da quantificação do número de galhas e ovos de *Meloidogyne paranaensis* nas raízes dos tomateiros aos 70 dias do plantio. A quantificação dos ovos de *M. paranaensis* nos tomateiros foi realizada pela extração do nematoide das raízes por meio da técnica de Hussey e Barker (1973) e posterior quantificação em lâmina de contagem sob microscópio de objetiva invertida.

Esses dados foram submetidos à análise estatística com o auxílio do programa SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2001).

2.3 Características agronômicas dos cafeeiros

A partir da primeira produção avaliada em 2011, adotou-se como critério de seleção a colheita somente de plantas com produção acima de 3 litros de “café da roça”, para avaliação do diâmetro de copa, vigor vegetativo, altura

de planta, produção (colheita 2012) e tamanho dos grãos (peneira 17 e acima), como descritos a seguir:

Diâmetro de copa: medido no terço médio da planta, entre as duas extremidades dos ramos plagiotrópicos opostos no mesmo nó do ramo ortotrópico, com auxílio de uma régua graduada, em centímetros.

Vigor Vegetativo: avaliado atribuindo-se notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, sendo a nota 1 correspondente às plantas, com reduzido vigor vegetativo e acentuado depauperamento e a nota 10, às plantas com excelente vigor, mais enfolhadas e com acentuado crescimento vegetativo dos ramos produtivos, conforme sugerido por (CARVALHO; MÔNACO; FAZUOLI, 1979).

Produção: medida em litros de café cereja (“café da roça”) por planta, sendo realizada entre os meses de maio a julho de cada ano.

Altura de planta: medida a partir do colo até a extremidade do meristema apical, em metros.

Classificação do tamanho dos grãos (Peneira 17 e acima): realizada após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas pelo conjunto de peneiras (17/64 a 19/64). Os grãos retidos em cada peneira foram pesados determinando-se a porcentagem de grãos nas peneiras 17 e acima (BRASIL, 2003).

2.4 Patogenicidade de *Meloidogyne paranaensis* nos genótipos

Amostras de raízes das plantas selecionadas foram coletadas nos dois lados da planta, perpendiculares à linha de plantio. Em laboratório as raízes foram lavadas, retirado o excesso de água e pesadas para obtenção do peso da matéria fresca das raízes (PMFR). Em seguida foi observada a sintomatologia do parasitismo de *M paranaensis* nas raízes e extraídos os ovos e juvenis do

segundo estágio (J2) de acordo como método de extração de Hussey e Barker (1973). A quantificação da população de *M. paranaensis* (ovos + J2) foi realizada em lâmina de contagem sob microscópio de objetiva invertida e calculada a população por grama de raiz.

2.5 Características fisiológicas avaliadas no cafeeiro

Após observação comportamental dos genótipos no campo, selecionaram-se quatro genótipos contrastantes {16, 28, 33 (IPR 100) e 57 (Mundo Novo IAC 379-19)} com dez plantas cada, para avaliação das características fisiológicas, assim como também, selecionados para avaliações agrônômicas e de infestação de nematoides.

Estado nutricional:

- **Leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development):** Avaliada no final da estação chuvosa, anterior à época de seca. Foi realizada em seis diferentes folhas completamente expandidas (ápice, meio e base), expostas à luz solar, com o auxílio do aparelho Minolta SPAD-502, utilizado para determinar o teor de clorofila.

- **Teores foliares de nutrientes:** As mesmas folhas coletadas após leitura de clorofila (SPAD) foram imediatamente destacadas e acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 65-70 °C, por 72 horas, moídas e levadas para o laboratório de análise de solo e foliar da EPAMIG. Foram quantificados os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Estado hídrico das plantas:

As avaliações do estado hídrico dos genótipos foram realizadas em duas épocas: setembro/2012 (representando a estação de seca) e novembro/2012 (representando a época das chuvas), por meio da medição do potencial hídrico antemanhã. Para tanto, foi selecionada uma folha completamente expandida por planta, localizada no terço médio, sem apresentar sintomas e vestígios de injúrias por pragas, patógenos ou deficiência nutricional. O potencial hídrico foi determinado utilizando a Bomba de Scholander (PMS Instruments-Plant Moisture 1000).

Parâmetros de trocas gasosas:

As avaliações de trocas gasosas também foram realizadas em duas épocas: setembro/2012 (época da seca) e novembro/2012 (época das chuvas). A taxa de assimilação líquida (A), a taxa transpiratória (E), a condutância estomática (g_s) e temperatura foliar (TF), foram medidos sob condições ambientais, entre às 9 h e 11 h horas com o auxílio de um sistema portátil de análise de gases a infravermelho (IRGA LCA4 - ADC Instruments). A partir dos dados de trocas gasosas, foi estimada a eficiência do uso da água instantânea, dada pela razão entre A e E (EUA). Na época de seca a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi de $1486 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e a temperatura do ar $21 \text{ }^\circ\text{C}$. Já na época chuvosa a RFA foi de $692,67 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e a temperatura do ar $24 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.6 Análise estatística

A população de *Meloidogyne paranaensis* nos tomateiros do bioteste 1 foi analisada após a verificação das premissas da aditividade, independência, normalidade e homocedasticidade, e observado o efeito dos tratamentos pelo

teste F, a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. No bioteste 2, após verificação das premissas já mencionadas, foi realizada Análise de Deviance e observado o efeito dos tratamentos pelo teste de Qui Quadrado a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste dos Quadrados Mínimos a 5% de probabilidade.

A variável produção representada pela média das colheitas de 2011 e 2012 foi submetida à análise de Deviance. O efeito dos tratamentos foi verificado pelo teste de Qui Quadrado, a 5% de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste dos Quadrados Mínimos a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

As características vigor vegetativo e diâmetro de copa dos cafeeiros avaliados em 2011 e 2012 foram analisadas pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2001), assim como as variáveis: população de *Meloidogyne paranaensis*/grama de raiz de cafeeiro (NOGR), altura de planta, classificação do tamanho de grão (peneira 17 e acima), leitura SPAD, teor foliar de nutrientes, potencial hídrico e parâmetros de trocas gasosas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros agronômicos e de resistência a *M. paranaensis*

No bioteste 1, realizado na ocasião da implantação do experimento no campo, não houve diferença significativa na distribuição da população de *M. paranaensis* nas parcelas experimentais e nos blocos, fato que demonstrou uma infestação homogênea do nematoide na área experimental. Por outro lado, a população de *M. paranaensis* verificada pelo número de ovos + juvenil do 2º estágio (J2) por grama de raízes de tomateiros do bioteste 2 cultivados em solo da rizosfera dos genótipos, retirado aos 2,5 anos de implantação do experimento, foi significativamente diferente entre os genótipos (tabela 2). Essa variabilidade na população do patógeno verificada no bioteste 2 indica que os genótipos permitiram ou não a multiplicação do patógeno em suas raízes durante o desenvolvimento das plantas no campo.

Tabela 2 População média de *M. paranaensis*/g de raiz de tomate (NOGR) em indicador biológico (tomateiro) para avaliar a população inicial aos dois meses (Bioteste 1) e a população aos 2,5 anos de implantação do experimento (Bioteste 2).

Genótipos	Bioteste 1	Bioteste 2
28	1055 a	880 bc
IPR-100 (33)	586 a	56 c
16	459 a	432 bc
29	250 a	679 bc
6	806 a	451 bc
44	45 a	2276 a
Catuaí IAC 62 (56)	607 a	1012 b
Mundo Novo 379-19 (57)	418 a	1720 b
CV(%)	68,65	39,52

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey e teste de Qui Quadrado, a 5% de probabilidade.

A população de *M. paranaensis*/grama de raiz de tomateiro (bioteste2), entre os oito genótipos (6, 16, 28, 29, 33, 44, 56 e 57) foi menor nos tomateiros cultivados em solo coletado na rizosfera do genótipo IPR-100, utilizado como testemunha resistente no experimento, seguida dos genótipos 16, no qual a população praticamente se manteve e os genótipos 6, 29 e 28. Por outro lado, o genótipo 44 permitiu um aumento na população do nematoide, visto que no solo da rizosfera desse genótipo foi detectada uma população significativamente maior que nos demais, inclusive nas testemunhas suscetíveis Catuaí Amarelo IAC 62 e Mundo Novo IAC 379-19.

Comparando a população de *M. paranaensis* nos biotestes 1 e 2 (figura 1), além de mostrar a capacidade de multiplicação nos tomateiros, esses resultados refletem a população no solo da rizosfera das plantas dos genótipos na área experimental. Percebe-se que alguns genótipos não permitiram a alta multiplicação do nematoide como ocorreu com a cultivar IPR-100 seguida dos genótipos 16 e 6 (tabela 2). Por outro lado, no bioteste 2, destaca-se a alta população de *M. paranaensis* no solo do genótipo 44, superando as cultivares Catuaí e Mundo Novo. Isso resulta da alta multiplicação desse nematoide no genótipo 44 detectada pela população nas raízes dos cafeeiros (tabela 3). Possivelmente esses cafeeiros possuem um sistema radicular mais abundante e que deverá ser comprovado em futuras pesquisas.

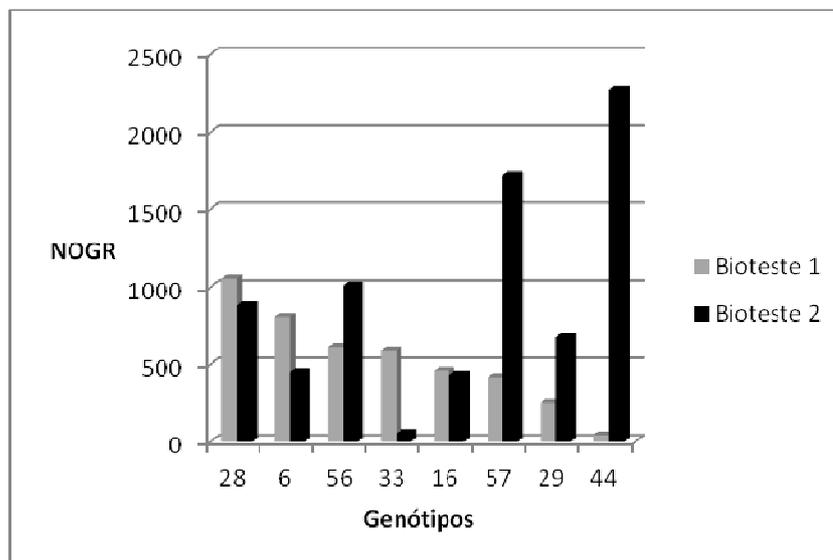


Figura 1 População (número de ovos + J2/g. de raiz) de *M. paranaensis* em plantas bioindicadoras (tomateiros cv. Santa Clara) cultivados em casa de vegetação em solos da rizosfera dos cafeeiros.

Dutra e Campos (2003) também utilizaram a técnica do bioteste com tomateiro para quantificar a população de *M. incognita* no solo cultivado com feijoeiro. Foi observada uma densidade populacional inicial semelhante em todas as parcelas, assim como encontrada neste presente trabalho. No trabalho de Carneiro et al. (2009) também se utilizou de plantas indicadoras de tomateiro (bioteste) para a avaliação inicial da população de *M. paranaensis*. Neste, assim como no presente trabalho, também se observou inicialmente homogênea a população do nematoide, no entanto, foi utilizado o número de galhas em indicador biológico para a quantificação.

A população de *M. paranaensis* (ovos + juvenis do segundo estágio-J2) avaliada nas raízes dos cafeeiros após a segunda produção foi significativamente influenciada pelo genótipo das plantas (tabela 3).

Menor população de *M. paranaensis* foi detectada nos genótipos 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo), 6 (Híbrido de Timor UFV) e 29 (Catuaí

Vermelho x Amphillo) (tabela 3). De fato, esses genótipos apresentaram bom desenvolvimento vegetativo inicial. No presente estudo verificou-se que o genótipo 44, também com bom desenvolvimento inicial, apresentou maior população do nematoide, superando a população detectada nas cultivares Mundo Novo IAC 379-19 e Catuaí IAC 62. Isso demonstra a importância da avaliação do nematoide nas raízes dos cafeeiros como critério de classificação do comportamento dos genótipos em área infestada. Dentre os genótipos que apresentaram menor população do nematoide, destacam-se o genótipo 16 e o IPR 100, ambos com produção, vigor vegetativo e diâmetro de copa estatisticamente iguais (tabela 3).

Tabela 3 População (ovos + Juvenis do segundo estágio-J2) de *Meloidogyne paranaensis*/g de raiz de cafeeiros, produção média de “café da roça” em litros por planta (biênio 2011/2012), altura de planta (cm), classificação da peneira (%), vigor de planta (nota de 0 a 10) e diâmetro de copa (cm) de diversos genótipos de *Coffea* sp. avaliados em área infestada.

Genótipos	População	Produção média (L)	Altura Planta	%Peneira	Vigor	Diâmetro Copa
28	2396 abc	7,5 a	160,00 ab	51,88 a	6,0 ab	157,5 a
IPR-100 (33)	171 c	5,7 ab	160,00 ab	38,81 ab	6,5 a	148,3 ab
16	1368 bc	5,4 ab	195,33 a	45,11 ab	6,2 ab	144,4 ab
29	2232 bc	3,9 bc	181,75 a	16,87 ab	4,6 abc	142,2 ab
6	1437 bc	3,5 bc	187,50 a	19,88 ab	6,8 a	150,8 ab
44	6568 a	1,1 bc	145,00 ab	0,00 b	3,5 abc	111,5 bc
Catuaí 62 (56)	3054 abc	0,4 c	93,33 b	0,00 b	2,5 c	75,0 c
MN 379-19(57)	5236 ab	0,3 c	126,00 ab	0,00 b	3,0 c	78,7 c
CV(%)	40,74	45,91	13,12	56,87	25,17	13,58

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e teste de Qui Quadrado.

O genótipo 28, além da elevada produção em litros de café da roça/planta, apresentou boas características agrônômicas verificadas pela altura, vigor, diâmetro de copa e classificação (% de peneira) dos grãos (tabela 3). No

entanto, foi detectada alta população de *M. paranaensis* nas raízes desse genótipo, indicando que possivelmente esse material genético apresenta um comportamento de tolerância ao *M. paranaensis*. De fato Roberts (2002) classifica como tolerantes as plantas com bom desenvolvimento e produção, mas também com alta população de fitonematoide nas raízes.

Em todos os genótipos, as raízes apresentaram galhas, engrossamentos, descascamentos e rachaduras, sintomas característicos da espécie *M. paranaensis*. Na avaliação da população de *M. paranaensis* nos cafeeiros, a diversidade dos genótipos foi evidente na acentuada amplitude de valores, com intervalos de variação de 171 a 6568 espécimes (ovos + J2) /grama raiz no genótipo IPR-100 e genótipo 44, respectivamente. Isso demonstra a alta variabilidade genética entre os genótipos, comum em materiais genéticos de *Coffea* sp, confirmando resultados de pesquisas com resistência de genótipos de cafeeiro a nematoides realizadas por Lashermes et al. (2000) e Silvarolla, Gonçalves e Lima (1998).

Algumas plantas dos genótipos 16, 28 e 29, todas oriundas do cruzamento de Catuaí Vermelho e Amphillo são promissoras para uso em área infestada por *M. paranaensis*. Nos oito genótipos avaliados, 35,12% das plantas (de um total de 168) não sobreviveram na área infestada por *M. paranaensis*. Gonçalves et al. (1996) observaram resistência parcial da variedade Amphillo a raça 2 de *M. incognita* em casa de vegetação, contudo para *M. paranaensis* estes genótipos ainda não haviam sido estudados. Na presente pesquisa observou-se que plantas desses genótipos, juntamente com o genótipo 6, oriundo do Híbrido de Timor 408-01, apresentam potencial reação de resistência ao *M. paranaensis*.

O IPR-100 apresentou boas características agrônômicas e a menor população de nematoide na raiz (tabela 3) confirmando a resistência desse material ao *M. paranaensis*. A presença de nematoides nas raízes desses cafeeiros, mesmo em baixa população, confirma relatos de que o processo de

defesa de alguns genótipos é desencadeado após a penetração dos juvenis em suas raízes, ocorrendo uma possível interação entre substâncias produzidas pelo nematoide (*Meloidogyne* spp.) e pela célula vegetal desde o início do parasitismo com conseqüente indução da expressão de genes de defesa do hospedeiro (ANTHONY et al., 2005; RODRIGUES et al., 2000; SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005). De fato, em *Coffea arabica* o acúmulo de compostos fenólicos com conseqüente aspecto de necrose celular (Reação de hipersensibilidade - HR) foi verificado por Albuquerque et al. (2010) após a inoculação das plantas de genótipo resistente a *M. incognita*, indicando uma interação gene a gene da planta com o nematoide.

Destaca-se o potencial produtivo dos genótipos 28 e 16 (tabela 3). A superioridade na produção desses genótipos associada à população de *M. paranaensis* nas raízes indica comportamento de resistência do genótipo 16 e de tolerância do genótipo 28. As plantas de Catuaí Amarelo IAC 62 e Mundo Novo IAC 379-19 apresentaram baixíssimo potencial produtivo nos dois anos de avaliação (figura 2). Essa redução da produção dessas cultivares indica a intensidade de dano que *M. paranaensis* pode causar às cultivares suscetíveis, com conseqüente prejuízo ao produtor caso elas sejam cultivadas em área infestada. A cultivar Mundo Novo IAC 379-19, uma das cultivares do grupo Mundo Novo mais plantada comercialmente, é reconhecida pelo elevado potencial produtivo e ampla adaptação a diferentes ambientes (CARVALHO; MÔNACO; FAZUOLI, 1979; FAZUOLI et al., 2000), desde que cultivada em área isenta de *M. paranaensis*. Além do Mundo Novo, o Catuaí Amarelo IAC 62, é uma das cultivares mais promissoras nas regiões cafeeiras do Estado de Minas Gerais, pois aliam estabilidade à alta produtividade e adaptabilidade em diversos ambientes não infestados por nematoide (BOTELHO et al., 2010). No entanto, juntamente como a Mundo Novo, a cultivar Catuaí apresenta-se como altamente suscetível a *M. paranaensis*.

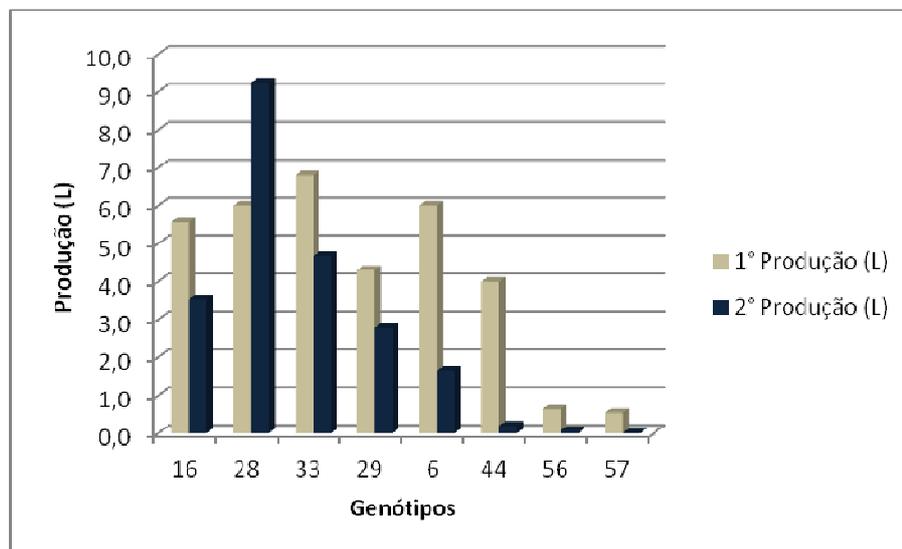


Figura 2 Produção média (litros/planta) de “café da roça” dos oito genótipos nos anos de avaliação 2011 e 2012.

A variação na produção das plantas deve-se, em parte à bienalidade, tipicamente encontrada na cultura do café, na qual há um revezamento de carga alta e baixa em anos consecutivos de produção. A bienalidade é comumente atribuída à diminuição das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, o que faz com que, em virtude do menor crescimento dos ramos plagiotrópicos, a produção no ano seguinte seja baixa (PEREIRA et al., 2011). Além disso, a bienalidade entre os anos de produção de 2011 e 2012 (figura 2) reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às mudanças do ambiente, sendo, portanto, um fator que interfere na seleção nos programas de melhoramento (CARVALHO et al., 2008; CUCOLOTTO et al., 2007).

Para as demais variáveis: diâmetro de copa, notas de vigor, altura de planta e classificação do café quanto à peneira, pode-se observar que todos os genótipos diferiram estatisticamente (tabela 3). Na classificação do café quanto à peneira, característica de grande importância, uma vez que sementes de maior

tamanho são de qualidade fisiológica superior à das sementes de menor tamanho (GIOMO; NAKAGAWA; GALLO, 2008) o genótipo 28 apresentou melhor resultado, com 51,88% de grãos retidos nas peneiras 17 e acima. Sabe-se que a porcentagem de peneira 17 e acima está diretamente relacionada à boa qualidade de bebida do café, qualidade essa que oferece um ágio para o produtor na comercialização do produto. Portanto, como este genótipo se destacou também na elevada produção e vigor, fatores desejados pelos produtores, acredita-se seu no grande potencial de utilização em área infestada.

Embora ainda no segundo ano de produção, os genótipos que se sobressaíram no vigor foram 6, 16, 28 e IPR-100 com notas médias de vigor acima de 6,0 (tabela 3). Para os genótipos 16, 28 e IPR-100 houve uma correlação positiva com a produção, ou seja, de modo geral a planta vigorosa tende a ter uma produção elevada. Esse resultado corrobora com Severino et al.(2002), que trabalhando com vinte e três progênies de Catimor e a cultivar Catuaí Vermelho IAC-15 encontrou a maior correlação positiva com produtividade e vigor vegetativo, dentre as demais características avaliadas e comparadas, chegando à conclusão que progênies com maior vigor tendem a ser mais produtivas. O vigor vegetativo das plantas está diretamente relacionado com a capacidade de adaptação das cultivares nas diferentes condições edafoclimáticas em que são cultivadas e também com a produtividade. Esta é uma característica desejável, em que de certa forma, faz com que a característica de bienalidade do cafeeiro seja amenizada (CARVALHO, 2011). Isso explica por que o vigor vegetativo está entre as características de uso mais frequente para estimação da capacidade produtiva de cafeeiros (FAZUOLI, 1977; SILVAROLLA et al., 1997).

Com relação ao diâmetro de copa e altura de planta, os genótipos também se diferenciaram estatisticamente (tabela 3). Os genótipos 16, 28 e IPR-100 foram destaque para essas características, apresentando maiores valores

entre os demais genótipos enquanto que as testemunhas Catuaí IAC 62 e Mundo Novo IAC 379-19, suscetíveis ao *M. paranaensis*, apresentaram os menores valores para ambas as características. Há relatos anteriores de correlação positiva entre altura de planta e produtividade (WALYARO; VORSEN, 1979), mostrando que plantas com maiores alturas apresentam maiores produções. Porém, no presente trabalho o genótipo com a maior produção, não apresentou a maior altura de planta. Além disso, a altura de planta é um critério variável de acordo com o interesse do cafeicultor, uma vez que alguns têm preferência para plantas de menor porte.

Os genótipos 6 e 29 apresentaram bom desenvolvimento vegetativo, verificado tanto na altura de planta quanto o diâmetro de copa, porém com baixa produção média no primeiro biênio de colheita (tabela 3). Plantas com maior crescimento em altura são desejáveis, desde que esta característica seja convertida em aumento de produtividade sem comprometer o custo de produção (TOMAZ et al., 2005). Quanto ao diâmetro de copa, o genótipo 28 apresentou destacadamente o maior diâmetro de copa e a maior produção por planta (tabela 3). Exceto o genótipo 44, os demais apresentaram diâmetro de copa estatisticamente igual ao IPR 100 (testemunha resistente) e superiores às testemunhas suscetíveis Catuaí e Mundo Novo. Desses genótipos com diâmetro de copa estatisticamente iguais ao IPR-100, apenas o genótipo 16 apresentou produção estatisticamente igual ao IPR-100, porém esses dois materiais genéticos apresentaram nas duas primeiras colheitas produtividade inferior ao genótipo 28, (tabela 3). Severino et al. (2002) não encontraram correlação genotípica entre diâmetro de copa e produtividade de café beneficiado, indicando que a produtividade não foi influenciada pelo diâmetro da copa. Entretanto, há relatos de altas correlações entre estas duas características e o uso do diâmetro de copa como critério para pré-seleção ou estimativa do potencial

produtivo de cafeeiros (DHALIWAL, 1968; SILVAROLLA et al., 1997), conforme verificado no genótipo 28 avaliado nessa pesquisa.

Das características vegetativas avaliadas, os menores valores do diâmetro de copa, vigor e altura de planta foram observados nas cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e Mundo Novo IAC 379-19. Em estudo com essas cultivares Aguiar et al. (2004) caracterizaram a Catuaí Amarelo quanto à altura de planta e diâmetro de copa como de médio porte, para ambas as características e a Mundo Novo como planta muito alta e diâmetro de copa muito grande, porém em experimentos avaliados em lavouras adultas e isentas de nematoides. Pelos resultados obtidos nesse trabalho, observa-se que a infestação de *M. paranaensis* causou drástica redução no desenvolvimento vegetativo dessas cultivares.

Como já é sabido, o avanço nos trabalhos de pesquisa com seleção de genótipos de *Coffea* sp a *M. paranaensis* em campo é dificultado pela condição perene da cultura e do período de tempo demandado para avaliação do comportamento das plantas nas áreas infestadas. Por isso são escassas as pesquisas em campo para avaliar o comportamento de *Coffea* sp a fitonematoides visando à seleção de plantas resistentes. Ito et al. (2009) e Mata et al. (2000) avaliaram sob condições de área infestada no campo, kits de cultivares resistentes em resposta ao parasitismo dos nematoides *M. incognita* e *M. paranaensis*. Já Carneiro et al.(2009) trabalharam com manejo integrado (rotação de cultura, controle biológico e resistência genética) de café em área infestada com *M. paranaensis* e observaram efeito significativo com a integração da rotação de cultura e o uso de cultivar resistente, ou seja, houve um melhor controle da população de *M. paranaensis* em campo quando se utilizou esses dois métodos. Shigueoka et al. (2011) avaliaram algumas características agrônomicas em progênies derivadas de cafeeiros resistentes a *M. paranaensis*, aos três anos após o plantio, sendo que algumas delas estão em fase final de

seleção e outras foram selecionadas para avanço de geração e testes para resistência a outros nematoides.

A demanda por medidas eficazes e ambientalmente aceitáveis no manejo dos nematoides tem sido detectada entre os produtores e pesquisadores, que demonstram a necessidade de alternativas tecnicamente viáveis, para sustentabilidade da cultura cafeeira nas propriedades infestadas. Acredita-se que plantas dos genótipos 16, 6 e 29 apresentam grande potencial de resistência a *M. paranaensis* e, portanto devem ser obtidas gerações avançadas desses materiais para alcançar a estabilidade genotípica para essa característica de resistência e futura obtenção de cultivares resistentes. Além disso, há uma necessidade constante de prosseguir nos estudos em campo com *M. paranaensis*, pois segundo Bertrand e Anthony (2008), o controle genético é parte integrada no manejo de fitonematoides, sendo o uso de cultivares resistentes um método fácil, barato e não-poluente.

3.2 Parâmetros agronômicos e fisiológicos de genótipos contrastantes quanto à resistência a *M. paranaensis*

Após as avaliações de crescimento vegetativo e de características agronômicas realizadas e já citadas, tomou-se como critério para a escrita deste tópico, selecionar os genótipos que se destacaram na área experimental, tanto para características relacionadas ao crescimento vegetativo como em produção (genótipos 16 e 28), comparando-os com uma testemunha resistente a *Meloidogyne paranaensis* (IPR 100) e uma suscetível (genótipo 57).

Quanto à população de nematoide, o genótipo 16 comporta-se como resistente, aliando boa produção e boas características vegetativas a uma baixa população de nematoide na raiz (tabela 4). Já o genótipo 28 comporta-se como tolerante, pois além de possuir alta produção e boas características vegetativas,

também apresentou alta população de nematoide na raiz. E de fato Roberts (2002) classifica como tolerantes as plantas com bom desenvolvimento e produção, mas também com alta população de fitonematoide nas raízes.

Detectou-se diferença significativa entre genótipos para todas as variáveis de crescimento avaliadas (vigor vegetativo, diâmetro de copa e altura de planta) e produção. O genótipo 57 apresentou menores valores para todas essas variáveis, caracterizando-se, no presente experimento, como um genótipo com plantas de baixo vigor vegetativo, com diâmetro de copa pequeno, com baixa estatura de planta e pouco produtivo (tabela 4).

Tabela 4 Resumo das médias dos genótipos avaliados em área infestada por *M. paranaensis* para as variáveis altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), vigor vegetativo (nota de 0 a 10), produção biênio 2011/2012 (l/planta) e população de nematoide (ovos + J2) na raiz do cafeeiro (pop./g raiz).

Genótipos	Altura Planta	Diâmetro Copa	Vigor	População/g raiz	Produção (L)
33	152,00 ab	168,3 a	8,0 a	171c	5,7ab
28	154,17 ab	161,3 a	4,7 ab	2396abc	7,5a
16	195,33 a	157,9 a	6,3 ab	1368bc	5,4ab
57	119,67 b	97,7 b	3,0 b	5236ab	0,3c
CV(%)	10,22	7,30	22,74	40,74	45,91

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Para o vigor vegetativo, o genótipo 33 obteve a maior nota e os genótipos 16 e 28 não diferiram estatisticamente do mesmo, enquanto o genótipo 57 obteve a menor nota. O vigor vegetativo das plantas está diretamente relacionado com a capacidade de adaptação das cultivares nas diferentes condições edafoclimáticas em que são cultivadas e também com a produtividade. Esta é uma característica desejável, em que de certa forma, faz com que a característica de bienalidade de produção do cafeeiro seja amenizada (CARVALHO, 2011). Isso explica porque o vigor vegetativo está entre as

características de uso mais frequente para estimação da capacidade produtiva de cafeeiros (FAZUOLI, 1977; SILVAROLLA et al., 1997).

Para diâmetro de copa houve destaque somente para o genótipo 57, significativamente inferior aos demais. Há relatos de altas correlações entre produtividade e diâmetro de copa e do uso do diâmetro de copa como critério para pré-seleção de cafeeiros ou estimativa do potencial produtivo (DHALIWAL, 1968; SILVAROLLA et al., 1997).

Já para a variável altura de planta, o maior valor foi obtido pelo genótipo 16, que não diferiu estatisticamente dos genótipos 28 e 33 (utilizado como testemunha resistente) e a menor altura observada no genótipo 57 (testemunha suscetível). Plantas com maior crescimento em altura são desejáveis, desde que esta característica seja convertida em aumento de produtividade sem comprometer o custo de produção (TOMAZ et al., 2005).

Em área infestada por *M. paranaensis*, o genótipo 57 foi o que apresentou menor desenvolvimento vegetativo e produção. Já os genótipos 16 e 28, estudados pela EPAMIG e selecionados neste experimento, apresentaram comportamento semelhante ao genótipo 33 (IPR-100) que foi desenvolvido pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) e foi utilizado como testemunha resistente.

Com relação às variáveis de leitura SPAD e teor de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas, não foram verificadas diferenças tanto na leitura quanto no teor de nutrientes entre os genótipos (tabela 5). Essas medições foram efetuadas para analisar o estado nutricional dos genótipos.

As leituras SPAD indicam valores proporcionais de clorofila na folha e são calculadas com base na quantidade de luz transmitida pela folha em dois comprimentos de ondas com distintas absorbâncias de clorofila (ARGENTA et al., 1999).

Tabela 5 Médias das variáveis SPAD e de teores de nutrientes minerais nas folhas do cafeeiro.

Genótipo	SPAD	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
16	62,16a	27,67a	1,69a	19,08a	13,07a	2,32a	2,17a	42,90a	11,57a	63,70a	180,90a	10,05a
28	68,45a	33,60a	1,82a	18,65a	16,29a	2,29a	2,35a	41,83a	10,21a	76,53a	197,62a	11,33a
33	73,43a	29,40a	1,87a	20,16a	12,85a	1,73a	1,99a	42,34a	10,60a	63,79a	263,48a	10,74a
57	59,33a	27,03a	1,94a	19,97a	10,38a	1,35a	1,98a	41,50a	7,50a	65,12a	117,88a	11,11a
CV (%)	11,22											

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre sipelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

É importante ressaltar que houve diferença entre o crescimento, desenvolvimento e produção dos genótipos, entretanto, não houve diferença no teor de clorofila (SPAD), nem no teor de nutrientes nas folhas na época chuvosa. Como essa avaliação foi realizada na época chuvosa, pode-se concluir que a nutrição não é a variável determinante no comportamento dos genótipos na área infestada por *M. paranaensis*, quando há disponibilidade hídrica. De acordo com a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999), os nutrientes avaliados, de uma maneira geral, estão dentro dos níveis recomendados. Porém vale lembrar que a área está infestada por nematoides, mas independente disto, foi adequadamente adubada. Comparando-se o potencial hídrico entre as épocas, verificou-se que, independente do genótipo, no final da época de seca o potencial hídrico foi menor do que na época chuvosa, devido à menor disponibilidade hídrica no solo, característica dessa época (BARRETO et al., 2009). Considerando os genótipos, analisando-se o potencial hídrico em ambas as épocas (seca e chuvosa), verificou-se que o genótipo 57 apresentou menor potencial hídrico em relação aos genótipos 16, 28 e 33. Como o experimento foi avaliado em área infestada por *M. paranaensis*, deve-se levar em consideração que o genótipo 57 é suscetível ao nematoide, apresentou maior população (ovos + juvenis do segundo estágio) de *M. paranaensis* na raiz e menor potencial hídrico (status hídrico afetado) em relação aos demais genótipos estudados, portanto, o nematoide consequentemente acaba afetando a absorção de água e a emissão de raízes novas deste genótipo. Por esta razão os genótipos 16, 28 e 33 apresentaram maior potencial hídrico em relação ao genótipo 57, tanto na época de seca quanto na época chuvosa (tabela 6). Resultado semelhante foi encontrado por Meireles, Carvalho e Moraes (2001), que observaram maiores déficits hídricos e menor altura em plantas com maior infestação de bicho mineiro.

De acordo com Zambolim e Vale (2003), o período de seca prejudica fisiologicamente tanto a raiz quanto a parte aérea da planta, agravando ainda mais quando essa raiz está parasitada pelo nematoide, pois, nessa situação a demanda fisiológica do cafeeiro exige maior suprimento de água e de nutrientes que, por sua vez não ocorrem em níveis adequados devido ao efeito prejudicial do nematoide na raiz. A profundidade de concentração de raízes tem um papel importante na condição hídrica do cafeeiro (PINHEIRO et al., 2003) e com o parasitismo do *M. paranaensis* na raiz, acredita-se que esse fato deve prejudicar ainda mais a absorção de água pela raiz e a emissão de novas raízes.

Analisando as trocas gasosas observou-se que a condutância estomática e a transpiração, que foram menores na estação seca em todos os genótipos. Quando o déficit de água no solo provoca o fechamento dos estômatos, a radiação interceptada pela folha tende a promover um aumento na temperatura foliar, podendo chegar a níveis prejudiciais ao metabolismo da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Entretanto, o fechamento parcial dos estômatos não se traduziu em reduções significativas na fotossíntese (*A*) na época seca. Dessa maneira, a redução de “*gs*” associada à manutenção de “*A*”, resultou em maior eficiência do uso da água (*A/E*) na época seca (tabela 6). De acordo com Damatta et al. (2000), uma maior eficiência do uso da água pode ser um atributo vantajoso para a planta quando o período seco não for consideravelmente prolongado. O fechamento estomático acarretou decréscimos, proporcionalmente, maiores à transpiração do que à fotossíntese, já que a eficiência instantânea do uso da água (*A/E*) foi maior na estação de seca (SILVA et al., 2010).

Apesar de ter sido verificado menor potencial hídrico do genótipo 57, a intensidade do déficit hídrico não foi suficiente para causar reduções expressivas nos parâmetros de trocas gasosas *A*, *gs*, *E*, *TF* e *EIUA*, ou seja, não houve diferença estatística entre os genótipos quanto a esses parâmetros, pois o menor potencial na época de seca (-2,01 MPa) verificado neste genótipo caracteriza um

déficit hídrico moderado. Os resultados de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s) e transpiração (E) de Silva et al. (2010) corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho, na qual também não observaram diferença entre os materiais avaliados. No entanto, deve-se considerar que medidas instantâneas de trocas gasosas são pontuais e que essas podem não refletir o desempenho da planta ao longo do tempo. Portanto, posteriormente, devem ser realizadas quantificações da Composição isotópica do Carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) para indicar a capacidade fotossintética e do comportamento estomático integrados no tempo dos genótipos, conforme sugerido por Damatta e Ramalho (2006).

Tabela 6 Valores médios de potencial hídrico na antemanhã (Ψ_{am}), da fotossíntese (A), da condutância estomática (g_s), da transpiração (E), da temperatura foliar (TF) e da eficiência instantânea do uso da água (EIUA), no município de Piumhi-MG, 2012.

Gen.	Ψ_{am} (MPa)	A (μmol $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	g_s (mmol $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	E (mmol m^{-2} s^{-1})	TF ($^{\circ}\text{C}$)	EIUA ($\mu\text{mol CO}_2$ mmol-1H ₂ O)
33	-0,7000 a	10,18 a	0,046 a	1,41 a	29,5 a	9,187726 a
28	-0,9188 a	10,74 a	0,041 a	1,34 a	29,0 a	8,017164 a
16	-0,9833 a	10,08 a	0,043 a	1,39 a	28,8 a	7,284888 a
57	-1,4583 b	8,55 a	0,034 a	1,16 a	30,6 a	7,349656 a
Período*						
Seca	-1,2592 B	9,16 A	0,024 B	0,99 B	30,8 A	9,20 B
chuva	-0,7967 A	10,40 A	0,058 A	1,64 A	28,4 B	6,35 A
CV(%)	40,01	27,45	30,83	27,99	6,68	-

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* período de seca= setembro/2012; período de chuva= novembro/2012.

Apesar de não haver diferenças estatísticas entre os genótipos quanto às trocas gasosas, independente da época, houve maior manutenção do status

hídrico nos genótipos 16, 28 e testemunha resistente (IPR 100) em comparação ao genótipo 57 (testemunha suscetível). Dessa maneira, a capacidade de manutenção do status hídrico pode ser um dos fatores que explica o maior desenvolvimento vegetativo e maior produção verificados nos genótipos 16 e 28 e 33, pois a água é essencial para manutenção da turgescência em processos como alongamento celular e crescimento nas fases vegetativas e reprodutivas do cafeeiro. Já no genótipo 57, uma maior população de *M. paranaensis* em suas raízes afeta e prejudica o crescimento vegetativo e a produção, presumivelmente pela diminuição da absorção de água pela planta. De maneira geral, as respostas fisiológicas apresentaram variabilidade que associadas à constituição genética dos genótipos e sua interação com o nematoide, obtiveram comportamentos diferentes.

4 CONCLUSÕES

Os genótipos identificados como 6 (MG 0294-1 R1: Híbrido de Timor UFV 408-01), 16 (MG 0179-1 R1: Catuaí Vermelho x Amphillo 2-161) e 29 (MG 0185-1 R2: CV x Amphillo 2-474) apresentam menor população de *Meloidogyne paranaensis* nas raízes;

Os genótipos identificados como 16 (MG 0179-1 R1: Catuaí Vermelho x Amphillo 2-161) e 28 (MG 0179-3 R1: Catuaí Vermelho x Amphillo 2-161) destacam-se como os mais produtivos e com fenótipo favorável para todas as características avaliadas, mostrando-se promissores quanto à resistência e à tolerância a *Meloidogyne paranaensis*, respectivamente;

A manutenção do potencial hídrico está associada e é consequência da resistência e tolerância a *Meloidogyne paranaensis* dos genótipos identificados como 16 (MG 0179-1 R1: Catuaí Vermelho x Amphillo 2-161) e 28 (MG 0179-3 R1: Catuaí Vermelho x Amphillo 2-161).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. T. E. et al. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.179-192, 2004.

ALBUQUERQUE, E. V. S. et al. Resistance to *Meloidogyne incognita* expresses a hypersensitive-like response in *Coffea arabica*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 127, n. 3, p. 365-373, July 2010.

ANTHONY, F. et al. Hypersensitive-like reaction conferred by the Mex-1 resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 54, n. 4, p. 476-482, Aug. 2005.

ARGENTA, G. et al. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio na planta de milho no espigamento. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE: MILHO & FEIJÃO, 1., 1999, Lages. **Resumos...**Lages: UDESC/EPAGRI, 1999. p.44-49.

BARRETO, C. V. G. et al. Efeito da profundidade e espaçamento de instalação de gotejadores no potencial hídrico das folhas de cafeeiro em solo argiloso. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 114-125, jul./dez. 2009.

BERTRAND, B.; ANTHONY, F. Genetics of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and breeding. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant-parasitic nematodes of coffee**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 165-190.

BOTELHO, C.E. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1404-1411, dez. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado Grão Cru. Brasília, 2003. Disponível em:

<http://www.abic.com.br/arquivos/abi_nm_ald_inst_normativa0.pdf>. Acesso em: 20 set. 2012.

CAMPOS, V. P.; SILVA, J. R. C. Management of *Meloidogyne* spp. in coffee plantations. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant-parasitic nematodes of coffee**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 149-164.

CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematodes parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2005. p. 529-579.

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

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. **Journal of Nematology**, College Park, v. 28, n. 2, p. 177-189, June 1996.

_____. Resultados parciais sobre o manejo integrado de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros usando rotação de cultura, controle biológico e resistência genética. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2009. 1 CD-ROM.

CARVALHO, A. M. **Seleção de cultivares de cafeeiro resistentes a ferrugem em ambientes de Minas Gerais**. 2011. 100p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARVALHO, A. M. et al. Avaliação de progênies de cafeeiros obtidas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Híbrido de Timor'. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 2, p. 249-253, 2008.

CARVALHO, A. M.; MÔNACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do café: XL., estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v.38, n. 22, p. 202-216, 1979.

CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P. Detecção de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 30, n. 4, p. 507, 2004.

CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de fitonematóides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64, 2008.

CASTRO, J. M. C.; NAVES, R. L.; CAMPOS, V. P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro na região Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 565, 2003.

CUCOLOTTI, M. et al. Genotype x environment interaction in soybean: evaluation through three methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 3, p. 270-277, 2007.

DAMATTA, F. M. et al. Eficiência do uso da água e tolerância à seca em *Coffea canephora*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café; Belo Horizonte: MINASPLAN, 2000. 2 CD-ROM.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 55-81, Jan./Mar. 2006.

DHALIWAL, T. S. Correlations between yield and morphological characters in Puerto Rican and Columbian varieties of *Coffea arabica* L. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Mayaguez, v.5, p.29-37, 1968.

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

FARIA, R. T.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.583-590, 2005.

FAZUOLI, L. C. **Avaliação de progênies de café Mundo Novo (*Coffea arabica* L.)**.1977. 146 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 1977.

FAZUOLI, L. C. et al. Avaliação das cultivares Mundo Novo, Bourbon Amarelo e Bourbon Vermelho de *Coffea arabica* em Campinas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café; MINASPLAN, 2000. p. 451-458.

GIOMO, G. S.; NAKAGAWA, J.; GALLO, P. B. Beneficiamento de sementes de café e efeitos na qualidade fisiológica. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1011-1020, 2008.

GONÇALVES, W. et al. Manejo de nematóides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO-CAFÉ, 10., 2004, Mococa. **Anais...** Mococa: Instituto Biológico, 2004. p. 48-66.

_____. Reações de cafeeiros às raças 1, 2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 22, n. 2, p. 172-177, 1996.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **Revista O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 54-56, 2007.

_____. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 199-268.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

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

ITO, D. S. et al. Tecnologia “kit de resistência aos nematóides” para viabilização de áreas infestadas para o cultivo de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos Expandidos...** Vitória: SBC, 2009. 1 CD-ROM.

LASHERMES, P. et al. Molecular analysis of introgressive breeding in coffee (*Coffea arabica* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, n. 1, p. 139-146, 2000.

MATA, J. S. et al. 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. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 515-518.

MEIRELES, D. F.; CARVALHO, J. A.; MORAES, J. C. Avaliação da infestação do bicho-mineiro e do crescimento do cafeeiro submetido a diferentes níveis de déficit hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p. 371-374, mar./abr. 2001.

PEREIRA, S. P. et al. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011.

PINHEIRO, H. A. et al. Parâmetros fotossintéticos e suas respostas às variações no potencial hídrico na antemanhã e déficit de pressão de vapor d água em quatro clones de *Coffea canephora* em condições de déficit hídrico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3.; WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2003. p. 77.

ROBERTS, P.A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J.L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Planta resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CAB International, 2002. p. 23-41.

RODRIGUES, A. C. F. O. et al. Ultrastructural response of coffee roots to root-knot nematodes, *Meloidogyne exigua* and *Meloidogyne megadora*. **Nematopica**, Bradenton, 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**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 413-415, abr. 2005.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. Manejo de fitonematoides em cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café Arábica do plantio à colheita**. Lavras: UFLA, 2010. p. 757-804.

SEVERINO, L. S. et al. Associações da produtividade com outras características agrônômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, 2002.

SHIGUEOKA, L. H. et al. Avaliação de linhagens de café arábica resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, 2011. 1 CD-ROM.

SILVA, E. A. **Influência de distintas condições edafoclimáticas e do manejo de irrigação no reflorestamento, produção e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 69 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, V. A. et al. Respostas fisiológicas de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p. 457-464, maio 2010.

SILVAROLLA, M. B. et al. Avaliação de progênies derivadas do Híbrido de Timor com resistência ao agente da ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p.47-58, 1997.

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**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 51-59, jan./mar. 1998.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. Version 8.2. 6th ed. Cary, 2001. 1686 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. A água e as células vegetais. In: _____. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.61-74.

TOMAZ, M. A. et al. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de plantas de *Coffea arabica* L.1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.570-575, maio/jun. 2005.

WALYARO, D. J.; VOSSEN, H. A. M. van der. Early determination of yield potential in arabica coffee by applying index selection. **Euphytica**, Dordrecht, v.28, p.465-472, 1979.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. Estratégias múltiplas no manejo integrado de doenças do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 137-153, 2003. Suplemento.