



**UFG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA**

**REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA  
*A Meloidogyne incognita E M. javanica***

**RENATO ANDRADE TEIXEIRA**

Orientadora:

**Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha**

Fevereiro – 2013

**RENATO ANDRADE TEIXEIRA**

**REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA**  
*A **Meloidogyne incognita** E **M. javanica***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientadora:

**Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha**

Goiânia, GO – Brasil  
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**GPT/BC/UFG**

T266r Teixeira, Renato Andrade.  
Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e  
*M. javanica* [manuscrito] / Renato Andrade Teixeira. - 2013.  
60 f. : il.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mara Rúbia da Rocha.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás,  
Escola de Agronomia, 2013.  
Bibliografia.


1. *Meloidogyne incognita* – Soja – Resistência. 2.  
*Meloidogyne javanica* – Soja - Resistência. 3. Soja -  
Concentração de inóculo. I. Título.

CDU: 633.34:595.132

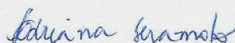
**RENATO ANDRADE TEIXEIRA**

**TÍTULO: “Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*”.**

Tese DEFENDIDA em 28 de fevereiro de 2013, e APROVADA pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



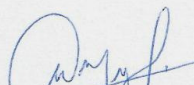
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Patrícia Guimarães Santos Melo  
- EA/UFG -



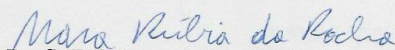
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Adriana Teramoto  
- EA/UFG -



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Débora Cristina Santiago  
- UEL – Londrina, PR -



Dr. Maurício Conrado Meyer  
- Embrapa Soja -



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Mara Rúbia da Rocha  
Presidente da Banca Examinadora – EA/UFG

*Aos meus pais João Garcia e Ana de Fátima,  
por me apoiarem em toda minha vida.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, sempre iluminando meu caminho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

À Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso.

À Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha, pela orientação, e pela amizade construída nos anos de convivência.

À Profa. Dra. Patrícia Melo, pela valiosa contribuição nas análises estatísticas.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para que eu completasse mais esta etapa, em especial aos colegas do Laboratório de Nematologia da Escola de Agronomia da UFG, Kássia Ávila, Leonardo Santos e Fernando Araújo.

Meus sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	6
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	7
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	8
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	10
2.1 ORIGEM, DISSEMINAÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DA SOJA.....	10
2.2 DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA E O MELHORAMENTO GENÉTICO.....	12
2.3 NEMATÓIDES NA CULTURA DA SOJA .....	14
2.4 RESISTÊNCIA GENÉTICA DE SOJA A <i>Meloidogyne</i> sp. ....	17
<b>3 REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA A <i>Meloidogyne incognita</i> RAÇA 3</b> .....	20
RESUMO .....	20
ABSTRACT .....	20
3.1 INTRODUÇÃO.....	21
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
3.4 CONCLUSÃO.....	36
<b>4 REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA AO NEMATOIDE DE GALHA <i>Meloidogyne javanica</i></b> .....	38
RESUMO .....	38
ABSTRACT .....	38
4.1 INTRODUÇÃO.....	39
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
4.4 CONCLUSÃO.....	53
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	54
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	56

## RESUMO GERAL

TEIXEIRA, R. A. **Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica***. 2013. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013<sup>1</sup>.

A cultura da soja tem grande importância econômica para o Brasil, a qual está entre os principais países produtores. Esta cultura é atacada por vários patógenos e entre esses estão os nematoides do gênero *Meloidogyne*, responsáveis pela redução de produtividade de grãos. Entre os vários métodos de controle, tem-se o uso de cultivares resistentes, mas ainda existem várias cultivares com ausência de informação sobre suas reações. Neste trabalho, avaliou-se a reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* raça 3 e *M. javanica*, e a penetração dos nematoides em cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo. Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás, no município de Goiânia, GO. Para a semeadura utilizou-se copos plásticos de 400 mL de capacidade contendo substrato esterilizado composto de solo e areia na proporção de 1:1. A inoculação artificial com ovos e J2 do nematoide ocorreram treze dias após a semeadura. Na avaliação da reação das cultivares foram consideradas a densidade populacional (ovos e J2/10 g de raiz) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação. A penetração dos nematoides foi avaliada aos 10 dias após a inoculação, medida pela quantidade de J2 e J3 no interior das raízes e, aos 45 dias após a inoculação, avaliou-se a densidade populacional (ovos e J2/10 g de raiz). Para a espécie *M. incognita*, o FR da maioria das cultivares foram abaixo de um e para *M. javanica* todos tiveram  $FR \geq 1,0$ . Assim, utilizando o critério de Moura & Régis (1987) quinze cultivares foram classificadas como resistentes ou altamente resistentes a *M. incognita* e todas foram consideradas suscetíveis a *M. javanica*. Em geral, quanto maior a concentração de inóculo maior foi a quantidade de nematoides nas raízes de soja.

*Palavras-chave:* nematoide de galhas, resistência, concentração de inóculo.

---

<sup>1</sup> Orientadora: Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha. EA-UFG.



## GENERAL ABSTRACT

TEIXEIRA, R. A. **Reaction of soybean cultivars to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica***. 2013. 60 f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Genetics and Plant Breeding) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013<sup>1</sup>.

Soybean has great economic importance for Brazil, which is among the major producing countries. The crop is attacked by various pathogens and among them are the nematodes of the genera *Meloidogyne* that can reduce the yield. Among the various methods of control the use of resistant cultivars is one of them, but there are several cultivars still without information about its reaction to this genera of nematodes. In this study we evaluated the response of soybean cultivars to *Meloidogyne incognita* race 3 and *Meloidogyne javanica*, and the penetration of these nematodes in soybean cultivars exposed to different inoculum concentrations. The experiments were conducted in a greenhouse installed at the Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. Seeds were planted into a sterilized substrate and the seedlings were inoculated with *M. incognita* or *M. javanica* eggs and J2. In assessing the cultivars response to the nematodes we evaluated the population density (eggs and J2/10 g root) and reproduction factor (RF) at 60 days after inoculation. In another experiment the penetration of nematodes was observed at 10 days after inoculation by counting the number of J2 and J3 within the plant tissue. 45 days after inoculation the population density (eggs and J2/10 g root) was also evaluated. *M. incognita* had the RF < 1,0 in most of the cultivars tested and *M. javanica* had RF ≥ 1,0 in all the cultivars. By using Moura & Régis (1987) criteria fifteen cultivars were ranked as resistant or highly resistant and none as resistant to *M. javanica*. In general, the increase of inoculum concentration increased the amount of nematodes in the roots.

*Key words:* root-knot nematode, resistance, inoculum concentration.

---

<sup>1</sup> Adviser: Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha. EA-UFG.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o segundo maior produtor de soja (*Glycine max*) no mundo, com uma produção na safra 2012/13 de 81.281 mil toneladas. O estado de Goiás ocupa a quarta posição na produção nacional, tendo produzido na safra 2012/13, 8.562 mil toneladas em 2.888 mil hectares (Conab, 2013). Com esses resultados a soja aparece como a cultura de maior destaque no agronegócio brasileiro, devido, principalmente a grande variedade de produtos obtidos, entre eles proteína vegetal e óleos, além de subprodutos como margarinas e gorduras.

Como todas as culturas agrícolas, a soja é atacada por diversas pragas e doenças, correndo altos riscos fitossanitários. Entre as doenças destacam-se os nematoides, principalmente as espécies de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Stekhoven, 1941, *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira, 1940), *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952), *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Essas duas últimas espécies são conhecidas como os nematoides formadores de galhas e merecem um maior interesse, pois são polívoros e causam perdas significativas em diferentes espécies.

Os nematoides têm distribuição mundial, ocupando o segundo lugar em número de espécies, perdendo apenas para os artrópodes, mas são os mais numerosos em número de indivíduos (Campos, 1992). Para os fitonematoides, em geral, os vegetais constituem a única fonte de alimento, causando danos reflexos do parasitismo, podendo ocorrer galhas em número e tamanhos variados, lesões, reduções na parte aérea e sistema radicular, manchas cloróticas nas folhas e murchamento em horas mais quente do dia. Esses sintomas por sua vez, dependem da suscetibilidade da cultivar e da densidade populacional do nematoide. No Brasil o gênero *Meloidogyne* pode causar perdas de 10% à cultura da soja, sendo a espécie *M. incognita* a causadora das maiores perdas na produção, estimadas entre 20% a 30%, enquanto que a espécie *M. javanica* pode causar perdas da ordem de 18% (Asmus, 2001).

Dentre as medidas de controle de nematoides as mais recomendadas são a rotação de culturas, o uso de cultivares resistentes e, em alguns casos, o controle químico. A resistência genética é uma das melhores formas de controle de nematoides, pois tem fácil assimilação pelos agricultores, não aumenta os custos de produção e não apresenta o custo ambiental de utilização de agrotóxicos.

Segundo Moura (1997), vários são os sistemas de avaliações da reação de genótipos, podendo as plantas com meloidoginose ser classificadas em função da taxa de reprodução do nematoide, desenvolvimento da hospedeira, número de galhas e massas de ovos presentes nas raízes, fecundidade do nematoide, combinações envolvendo o índice de galhas, número de juvenis por 100 cm<sup>3</sup> de solo e produtividade em kg.ha<sup>-1</sup> e até mesmo a necessidade de estabelecer uma cultivar padrão de suscetibilidade para cada germoplasma a ser avaliado.

Cerca de 80 cultivares de soja recomendadas para o Brasil foram classificadas em resistentes, moderadamente resistentes ou suscetíveis a *M. incognita* ou *M. javanica*. Mesmo assim, ainda existem várias cultivares para as quais não se sabe sua reação de resistência ou suscetibilidade aos nematoides do gênero *Meloidogyne*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de cultivares de soja, em relação a *M. javanica* e *M. incognita*, além de avaliar a penetração e desenvolvimento dos nematoides em cultivares de soja inoculadas com diferentes concentrações de inóculo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ORIGEM, DISSEMINAÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DA SOJA

A soja, uma das principais espécies de importância econômica no mundo, teve como centro de origem o continente asiático, mais especificamente a região centro-leste do norte da China. Há referências bibliográficas, segundo as quais essa leguminosa constituía-se a base alimentar do povo chinês há mais de 5.000 anos. Uma das mais antigas referências de soja está no herbário Pen Ts' ao Kang Mu, do imperador Shen Nung, por volta de 2300 a.C., sendo a sua domesticação mais acentuada entre os séculos XVII a. C. e XI a. C. (Ferreira et al., 1981; Hymowitz, 1990).

A soja é uma planta autógama, com índices de fecundação cruzadas por volta de 1% (Sedyama et al., 2005). O Gênero *Glycine* ao qual pertence a soja está classificado dentro do reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae (antiga Leguminosae), subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Glycininae. A tribo Phaseoleae é a mais importante da família, e inclui outras culturas de grande valor econômico como feijão, ervilha e amendoim (Lange, 2008).

Em média, uma semente de soja tem por volta de 20% de óleo e 40% de proteína, sendo assim, uma fonte completa de proteína para a nutrição animal e humana, contendo oito aminoácidos essenciais. Devido a essas qualidades, a soja tornou-se um alimento-chave na alimentação dos povos asiáticos e, posteriormente, a principal fonte de proteína e óleo de origem vegetal no mundo (Lange, 2008). Esta espécie foi introduzida na Europa no século XVIII, inicialmente para fins de estudos taxonômicos (Hymowitz, 1990). Devem ser ressaltadas as inúmeras utilizações da soja, como o óleo, farelo, farinha, proteína texturizada, extrato solúvel e lecitina, entre outros produtos com alta qualidade e valor nutricional e, com isto, chamando a atenção e incentivando os melhoristas a desenvolver novas cultivares para a indústria de óleo e farelo e a agroindústria alimentícia (Sedyama et al., 2005).

Na América do Norte, o primeiro a fazer menção sobre a soja foi o estado americano da Pensilvânia, em 1804. Seu cultivo foi impulsionada pelo interesse no aproveitamento dos grãos na alimentação animal, principalmente no final do século XIX, sendo desenvolvidas pesquisas agrônômicas que estabeleceram as bases do manejo da cultura. No México, os primeiros cultivos ocorreram em 1958, no Estado de Sonora (Hymowitz, 1990; Sedyama et al.; 2005).

No Brasil, o primeiro registro de cultivo da soja data de 1882, no estado da Bahia. Em 1908 foi introduzida em São Paulo por imigrantes japoneses e em 1914, no estado do Rio Grande do Sul, onde foram realizadas avaliações do seu potencial para a produção de forragem. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC/SP) foi um dos primeiros a estudar a cultura e promoveu a distribuição de sementes a vários produtores rurais (Hasse, 1996; Sedyama et al., 2005; Lange, 2008).

A produção mundial de soja atingiu na safra 2011/12 262 milhões de toneladas, sendo os principais produtores os Estados Unidos da América (83,168 milhões de toneladas), Brasil (66,386 milhões de toneladas), Argentina (53 milhões de toneladas) e China (14 milhões de toneladas) (Agriannual, 2012; Conab, 2013). A China é o maior consumidor mundial de soja e tem um crescimento econômico vigoroso, e aumentou em 8,6% sua demanda, atingindo 71,6 milhões de toneladas. Sendo assim, ela necessita importar 56,5 milhões de toneladas de soja em grão para abastecer seu mercado interno. Isto representa um aumento de 4,5 milhões de toneladas em relação a safra 2010/11.

No cenário nacional, a região Sul do Brasil era a principal produtora de soja, até a década de 80, a partir daí a cultura passou a expandir para a região dos Cerrados (Igreja et al., 1988). Na safra 1998/99 a produção de soja na região Sul do país, foi ultrapassada pela produção da região Centro-Oeste, e na safra 2012/13 alcançou 38 milhões de toneladas. Os principais Estados produtores do Brasil são: Mato Grosso (23 milhões de toneladas), Paraná (15 milhões de toneladas), Rio Grande do Sul (12,5 milhões de toneladas) e Goiás (8,5 milhões de toneladas) (Agriannual, 2012; Conab, 2013).

O cultivo de soja no Brasil teve uma maior expansão a partir dos anos 70, passando a figurar entre os principais produtos geradores de divisas ao país em termos de exportação, se tornando fator decisivo no equilíbrio da balança comercial (Ferraz, 2001). Segundo Lange (2008), este aumento foi devido a valorização do preço internacional da soja, associada à vantagem competitiva do Brasil, que obtinha melhores preços por

comercializar a safra brasileira na entressafra americana, e com isto, houve incentivo em expandir o seu cultivo. Atualmente, o Brasil é responsável pela produção de 27% de toda a soja produzida no mundo.

## 2.2 DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA E O MELHORAMENTO GENÉTICO

De acordo com Yorinori (2002), a cultura da soja no Brasil é atacada por aproximadamente cinquenta doenças que podem levar a perdas da produção de 15% a 20%. Entre os patógenos estão os fungos, bactérias, nematoides e vírus e o número de doenças continua aumentando devido a expansão da soja para novas áreas de cultivo.

O uso de cultivares resistentes é a medida mais eficaz no controle de doenças das plantas, se comparado com outros métodos de controle, como o uso de fungicidas, nematicidas ou até mesmo bactericidas, que envolvem aumentos significativos no custo de produção (Bueno et al., 2006). Para uma planta ser considerada resistente deve ocorrer o detrimento do parasito, impedindo assim a penetração e principalmente o desenvolvimento e reprodução no interior do tecido vegetal (Tihohod, 1993).

Segundo Borém (1998), para o desenvolvimento de plantas resistentes são necessários trabalhos de equipes multidisciplinares, em que se tenha conhecimentos e habilidades em áreas específicas, sendo necessária a participação de melhoristas e fitopatologistas. Para Yorinori & Kiihl (2001) o melhoramento genético visando a resistência a doenças tem como objetivos principais a correção de defeitos de uma cultivar comercial, como por exemplo a suscetibilidade a doenças, além da criação de novas cultivares, com finalidades diversas.

De acordo com Lange (2008), a soja dispõe, além do pool gênico primário, um pool gênico terciário, composto pelas espécies perenes do gênero, cuja exploração para o melhoramento comercial ainda não foi efetivada, embora o interesse persista. Essas espécies representam um grande reservatório de genes de grande importância econômica para a cultura da soja, com resistência à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow), à podridão-branca-da-haste (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), à podridão-vermelha-da-raiz (*Fusarium solani* (Mart) Appel & Wollenw) e à mancha-parda (*Septoria glycines* Hemmi). A produção de híbridos intersubgenéricos no gênero *Glycine* e a

superação das barreiras genéticas entre as espécies perenes e a soja cultivada permitirá usufruir deste grande reservatório de genes úteis para o cultivo comercial da soja.

Silva (2001) esclarece que existe disponibilidade de fontes de resistência a nematoides no germoplasma das espécies de plantas cultivadas mas, entretanto, poucas fontes foram satisfatoriamente estudadas. Desta maneira, a base genética da resistência a nematoides, em especial ao gênero *Meloidogyne*, presente nas cultivares em uso é muito restrita e, com isto, antes de utilizar a transferência interespecífica de genes de resistência, é fundamental explorar a diversidade genética presente na espécie, tornando esta variabilidade genética da resistência mais acessível aos programas de melhoramento.

Segundo Sedyama et al. (2005), entre os vários métodos de melhoramento da soja, o método do retrocruzamento tem sido utilizado com eficiência para transferência de genes que controlam resistência a doenças específicas. Este método é iniciado efetuando-se o cruzamento entre dois genitores, para produzir o híbrido F<sub>1</sub>, que então será cruzado novamente com o genitor que está sendo melhorado, denominado genitor recorrente. Este genitor recebe esta terminologia, porque é recorrido ou usado repetidamente para o cruzamento, enquanto que o genitor que contribui com o gene desejado é o genitor doador, ou não-recorrente, porque é usado apenas para realizar o cruzamento inicial.

Para Bueno et al. (2006), um ganho em resistência a uma doença pode ser acompanhado pela perda da resistência a outra ou perda de características agrônômicas desejáveis. Para evitar isto, os materiais testados devem ser avaliados não somente a um conjunto representativo de raças do patógeno ao qual o melhoramento é prioritário, mas também contra inóculos de outros patógenos potencialmente importantes.

Para o melhoramento visando a resistência a nematoides formadores de galhas, o inóculo deve ser multiplicado em hospedeiros suscetíveis e as inoculações são feitas com quantidade definidas de ovos ou juvenis. Posteriormente as reações das linhagens são baseadas na severidade de galhas ou na taxa de reprodução, comparando com padrões resistentes e suscetíveis (Yorinori & Kiihl, 2001). Segundo Moura (1997), para uma completa avaliação do comportamento das cultivares dois parâmetros devem ser considerados. O primeiro é a reprodução do nematoide, expressa pelo fator de reprodução (FR), que é obtido pelo quociente entre a população final (Pf) e a população (Pi) do patógeno. A partir deste valor tenta-se correlacionar-se com os prejuízos causados à planta pelo nematoide, ou seja, definindo-se a severidade da doença, por meio de comparações

entre plantas inoculadas e não inoculadas, em que avalia-se o peso e altura da parte aérea ou dados de produtividade.

### 2.3 NEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA

Os nematoides fitoparasitas pertencem ao reino Nematoda, Classe Adenophorea ou Secernentea, ordem Dorylamida ou Tylenchida e são organismos alongados, não segmentados e de secção transversal circular, geralmente de tamanho microscópico, com o comprimento variando de 0,3 mm a 3,0 mm e diâmetro de 15 µm a 50 µm. Geralmente machos e fêmeas são morfologicamente semelhantes e são filiformes, diferindo pelos seus órgãos de reprodução. Porém, em alguns grupos de nematoides, ocorre o dimorfismo sexual, onde as fêmeas avolumam-se aumentando consideravelmente a largura do corpo, tomando formas diferentes em relação ao macho, como é o caso dos gêneros *Meloidogyne* (nematoides das galhas), *Heterodera* e *Globodera* (nematoides dos cistos), *Tylenchulus* (nematóide dos citrus) e *Rotylenchulus* (nematóide reniforme) (Monteiro, 1992; Freitas et al., 2001; Ferraz et al., 2010).

O ciclo de vida de um fitonematóide ocorre da fase de ovo a ovo, podendo ocorrer variação conforme as características particulares de cada espécie. No ciclo típico de vida o estágio juvenil passa por quatro ecdises até chegar à fase adulta. A fase juvenil não apresenta sistema reprodutivo maduro (Ferraz & Mendes, 1992; Moura, 1996). A duração do ciclo de vida é variável com a espécie e é influenciada pelas condições ambientais, principalmente a temperatura. Em geral, o ciclo de vida típico de um nematóide fitoparasita dura de duas a quatro semanas (Freitas et al., 2001; Ferraz et al., 2010).

No ambiente do solo, os nematoides são influenciados pela temperatura, umidade e textura do solo. A faixa ótima de temperatura está por volta de 15°C a 30°C e faixas entre 5°C a 15°C e 30°C a 40°C podem torná-los inativos, e temperaturas fora desses limites podem ser letais aos nematoides, dependendo do tempo de exposição. A umidade do solo deve estar por volta de 40% a 60% da capacidade de campo, pois solos saturados são desfavoráveis. Solos argilosos são desfavoráveis por dificultarem a movimentação e encharcarem facilmente, solos arenosos facilitam a movimentação por serem mais drenados, porém, as oscilações de umidade são maiores (Ferraz et al., 2010).



Os nematoides podem agir sobre as plantas hospedeiras onde irão causar uma ação traumática, advindo das injúrias mecânicas resultantes da movimentação no interior do tecido. Também ocorre uma ação espoliadora, resultante das substâncias nutritivas que são desviadas para o sustento do organismo do nematoide parasito, além de uma ação tóxica, resultante da injeção de substâncias secretadas pelas glândulas esofagianas dos nematoides nas plantas hospedeiras (Asmus, 2001; Ferraz et al.; 2010).

Os sintomas são variáveis conforme a espécie do nematoide e do hospedeiro, e os danos nas raízes das plantas são refletidos na parte aérea. De maneira geral ocorre redução no desenvolvimento das plantas, clorose das folhas, tamanho desigual de plantas, murchamento durante as horas mais quentes do dia, amarelecimento e queda prematura de folhas, declínio, nanismo, sintomas exagerados de deficiência de certos elementos essenciais, diminuição da produção entre outros. Estes sintomas sempre se iniciam em reboleiras que vão aumentando ano após ano se medidas de controle não forem utilizadas (Ferraz et al., 2010; Inomoto & Silva, 2011).

Quatro espécies do gênero *Meloidogyne* ocupam lugar de destaque entre os fitonematoides responsáveis por baixos rendimentos agrícolas, tornando-se uma ameaça à produção de alimentos e produtos agrícolas no mundo inteiro (Ferraz & Mendes, 1992; Moura, 1996). Este ocasiona perdas na produtividade em cultivares de soja suscetíveis variando de 30% a 90% (Asmus, 2001). No Brasil a espécie mais comum é *Meloidogyne javanica*, que tem ocorrência generalizada e causa perdas de 10% a 40% em locais de solos arenosos ou médio-arenosos. A espécie *M. incognita*, predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão e está associada à sucessão de cultura soja-algodão e soja-milho. Além destas espécies, a soja pode ser parasitada por *M. arenaria* e *M. mayaguensis* (Inomoto & Silva, 2011; Miranda et al., 2011).

Estes nematoides são conhecidos pela formação de galhas no sistema radicular, facilitando o seu diagnostico (Asmus, 2001). As galhas são engrossamentos radiculares de tamanhos variados, nas quais estão alojadas de uma a dezenas de fêmeas sedentárias do nematoide (Inomoto & Silva, 2011) e são parte integral da raiz, não sendo possível destacá-las sem ferir as raízes (Freitas et al., 2001). As fêmeas são esbranquiçadas, brilhantes, globosas e o tamanho pode variar de 0,5 mm a mais de 2 mm. Os ovos são depositados em uma substância gelatinosa que, previamente, flui pelo ânus, formando ootecas. Cada fêmea produz de 400 a 500 ovos e o ciclo de vida varia de 28 a 54 dias (Lordello, 1992).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* possuem alto grau de polifagia, podendo ser encontrados em diversas culturas, pois apresentam alta competitividade biológica. Durante sua evolução foram capazes de desenvolver estratégias de parasitismo como as galhas, que são respostas citológicas das plantas hospedeiras, onde as células das raízes da planta hospedeira são induzidas a se transformar em tecido nutridor diferenciado, provendo-lhe nutrientes necessários ao desenvolvimento e reprodução. Estas células atacadas apresentam alterações morfológicas (hipertrofias) e fisiológicas, em que o citoplasma fica denso, granuloso e associado a sucessivas divisões nucleares, não acompanhada da divisão celular (hiperplasia), e então são chamadas de células gigantes ou nutridoras. Nestas células modificadas (sítio de alimentação) o nematoide passa a ingerir o conteúdo citoplasmático (Moura, 1996; Ferraz, 2001). Segundo Moura (1997), plantas resistentes podem apresentar galhas na ausência de reprodução do nematoide, e plantas suscetíveis podem não formar galhas, o que pode impossibilitar o uso desse parâmetro nas avaliações de resistência.

Na cultura da soja, as plantas parasitadas por *M. arenaria*, *M. incognita* ou *M. javanica* caracterizam-se pela presença de grande número de galhas radiculares, tanto nas raízes secundárias como na raiz principal. Desta maneira, o sistema radicular fica atrofiado e os vasos do xilema ficam comprimidos e causam uma desorganização do cilindro vascular. Além da intensa formação de galhas, pode-se notar alta emissão de raízes secundárias. Na parte aérea, observa-se crescimento lento e desigual, com enfezamento das plantas, principalmente na parte central das reboleiras. Também ocorre desequilíbrio nutricional, expresso principalmente por clorose leve a intensa e necrose entre as nervuras, conhecidas como folha “carijó”, além de murchamento de plantas durante a parte mais quente do dia, declínio vagaroso, queda prematura de folhas, queda na produção. Os sintomas podem variar de acordo com os níveis populacionais ocorrentes no solo no momento do plantio, da espécie de *Meloidogyne* presente na área, das cultivares e do manejo fitotécnico adotado (Lordello, 1992; Ferraz, 2001).

A prevenção da entrada do nematoide em áreas não infestadas e a prevenção da disseminação são as principais medidas de controle (Freitas et al., 2001). O controle dos fitonematoides é, de modo geral, tarefa de difícil realização, e sua erradicação total é praticamente impossível. Cada situação requer cuidadosa análise antes da definição dos métodos de controle a ser utilizados, e uma vez estabelecidos em determinada área, os fitonematoides podem, muitas vezes, ter suas populações reduzidas e mantidas em níveis

baixos por meio da adoção de medidas adequadas de controle (Ferraz, 1999). De acordo com Moura (1997), a diversificada gama de hospedeiras de *Meloidogyne* spp., entre as quais estão incluídas plantas cultivadas e invasoras e a facilidade de disseminação para curtas e longas distâncias exigem programas integrados de pesquisas, em busca de novas alternativas de controle.

#### 2.4 RESISTÊNCIA GENÉTICA DE SOJA A *Meloidogyne* sp.

Em áreas infestadas, o melhor método de manejo é a utilização de cultivares de soja resistentes ao nematoide, pois, muitas vezes, representa uma solução duradoura, além de serem acessíveis à maioria dos agricultores e não polue o ambiente (Ferraz, 1999). As cultivares resistentes possibilitam adequado controle dos nematoides, tanto em sistemas agrícolas de baixo como de alto uso de tecnologia (Silva, 2001), mas a obtenção destas cultivares é difícil e requerem muitos anos de pesquisa e experimentos de campo, e as recomendações podem ser restritas a determinadas regiões devido ao clima e solo (Freitas et al., 2001).

A resistência descreve o efeito genético da planta, restringindo ou prevenindo a multiplicação do nematoide, evitando também danos. Moura (1997) ressalta que plantas resistentes são frequentemente penetradas por similar número de juvenis que atacam plantas não resistentes. Verificando assim, que a resistência, geralmente não protege a planta contra a penetração dos juvenis, mas dependendo da combinação nematoide-hospedeira os juvenis podem simplesmente retornar ao solo e morrer em seguida, iniciar o desenvolvimento, aumentando o volume do corpo, porém sem a diferenciação sexual, ou podem morrer logo após a penetração, devido às reação necróticas de hipersensibilidade, e em alguns casos podem ocorrer a inversão sexual, onde resulta galhas com apenas machos.

Para Vernetti & Vernetti Júnior (2009), a herança da resistência a nematoides do gênero *Meloidogyne* é monogênica dominante, sendo o gene Rmi 1, responsável pela resistência, e foi descrito nas cultivares Forrest e FT-Abyara enquanto que o gene recessivo rmi 1 é responsável pela suscetibilidade e foi descrito na cultivar Bossier. Silva (2001) explica que embora os modelos genéticos mostrem que a herança da resistência é complexa, incluindo-se efeitos genéticos não aditivos, com dominância, epistasia e interação genótipo por microambiente, a distribuição de frequência apresenta classes distintas de genótipos, que sugerem a presença de poucos genes maiores determinando a

resistência. Boerma & Hussey (1992) confirmam que, de fato, para a maioria dos casos de resistência genética em soja a nematoides formadores de galhas, ocorre o controle genético por monogênico ou oligogênicos.

Morales et al. (2006), ao utilizar a técnica de PCR em tempo real (RT-PCR) para análise da expressão dos genes CHS, CHI, STH-2, HS1 pro-1 e XET, que participam da resistência da soja ao nematoide das galhas *M. javanica*, constataram que os cinco genes avaliados foram responsáveis pela síntese de fitoalexinas, espessamento da parede celular, síntese de chalcona-isomerase, chalcone-sintase ou necrose celular no local da infecção, que são respostas da planta à infecção pelo patógeno, como a reação de hipersensibilidade e foram expressos de maneira diferente entre as cultivares resistentes e suscetíveis.

O uso de cultivares resistentes apresenta como vantagem a possibilidade de suprimir a reprodução dos nematoides, reduzir o risco de contaminação do ambiente, não requerer equipamentos especiais para a utilização, além de terem o custo na aquisição das sementes similar ao das cultivares suscetíveis (Silva, 2001). A partir do conhecimento prévio da população de nematoides presentes na área de cultivo, basta ao agricultor escolher e realizar o plantio de genótipos resistentes (Ferraz et al., 2010).

Cerca de oitenta cultivares de soja com níveis variados de resistência aos nematoides das galhas estão disponíveis no Brasil e quase todas descendem de uma única fonte de resistência, que é a cultivar norte-americana Bragg (Dias et al., 2010; Miranda et al., 2011). Essa cultivar foi semeada nos estados do sul do país e no Mato Grosso, e tinha alta aceitação entre os agricultores, em especial aqueles onde a soja era cultivada desde a década de 60 e onde os nematoides do gênero *Meloidogyne* ocorriam com frequência. Ela tem como genitores a cultivar resistente Jackson e a cultivar D49-2491. Jackson descende de Palmetto e Volstate, ambas resistentes a *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. incognita* (Silva, 2001).

A cultivar Bragg foi largamente utilizada em diversos programas de melhoramento genético de soja no Brasil, gerando descendentes como BR-6 (Nova Bragg), BR-13, Conquista (MG/BR-46), Pioneira (MT/BR-49), Cariri RC (Embrapa 33). Além da cultivar Bragg existem outras fontes de resistência que podem ser utilizadas em programas de melhoramento, tais como as cultivares Hartwig, Kirby, Cordell e Leflore, que além dos genes de resistência a *Meloidogyne*, herdados da cultivar Bragg, também apresentam genes de resistência a *H. glycines* (Silva, 2001). Wymierski (2010), ao analisar a contribuição genética dos ancestrais da soja às cultivares brasileiras, notou que a cultivar Bragg e seus

descendentes possuem grande contribuição para a base genética no Brasil. Entre as 444 cultivares analisadas por este autor, 135 cultivares descendem da cultivar Bragg, revelando assim, que a base genética atual da soja brasileira continua bastante estreita, sendo similar à base genética da soja dos EUA.

Quando a população do nematoide está em densidade muito elevada, mesmo as cultivares resistentes têm sua produtividade reduzida, e, neste caso, deve-se realizar previamente a rotação de culturas com outras espécies de plantas resistentes, para então utilizar as cultivares de soja resistentes ao nematoide (Silva, 2001). Na escolha do genótipo a ser plantado, além da resistência aos nematoides, devem-se levar em consideração, a adaptação e o potencial produtivo do material na região. As populações de nematoides na área devem ser conhecidas precisamente, incluindo a raça do patógeno, embora possa ocorrer predomínio de espécie ou raça em uma área, a presença de populações poliespecíficas é muito comum, o que pode limitar a utilização de variedades resistentes.

### 3 REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA A *Meloidogyne incognita* RAÇA 3

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a reação de 27 cultivares de soja ao nematoide *Meloidogyne incognita*, raça 3. Dois experimentos, em épocas diferentes, foram conduzidos em condições de casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com 27 tratamentos e seis repetições. As plantas foram mantidas em copos plásticos com capacidade para 400 mL de substrato esterilizado (solo + areia) e foram inoculadas artificialmente treze dias após a semeadura, com uma suspensão de 2000 ovos e J2 de *M. incognita*. As avaliações foram realizadas sessenta dias após a inoculação (DAI), determinando-se a densidade populacional do nematoide nas raízes e o fator de reprodução (FR). A partir dos resultados destes experimentos selecionou-se quatro cultivares de soja, sendo uma resistente, uma suscetível e duas com comportamento desconhecido, aos quais foram inoculadas com quatro diferentes concentrações de inóculo de *M. incognita*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (cultivares x concentrações de inóculo), com doze repetições. Avaliações foram realizadas aos 10 DAI observando-se o número de J2 e J3/sistema radicular. Aos 45 DAI avaliou-se a densidade populacional dos nematoides nas raízes. As cultivares NS 7476, NS 7490 RR, NA 8015 RR, NA 7620 RR, BRSGO Graciosa, P98Y70, CD 237 RR, P98Y51 e UFU Milionária comportaram como resistentes por se assemelharem aos padrões de resistência utilizados. As cultivares NA 7255 RR e NS 7490 RR apresentaram resistência a *M. incognita* com o uso da concentração de inóculo de 4000 ovos/planta, que parecem ser a concentração ideal para avaliação da reação de cultivares a este nematoide. A avaliação da penetração dos juvenis de *M. incognita* nas raízes não foi um bom parâmetro para discriminar o comportamento das cultivares.

*Palavras-chave:* nematoide de galhas, resistência, penetração, concentração de inóculo.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the response of 27 soybean cultivars to the nematode *Meloidogyne incognita*, race 3. Two experiments were conducted in a greenhouse in a completely randomized design with 27 treatments and six replications. The plants were kept in plastic cups with a capacity of 400 mL of substrate (sand + soil), and were inoculated with of 2000 eggs and J2 of *M. incognita* race 3. The evaluations were performed sixty days after inoculation, by determining the density of *M. incognita* race 3 in roots and reproduction factor (RF). From the results of these experiments four soybean cultivars were selected: one resistant and one susceptible to *M. incognita* and two with

unknown reaction. These cultivars were inoculated with different inoculum concentrations of *M. incognita* race 3. Thus, an experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial 4 x 4 scheme, with twelve replications. The inoculation was performed using 2000 eggs + J2 per plant. Evaluations were performed at 10 days after inoculation (DAI) by observing the number of J2 and J3/root system. The nematode population density was evaluated 45 DAI. Cultivars NS 7479, NS 7490 RR, NA 8015 RR, NA 7620 RR, BRSGO Graciosa, P98Y70, CD 237 RR, P98Y70 e UFU Milionária behaved as resistant for they were similar to the resistant standard cultivar. Cultivars NA 7255 RR e NS 7490 RR behaved as resistant when inoculated with 4000 eggs/plant, which seems to be the ideal inoculum concentration to evaluate the cultivar reaction to this nematode. *M. incognita* root penetration was not a good parameter to differentiate cultivars behavior.

*Key words:* root-knot nematode, strength, penetration, inoculum concentration.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de soja (*Glycine max*) na safra 2011/12 foi de 257.471 mil toneladas, sendo o Brasil responsável por uma produção de 81.281 mil toneladas, em uma área de 27.715 mil de ha. O Brasil ocupa o segundo lugar na produção mundial, atrás apenas dos Estados Unidos da América, que produziram 83.168 mil toneladas. A China é o principal país consumidor de soja, com uma demanda total de 71.600 mil toneladas, produzindo, entretanto, apenas 14.000 mil toneladas, com necessidade de importar por volta de 56.500 mil toneladas, das quais 23.400 mil toneladas foram importadas do Brasil (Agrianual, 2012). Segundo Costa (2005), a soja é a cultura de maior expressão do agronegócio brasileiro, devido a grande capacidade para produção de proteínas e óleo, podendo fornecer diferentes produtos para a raça humana e animal. A partir do processamento dos grãos de soja obtém-se o farelo e o óleo bruto, além de derivados como o óleo degomado, margarinas e gorduras.

Inúmeras são as espécies de nematoides pertencentes a vários gêneros capazes de parasitar a soja em todo o mundo. No Brasil, as espécies formadoras de galhas são as que causam os principais danos à cultura e, há pelo menos 50 anos, vêm trazendo constantes preocupações aos sojicultores brasileiros, sendo um dos obstáculos à produção. Causam perdas diretas, devido a redução na produção, e indiretas, por limitação ao uso agrícola das áreas infestadas, além de possuírem ampla distribuição geográfica (Moura, 1996; Ferraz, 2001). No gênero *Meloidogyne* estão descritas mais de 80 espécies, sendo as

principais na cultura de soja *M. javanica* (Treub, 1885) e *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Ferraz, 2001; Miranda et al., 2011).

A utilização de cultivares resistentes ou tolerantes aos nematoides de galhas em esquema de rotação ou mesmo para plantio em monocultivo representa valiosa ferramenta na busca de soluções aos problemas das meloidoginose na sojicultura brasileira (Ferraz, 2001). A resistência genética é o método mais econômico e eficaz de controlar as doenças, porém, na maioria das vezes a resistência genética não é encontrada, existe em nível baixo ou quando existe, a resistência é quebrada devido a variabilidade genética do patógeno (Yorinori & Kiihl, 2001). A busca pela resistência de cultivares aos nematoides formadores de galhas é constante, sendo realizados testes de campo, casa de vegetação e laboratório (Ferraz, 2006).

Para que a resistência genética seja utilizada como medida de controle, deve-se conhecer a reação dos genótipos ao ataque dos nematoides. Segundo Dall'Agnol & Antônio (1983), os estudos de seleção de cultivares de soja resistentes aos nematoides do gênero *Meloidogyne* vêm de longa data. Já existem várias cultivares de soja resistentes (Embrapa, 2011), porém observa-se que inúmeros cultivares de soja ainda não foram avaliados quanto a sua reação aos nematoides formadores de galhas, demandando pesquisas à procura por genótipos resistentes para serem utilizados no controle das meloidoginose.

Segundo Mendes & Rodriguez (2000), a avaliação de genótipos de soja visando a identificação de fontes de resistência aos nematoides formadores de galhas tem resultado em informações contraditórias, em função de critérios utilizados. Esses autores ao utilizarem o critério de Canto-Sáenz (Sasser et al., 1984) classificaram as cultivares de soja RS-6 (Guassupi), RS-(Jacuí), UFV-15 (Uberlândia), UFV/ITM-1 como hipersuscetíveis a *M. incognita* raça 3, mas se fosse utilizado o critério de Oostenbrink (1966) elas receberiam a classificação de resistentes, pois tiveram fator de reprodução menor que um ( $FR < 1,0$ ). Dias et al (2010), ao utilizar o critério de Canto-Sáenz (Sasser et al., 1984) classificaram as cultivares de soja M-Soy 8001, BRS Baliza RR e BRS Eva como tolerantes a *M. ethiopica* (Whitehead, 1968), porém estas tiveram fatores de reprodução maiores que um ( $FR > 1,0$ ) e seriam classificadas com suscetíveis pelo critério de Oostenbrink (1966).

Segundo Moura (1997), plantas resistentes podem apresentar formação de galhas mesmo na ausência da reprodução do nematoide, e plantas suscetíveis podem não



formar galhas, o que dificulta o uso desse parâmetro nas avaliações de resistência. Da mesma forma plantas resistentes podem ser penetradas por uma quantidade de J2 semelhante à observada em raízes não resistentes. Porém, nos genótipos resistentes, os J2 podem sofrer diferentes processos dentro da planta, fazendo-os retornarem ao solo, morrendo logo em seguida, ou quando conseguem iniciar o seu desenvolvimento, verificam-se problemas podendo não concluir o ciclo de vida (Moura et al., 1993). A interrupção no ciclo de vida do nematoide, em genótipos resistentes, pode ser devida a atuação dos mecanismos de resistência, como verificado por Carneiro et al. (2005). Os autores notaram alto comprometimento no desenvolvimento de J2 de *M. incognita*, quando inoculados em genótipos resistentes de algodão, pois os juvenis não conseguiram estabelecimento e manutenção das células gigantes, ocorrendo redução na reprodução do nematoide.

Dificuldades em avaliações dos genótipos podem ocorrer em função de variações na densidade populacional dos nematoides, que afetam diferentemente o sistema radicular da soja. Isto foi observado por Rocha et al. (2008), que avaliando níveis de inóculo de *M. javanica*, variando de 0 até 300 ovos, verificaram que na maior concentração de inóculo houve a maior quantidade de fêmeas no interior das raízes, sem influenciar a massa do sistema radicular, porém a concentração de inóculo é considerada baixos. Asmus & Ferraz (2001), entretanto, ao avaliarem níveis de inóculo variando de 0 até 97200 ovos, observaram que o índice de área foliar, a massa seca total da parte aérea, a massa fresca de raízes e a produção de grãos foram reduzidos com o aumento na concentração do nematoide.

Dessa forma, os objetivos deste estudo foram avaliar a reação de vinte e sete cultivares de soja inoculadas com *M. incognita* raça 3, avaliar a penetração e o desenvolvimento de *M. incognita* em cultivares de soja sob diferentes concentrações de inóculo.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos sob condições de casa de vegetação, instalada nas coordenadas geográficas 16°35'47" Sul e 49°16'47" Oeste e altitude de 728 m, sendo dois para avaliar a reação de 27 cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* raça 3 e outro para avaliar a penetração e o desenvolvimento de *M. incognita* raça 3 em

quatro cultivares de soja, suscetíveis ou resistentes, inoculadas com quatro concentrações de inóculo. Os dois primeiros experimentos foram conduzidos, em datas diferentes, em delineamento inteiramente casualizado com 27 tratamentos (cultivares) e seis repetições. O terceiro experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (cultivares x concentrações de inóculo), com doze repetições.

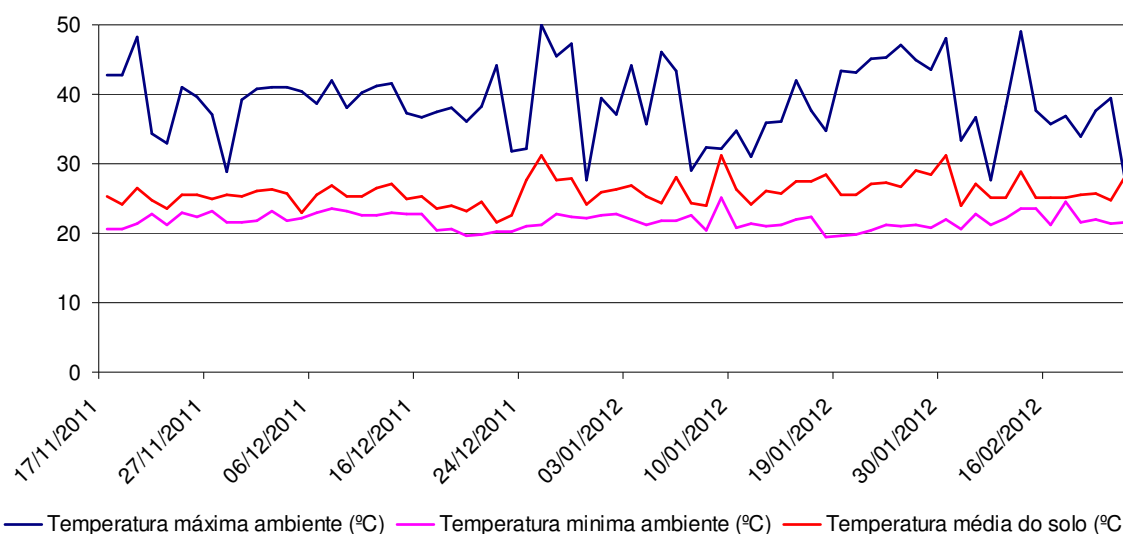
### **- Reação de cultivares de soja a *M. incognita* raça 3:**

Foram analisadas 23 cultivares de soja para as quais não há reação de resistência ou suscetibilidade descrita (Embrapa, 2011), duas cultivares resistentes (BRSGO 8860 RR e BRSGO Paraíso) e duas suscetíveis (BRSGO Raíssa e BRSGO Santa Cruz).

Quatro sementes de cada cultivar foram colocadas em copos plásticos com capacidade para 400 mL no dia 17 de novembro de 2011 (primeiro experimento) e 20 de dezembro de 2011 (segundo experimento). O substrato foi composto por uma mistura de solo e areia em uma proporção de 1:1, sendo previamente esterilizado por autoclavagem (120°C/20 min). Após treze dias, foi realizado desbaste deixando-se duas plantas/parcela (copo plástico). Logo após o desbaste foi feita a inoculação depositando-se uma suspensão aquosa contendo 2000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *M. incognita* em cada parcela.

O inóculo foi obtido de uma população de *M. incognita* mantida em casa de vegetação, tendo como planta multiplicadora o tomate 'Santa Cruz'. Esta população, caracterizada como raça 3, foi cedida pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Durante o período de condução do experimento, as plantas foram regadas diariamente visando manter o nível adequado de umidade no solo para o crescimento das plantas e com o cuidado de não encharcar o substrato. Além disso, foram tomadas as temperaturas máximas e mínimas do ambiente (Figura 3.1).

Após sessenta dias da inoculação (DAI) foram realizadas extrações e quantificações dos nematoides nas raízes, assim como a determinação do fator de reprodução (FR). A extração dos nematoides foi realizada conforme técnica de Coolen & D'Herde (1972). Após a extração, os nematoides foram armazenados e preservados em solução de Golden X, conforme Hooper (1970). A contagem foi feita sob microscópio óptico (aumento 100 x) com o auxílio de uma câmara de Peters.



**Figura 3.1.** Temperatura média do solo, temperaturas máximas e mínimas do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos. Goiânia, 2012.

Após a quantificação de ovos e J2 de *M. incognita*, foi obtido o FR pela divisão da população final (Pf) pela população inicial (Pi), segundo Oostenbrink (1966). O comportamento de cada cultivar foi identificado utilizando o critério de Moura & Régis (1987). Nesta classificação a cultivar que apresentar o maior FR é utilizada como padrão de suscetibilidade. Então, esta é comparada com cada um dos demais FR, calculando-se o percentual de redução do fator de reprodução e então classificada, conforme Tabela 3.1.

**Tabela 3.1.** Caracterização da cultivar, segundo o percentual de redução do índice de inibição do nematoide.

% de redução do índice de inibição	Classificação da cultivar
0 – 25	Altamente suscetível (AS)
26 – 50	Suscetível (S)
51 – 75	Pouco resistente (PR)
76 – 95	Moderadamente resistente (MR)
96 – 99	Resistente (R)
100	Altamente resistente (AR)

Fonte: Moura & Régis (1987).

Os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$  e a análise de variância foi feita para o primeiro e o segundo experimento individualmente. Em seguida foi realizado o teste de Hartley (Ramalho et al., 2000) para verificar a homogeneidade de variância entre os experimentos. Havendo homogeneidade pode-se realizar a análise conjunta dos experimentos. Como na análise conjunta observou-se interação significativa entre os

experimentos, estes tiveram que ser analisados separadamente. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**- Penetração e desenvolvimento de *M. incognita* em cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo:**

Para a realização deste experimento, utilizou-se quatro cultivares de soja, sendo duas reconhecidamente resistente (BRSGO Paraíso) e uma suscetível (BRSGO Santa Cruz), segundo Embrapa (2011). Outras duas cultivares (NA 7255 RR e NS 7490 RR) foram escolhidas por não terem descrição de sua reação a *M. incognita* e apresentarem-se como moderadamente resistentes nos experimentos anteriores.

As sementeiras destas cultivares foi realizada em copos plásticos de 400 mL de volume, contendo substrato previamente autoclavado na proporção de 1:1 de solo e areia, no dia 10 de abril de 2012. Após treze dias da sementeira, foi realizado desbaste nas parcelas, permanecendo uma planta/parcela. Logo após o desbaste, as plantas foram inoculadas com as concentrações de inóculo de *M. incognita*, de acordo com o tratamento (500, 1000, 2000 e 4000 ovos de *M. incognita*). A inoculação foi realizada com o auxílio de uma pipeta depositando-se a suspensão de ovos em orifícios próximos a base do caule de cada planta. A obtenção do inóculo se deu conforme descrito anteriormente.

Aos dez DAI foram retiradas seis repetições para avaliação da penetração dos nematoides. Primeiramente, foi determinada a massa fresca de raízes e, por meio da técnica descrita por Byrd et al. (1983) realizou-se a coloração das raízes com fucsina ácida. Esta técnica consiste em lavar as raízes e corta-lás em fragmentos de 1 cm a 2 cm, que foram então colocados em solução com concentração de 1,5% de NaOCl, por 4 minutos. Em seguida as raízes foram lavadas em água corrente por, aproximadamente, 45 segundos e deixadas em água por 15 minutos para remoção do excesso de NaOCl. Após esta etapa adicionou-se 30 mL de água e 1 mL de solução estoque de fucsina ácida, que foi preparada anteriormente com 3,5 g de fucsina ácida diluídas em 250 mL de ácido acético e 750 mL de água destilada. Em seguida, levou-se os fragmentos de raiz juntamente com a solução ao forno de microondas em potência máxima durante 2 minutos, até levantar fervura. Após o resfriamento, os fragmentos foram lavados em água corrente e adicionados 20 mL de glicerina acidificada com uma gota de ácido clorídrico e, novamente levados à fervura no forno de microondas por mais 2 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram levadas

ao microscópio estereoscópico para quantificação de nematoides no interior das raízes e identificação do estágio de desenvolvimento dos mesmos.

Aos 45 DAI as seis repetições restantes foram retiradas e, após a determinação da massa fresca de raízes das plantas, foi realizada a extração dos nematoides utilizando a técnica de Coolen & D'Herde (1972), obtendo-se a quantidade de ovos e J2 por sistema radicular [população final – (Pf)]. O FR foi determinado pela razão entre a população final (Pf) e a população inicial (Pi), segundo Oostenbrink (1966), para posterior classificação das cultivares utilizando-se o critério de Moura & Régis (1987).

Após a quantificação, os dados foram transformados em  $\sqrt{(x + 0,5)}$  para a realização das análises estatísticas, sendo realizadas as análises de variância. Quando observadas diferenças significativas entre as cultivares aplicou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Quando houve diferença entre as concentrações de inóculo foi feita análise de regressão. As análises foram feitas usando o aplicativo estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### - Reação de cultivares de soja a *M. incognita* raça 3:

Na análise conjunta dos dados observou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os experimentos, indicando que devem ser analisados separadamente, como pode ser observado na Tabela 3.2, onde consta o resumo das análises estatísticas.

**Tabela 3.2.** Resumo das análises de variância, apresentando o quadrado médio (QM) das Cultivares, resíduo da quantidade de ovos e J2/10 g de raiz (densidade populacional) e fator de reprodução, obtidas das cultivares de soja inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 3. Goiânia, 2012.

Fonte de variação	Graus de liberdade	QM de Ovos e J2/10 g de raiz		QM do Fator de reprodução	
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2
Cultivares	26	2301,56**	3575,79**	0,23**	0,52**
Resíduo	135	173,72	230,04	0,02	0,04
Média	-	1431,46	3250,09	0,12	0,42
CV (%)	-	43,52	30,43	64,44	37,95

\*\* Diferença significativa ( $P < 0,05$ )

De acordo com as densidades populacionais observa-se nos dois experimentos que foram formados quatro grupos de cultivares (Tabela 3.3). No primeiro experimento,

nota-se que as cultivares que apresentaram os mais altos valores na densidade populacional foram as cultivares TMG 1288 RR, NA 7337 RR e AN 8843, significativamente maiores que as demais cultivares, inclusive BRSGO Raíssa e BRSGO Santa Cruz, que foram utilizadas como padrão de suscetibilidade. No segundo experimento, a cultivar NA 7337 RR foi a que apresentou a mais alta densidade populacional, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) das demais cultivares e AN 8843 e TMG 1288 RR se igualaram ao padrão de suscetibilidade BRSGO Santa Cruz. Embora os quatro grupos formados não consistam exatamente das mesmas cultivares houve estabilidade de resultados para a maioria delas. Assim observa-se consistência no grupo das mais suscetíveis em que, além das duas cultivares utilizadas como padrão, ficaram também TMG 1288 RR, NA 7337 RR e AN 8843. Estas três cultivares apresentaram FR abaixo de 1,0 no primeiro experimento, mas foram classificadas como pouco resistente, suscetível e altamente suscetível, respectivamente, segundo o critério de Moura & Régis (1987). No segundo experimento, estas mesmas cultivares apresentaram FR próximo de 1,0 e foram classificadas como suscetível, altamente suscetível e suscetível, respectivamente. Portanto, pode-se afirmar com segurança o caráter de suscetibilidade destas três cultivares a *M. incognita*.

Embora tenha-se observado bom desenvolvimento do nematoide nas raízes das cultivares, com densidades populacionais variando de 82 a 7638 ovos e J2/10 g de raízes, no primeiro experimento, e de 399 a 11.167 ovos e J2/10 g de raízes, no segundo experimento, observou-se FR muito baixos, especialmente no primeiro experimento. Baixos valores de FR também foram observados por Mendes & Rodriguez (2000), avaliando treze cultivares de soja inoculadas com *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4, notando-se que quase todas as cultivares apresentaram fator de reprodução abaixo de 1 ( $FR < 1$ ). Isto dificulta avaliar o comportamento das cultivares em relação a *M. incognita* podendo levar a uma classificação errônea, já que foram utilizadas cultivares padrões de resistência e de suscetibilidade diferentes. Assim considera-se que, no presente estudo, a classificação das cultivares segundo o critério de Moura & Régis (1987) seja o mais adequado.

**Tabela 3.3.** Densidade populacional (ovos e J2/10 g de raiz), fator de reprodução e classificação de cultivares de soja inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 3. Goiânia, 2012.

Cultivar	Experimento 1 <sup>1</sup>					Experimento 2 <sup>1</sup>				
	Dens. Populac.*	Fator de reprodução*	% redução	Classificação <sup>2</sup>		Dens. Populac.*	Fator de reprodução*	% redução	Classificação <sup>2</sup>	
BRSGO 8860 RR (R) <sup>3</sup>	82 a	0,003 a	100	AR		566 a	0,06 a	96	R	
BRSGO Paraíso (R) <sup>3</sup>	102 a	0,008 a	99	R		399 a	0,06 a	96	R	
NS 7476	148 a	0,01 a	99	R		817 a	0,10 a	93	MR	
NS 7490 RR	216 a	0,01 a	99	R		997 a	0,11 a	93	MR	
NA 8015 RR	227 a	0,01 a	99	R		1397 a	0,08 a	95	MR	
NA 7255 RR	251 a	0,02 a	98	R		1535 a	0,23 a	85	MR	
NA 7620 RR	379 a	0,02 a	98	R		478 a	0,05 a	97	R	
BRSGO Graciosa	380 a	0,02 a	98	R		1272 a	0,09 a	94	MR	
UFU Xavante	437 a	0,03 a	97	R		4232 b	0,67 b	55	PR	
UFU Carajás	440 a	0,03 a	97	R		1047 a	0,19 a	87	MR	
BRS 206	470 a	0,02 a	98	R		1339 a	0,16 a	89	MR	
P98Y70	489 a	0,03 a	97	R		1022 a	0,11 a	93	MR	
UFUS Riqueza	520 a	0,03 a	97	R		3497 b	0,49 b	67	PR	
TMG 1179 RR	666 b	0,02 a	98	R		1336 a	0,17 a	89	MR	
CD 237 RR	691 b	0,04 a	96	R		1439 a	0,12 a	92	MR	
UFU Guarani	850 b	0,08 a	91	MR		1873 a	0,34 a	77	MR	
TMG 1181 RR	955 b	0,10 a	89	MR		6261 c	0,67 b	55	PR	
P98Y51	990 b	0,05 a	95	MR		1187 a	0,09 a	94	MR	
UFUS Impacta	1218 b	0,11 a	88	MR		4802 b	0,67 b	55	PR	
A 7002	1303 b	0,07 a	93	MR		4851 b	0,65 b	56	PR	
UFU Milionária	1448 b	0,06 a	94	MR		1390 a	0,15 a	90	MR	
AN 8500	2105 c	0,19 b	80	MR		8184 c	0,85 b	43	S	
BRSGO Raíssa (S) <sup>3</sup>	2413 c	0,28 b	70	PR		4689 b	0,64 b	57	PR	
BRSGO Santa Cruz (S) <sup>3</sup>	3340 c	0,28 b	70	PR		9063 c	1,25 c	16	AS	
TMG 1288 RR	4984 d	0,45 b	52	PR		6045 c	1,03 c	31	S	
NA 7337 RR	5907 d	0,48 c	49	S		11167 d	1,49 c	Padrão	AS	
AN 8843	7638 d	0,94 d	Padrão	AS		6869 c	0,99 c	34	S	
Média	1431	0,12	-	-		3250	0,42	-	-	
CV (%)	43,52	64,44	-	-		30,43	37,95	-	-	

<sup>1</sup> - Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Scott & Knott, 5% de probabilidade); <sup>2</sup> - Classificação proposta por Moura & Régis (1987). Onde AS= Altamente suscetível, S= Suscetível, PR= Pouco resistente. MR= Moderadamente resistente, R= Resistente, AR= Altamente resistente; <sup>3</sup> - Classificação descrita por Embrapa (2011), onde R= Resistente, S= Suscetível; \* - Valores transformados em  $\sqrt{x}$  para realização da análise estatística.

Ao utilizar a classificação de Moura & Régis (1987), nota-se que o padrão de suscetibilidade do primeiro experimento foi diferente do padrão do segundo experimento. A cultivar AN 8843, apesar de ter FR menor que um, foi considerada o padrão de suscetibilidade do primeiro experimento e a cultivar NA 7337 RR o padrão de suscetibilidade do segundo experimento, e ambas foram classificadas como altamente suscetível.

As cultivares BRSGO 8860 RR e BRSGO Paraíso, que foram utilizadas como padrões de resistência, foram as que apresentaram as menores densidades populacionais (Tabela 3.3), no primeiro experimento. No segundo experimento além destas duas, a cultivar NA 7620 RR também apresentaram menores densidades populacionais. Além disso as cultivares BRSGO 8860 RR e BRSGO Paraíso foram as que apresentaram os menores FR no primeiro experimento, observando-se  $FR = 0,003$  e  $FR = 0,008$ , respectivamente. No segundo experimento estas duas cultivares apresentaram o segundo menor FR, sendo apenas maior que o da cultivar NA 7620 RR, embora, estatisticamente tenham sido iguais (Tabela 3.3). Isto confirma o comportamento de resistência descrito para estas duas cultivares.

No primeiro experimento, as cultivares BRSGO Raíssa, BRSGO Santa Cruz e TMG 1288 RR foram classificadas como pouco resistente (Tabela 3.3), pois reduziram de 51% a 75% os fatores de reprodução em comparação com o padrão de suscetibilidade (AN 8843). A maioria das cultivares (quatorze cultivares) foram classificadas como resistentes, e a cultivar BRSGO 8860 RR foi classificada como altamente resistente. Nota-se que no primeiro experimento ocorreram as maiores porcentagens de redução do fator de reprodução em comparação com o segundo experimento.

A cultivar BRSGO Santa Cruz, no segundo experimento, foi classificada pelo critério de Moura & Régis (1987) como altamente suscetível, a mesma classificação do padrão de suscetibilidade, seguida pelas cultivares AN 8500, AN 8843 e TMG 1288 RR que foram classificadas como suscetíveis. Neste experimento, treze cultivares foram classificadas como moderadamente resistentes e representam o maior grupo. As cultivares NA 7620 RR, BRSGO 8860 RR e BRSGO Paraíso que apresentaram os menores fatores de reprodução e, com isto, representam as maiores reduções do fator de reprodução em relação ao padrão de suscetibilidade e foram classificadas em resistentes (Tabela 3.3).

A cultivar BRSGO Raíssa que, segundo Embrapa (2011) é suscetível a *M. incognita*, comportou-se como pouco resistente nos dois experimentos (Tabela 3.3). A



cultivar BRSGO Santa Cruz teve o mesmo comportamento que BRSGO Raíssa no primeiro experimento, registrando-se FR igual a 0,28, e classificação como pouco resistente contradizendo sua descrição como sendo suscetíveis. As cultivares UFU Xavante e UFUS Riqueza, também, apresentaram comportamento contraditório nos dois experimentos sendo classificadas como resistentes no primeiro e como pouco resistentes no segundo experimento. Mendes & Rodriguez (2000) esclarecem que resultados contrários entre as classificações encontradas na literatura, podem ser devidos a utilização de diferentes metodologias adotadas para a classificação da reação das cultivares. Um exemplo disto pode ser visto no trabalho de Dias et al. (2010), que ao classificar a reação de cultivares de soja quando inoculados com *M. enterolobii* Yang & Eisenback, 1983 utilizaram a classificação de Canto-Sáenz (Sasser et al., 1984). Com isto a cultivar BRSGO Paraíso foi classificada como tolerante, mesmo tendo um FR de 6,5. De acordo com o critério de Oostenbrink (1966) esta seria uma cultivar suscetível por apresentar fator de reprodução maior que um ( $FR > 1$ ). As diferenças entre os resultados das classificações podem ser, também, devido a variação na agressividade do inóculo, pois Tihohod & Ferraz (1986), ao analisarem duas populações de *M. javanica* inoculadas em cultivares de soja, observaram que as cultivares inoculadas com a população provinda da Fazenda Itamarati, Estado do Mato Grosso, produziam de quatro a cinco vezes mais galhas e ootecas, em comparação com plantas inoculadas com a população provinda de Capinópolis, MG. Segundo Dall'Agnol et al. (1984), em trabalhos realizados em campo naturalmente infestado, as notas para galhas não tem o mesmo significado em avaliações feitas em locais ou anos diferentes, cuja infestação do solo não é igual, pois poderia haver desuniformidade na distribuição espacial dos nematoides e assim a ocorrência de escapes (Asmus & Andrade, 1996). Diante desses fatores que podem interferir na classificação das cultivares e com isto obtenção de resultados conflitantes, Mendes & Rodriguez (2000) relatam que a seleção de genótipos de soja visando a resistência aos nematoides formadores de galhas, em particular a espécie *M. incognita*, tem sido problemática.

Com base nos resultados dos dois experimentos pode-se destacar um grupo de cultivares com comportamento de resistência ou moderada resistência e apresentaram porcentagem de redução do FR acima de 90%. São elas as cultivares NA 7476, NS 7490 RR, NA 8015 RR, NA 7620 RR, BRSGO Graciosa, P98Y70, CD 237 RR, P98Y51 e UFU Milionária, além dos dois padrões de resistência utilizados. Estas foram consideradas as melhores cultivares, dentre as testadas, para uso em áreas infestadas com *M. incognita*.

**- Penetração e desenvolvimento de *M. incognita* em cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo:**

Na avaliação realizada aos dez dias após a inoculação observou-se a presença de juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) estádios no interior das raízes, os quais foram quantificados separadamente. A análise de variância mostrou interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre as cultivares e as concentrações de inóculo para estas duas variáveis.

Na comparação entre as cultivares observou-se que a cultivar BRSGO Paraíso, utilizada como padrão de resistência, não confirmou este comportamento de resistência (Tabela 3.4). Na concentração de 500 ovos de *M. incognita* por planta as quatro cultivares de soja tiveram o mesmo comportamento. A partir da concentração de 1000 ovos/planta elas se diferenciaram, sendo que nesta concentração a cultivar BRSGO Santa Cruz, utilizada como padrão de suscetibilidade, apresentou menor número médio de J2 e J3 nas. Esta cultivar somente apresentou maior número de J2 e J3 nas raízes em relação as outras cultivares quando as plantas foram submetidas à concentração de inóculo de 2000 ovos/planta. Mesmo assim, se igualou estatisticamente à BRSGO Paraíso.

**Tabela 3.4.** Juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) estágio por sistema radicular de quatro cultivares de soja, submetidas a diferentes concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 3, aos dez dias após a inoculação. Goiânia, 2012.

Cultivar	Concentração de inóculo								
	500		1000		2000		4000		Média
	J2 <sup>1</sup>								
BRSGO St Cruz	17,00	a <sup>2</sup>	0,33	a	146,46	c	78,66	a	60,54
BRSGO Paraíso	29,33	a	26,83	b	100,83	bc	147,00	b	76,00
NA 7255 RR	9,16	a	34,33	b	59,33	ab	67,33	a	42,54
NS 7490 RR	9,33	a	18,16	b	31,50	a	68,33	a	31,83
Media	16,20		19,91		84,45		90,33		-
CV (%)	26,13								
	J3 <sup>1</sup>								
BRSGO St Cruz	2,83	a <sup>2</sup>	0,17	a	60,16	b	33,50	b	24,17
BRSGO Paraíso	8,17	a	5,50	ab	39,33	b	24,83	ab	19,46
NA 7255 RR	1,17	a	8,50	b	19,33	a	16,00	a	11,25
NS 7490 RR	2,17	a	4,33	ab	8,00	a	15,00	a	7,37
Media	3,58		4,62		31,71		22,33		-
CV (%)	33,78								

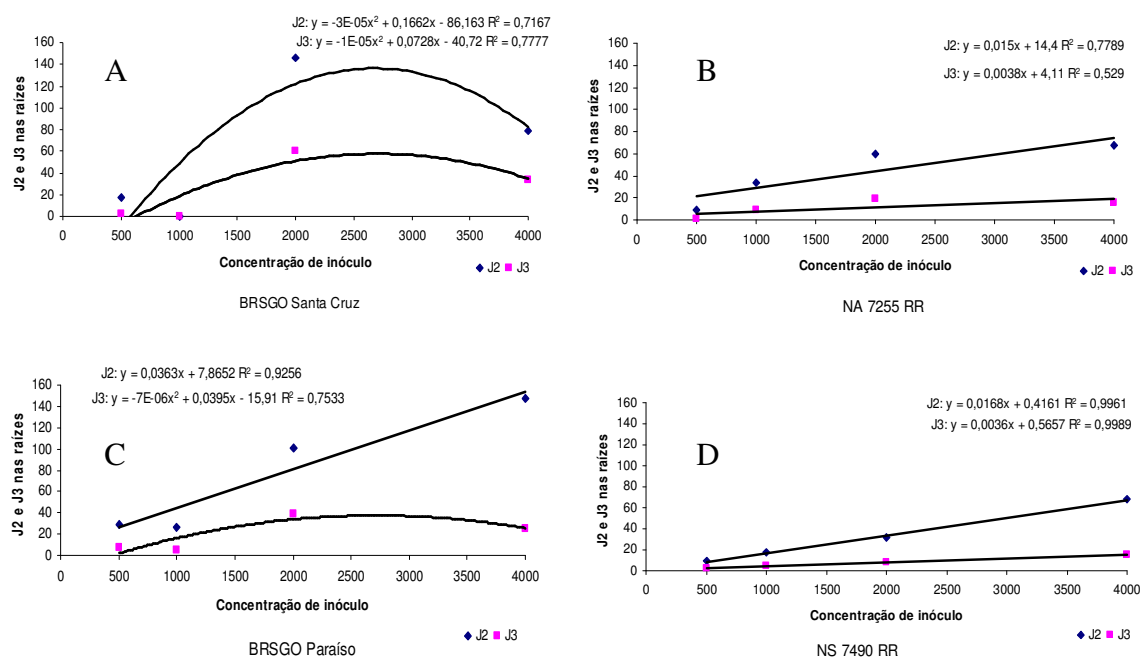
<sup>1</sup>- Os dados foram transformados em  $\sqrt{(x + 0,5)}$  para análise estatística; <sup>2</sup>- Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey, 5% de probabilidade).

As cultivares NA 7255 RR e NS 7490 RR, para as quais não há descrição de resistência ou suscetibilidade, de uma maneira geral, foram as que apresentaram menor

penetração de *M. incognita* nas raízes em comparação com os padrões utilizados, principalmente nas maiores concentrações de inóculo (Tabela 3.4). Estas duas cultivares, embora tenham apresentado um número de J2 e J3 nas raízes proporcional à concentração do inóculo (Figura 3.2B e 3.1D), ainda assim, os valores ficaram em patamares inferiores aos apresentados pelas cultivares BRSGO Santa Cruz e BRSGO Paraíso.

A cultivar BRSGO Santa Cruz apresentou aumento na penetração de J2 e presença de J3 até as concentrações de inóculo de 2770 e de 3640 ovos/planta, respectivamente. A partir destas concentrações, ocorre diminuição (Figura 3.2A). O mesmo ocorreu com o número de J3 encontrados nas raízes da cultivar BRSGO Paraíso, que decresce a partir da inoculação com 2821 ovos/planta (Figura 3.2C). É possível que a partir destas concentrações de inóculo a competição entre os nematoides por sítios de alimentação passa a restringir sua penetração e desenvolvimento. Segundo Asmus & Ferraz (2001), a população, em baixos níveis iniciais, cresce exponencialmente por um pequeno período de tempo, mas, devido à competição por alimento, passa a apresentar taxas cada vez menores de crescimento. Este fato foi observado por Windham & Barker (1986), que ao analisar o potencial de dano de *M. incognita* em cultivares de soja, notaram diminuição sequencial da população final, quando as populações iniciais foram 1250, 5000 e 20000 ovos.

Por outro lado, a penetração de J2 nas raízes da cultivar BRSGO Paraíso cresceu de forma linear à medida que foram aumentadas as concentrações de inóculo (Figura 3.2C). Moritz et al. (2008) observaram que no oitavo dia após a inoculação, a maioria dos nematoides que havia penetrado nas raízes das cultivares de soja suscetível e resistente ainda estava no estágio de desenvolvimento J2, permanecendo paralelos ao cilindro central das raízes, e isto poderia indicar que os mecanismos de resistência da cultivar resistente ainda não estavam retardando o desenvolvimento total do nematoide. Moura et al. (1993) observaram que cultivares de soja resistentes a *M. incognita*, 10 dias após a inoculação dos nematoides, as células das raízes das plantas tornaram-se desorganizadas e necróticas, não ocorrendo a formação dos sítios de alimentação, observando assim, a atuação dos mecanismos de resistência e redução do desenvolvimento para o estágio J3.



**Figura 3.2.** Juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) estágio nas raízes das cultivares de soja aos dez dias após inoculação, em função de diferentes concentrações de inóculo. Goiânia, 2012.

A maior quantidade de J2/sistema radicular, aos 10 dias, na cultivar resistente BRSO Paraíso em comparação a cultivar suscetível BRSO Santa Cruz, nas concentrações de 1000 e 4000 ovos e J2, contradiz os resultados encontrados por Moura et al. (1993), pois ao avaliarem a penetração de *M. incognita* quatro DAI observaram que nas cultivares suscetíveis houve maiores quantidades de nematoides em relação às cultivares resistentes. Herman et al. (1991) observaram que o aumento na quantidade de J2 na raízes das cultivares resistentes ocorreu após o 16º dia da inoculação. Os autores relacionaram o fato à taxa de emigração dos nematoides para o substrato após cinco dias da inoculação. Segundo Carneiro et al. (2005), alguns mecanismos de resistência atuam impedindo o ciclo de desenvolvimento do nematoide, sem impedir a penetração no tecido vegetal. De acordo com Faria et al. (2003), um dos mecanismos de resistência é o acúmulo de fitoalexina nos hospedeiros resistentes, que coincide com a reação de hipersensibilidade, funcionando assim como fitoalexinas nematostáticas, afetando drasticamente a função do nematoide e impedindo seu desenvolvimento, porém este mecanismo de resistência parece não ter ocorrido no presente estudo, pois o nematoide conseguiu penetrar e desenvolver nas raízes.

A população final de *M. incognita* nas raízes das cultivares foi avaliada aos 45 dias após a inoculação, considerando que, após este período, teria se completado um ciclo do nematoide, pois de acordo com Ferraz & Mendes (1992) e Moura (1996), de modo geral, o ciclo de *Meloidogyne* se completa em 25 dias sob temperaturas próximas de 28°C. Na casa de vegetação onde estava instalado o experimento, observou-se temperaturas do ambiente variando de 22°C até 35°C.

Observou-se que na avaliação da população final de *M. incognita* (ovos e J2/10 g de raiz) houve interação significativa entre os fatores “cultivares” e “concentrações de inóculo” ( $P < 0,05$ ). A cultivar suscetível BRSGO Santa Cruz apenas diferiu significativamente da cultivar resistente BRSGO Paraíso na maior concentração de inóculo (Tabela 3.5). Em geral, esta é a concentração utilizada para experimentos com este nematoide. Nesta mesma concentração, as cultivares NA 7155 RR e NA 7490 RR tiveram comportamento semelhante ao da BRSGO Paraíso, embora tenham apresentado menores densidades populacionais, também, quando submetidas à concentração de inóculo de 2000 ovos/planta.

As populações finais de *M. incognita* nas raízes das cultivares BRSGO Santa Cruz e NS 7490 RR tiveram crescimento linear à medida que foram aumentadas as concentrações de inóculo por planta (Figura 3.3), embora na cultivar NS 7490 RR os valores tenham sido bem menores e, na maioria das vezes, inferiores aos observados na cultivar resistente BRSGO Paraíso.

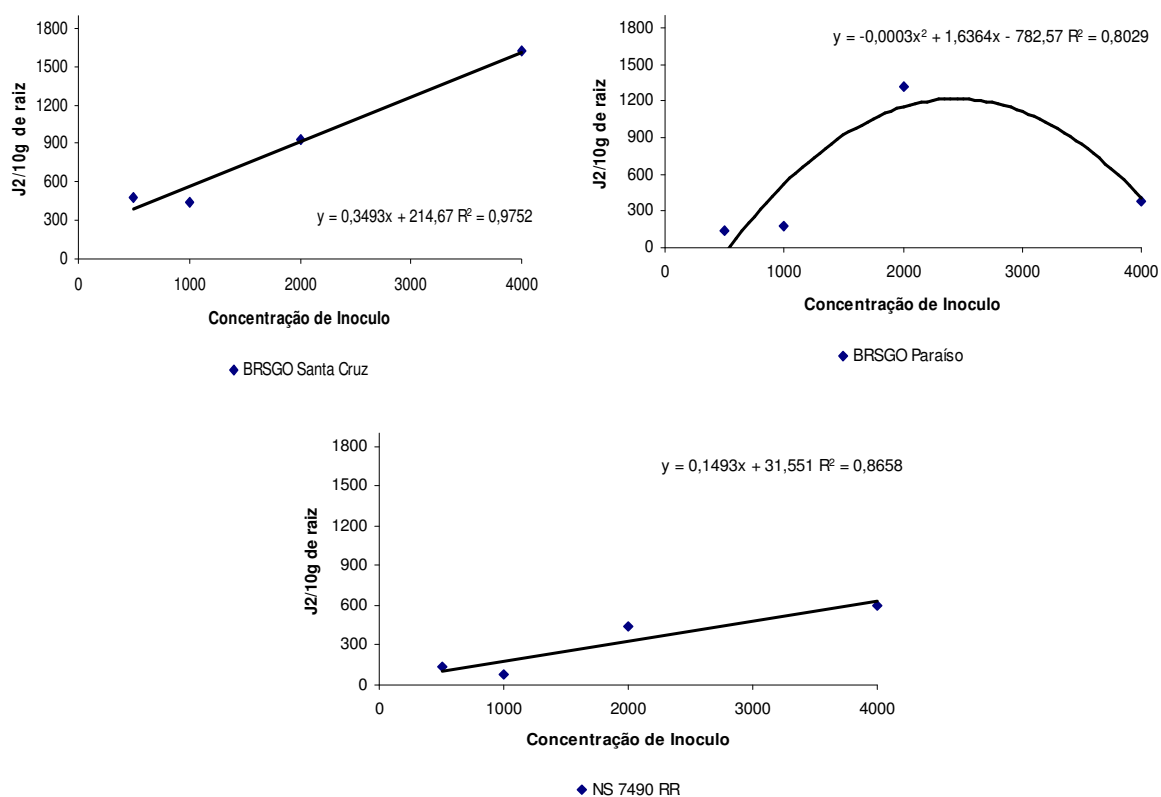
**Tabela 3.5.** Densidade populacional final de *Meloidogyne incognita* raça 3 nas raízes de quatro cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo, aos 45 dias após a inoculação. Goiânia, 2012.

Cultivar	Concentração de inóculo <sup>1</sup>					Média			
	500	1000	2000	4000					
BRSGO St Cruz	477,83	a <sup>2</sup>	446,11	b	935,16	bc	1619,33	b	869,62
BRSGO Paraíso	144,66	a	181,66	ab	1319,50	c	381,50	a	506,83
NA 7255 RR	1884,66	b	143,66	ab	310,16	a	623,66	a	740,54
NS 7490 RR	136,83	a	73,66	a	437,16	ab	598,00	a	311,41
Média	661,00		211,29		750,50		805,00		-
CV (%)					36,63				

<sup>1</sup>- Dados transformados em  $\sqrt{(x + 0,5)}$  para análise estatística; <sup>2</sup>- Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey, 5% de probabilidade).

Na cultivar BRSGO Paraíso ocorreu aumento na população final até a concentração de 2727 ovos, e após esta concentração de inóculo ocorre restrição do

desenvolvimento do nematoide, indicando que a resistência é efetiva quando as plantas são submetidas a concentrações de inóculo acima de 2700 ovos/planta (Figura 3.3)



**Figura 3.3.** População final de *Meloidogyne incognita* nas raízes de cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo de *M. incognita*, avaliada aos 45 dias após inoculação. Goiânia, 2012.

Com os resultados aqui obtidos conclui-se que as cultivares NA 7225 RR e NS 7490 são resistentes a *M. incognita* mas esta resistência somente se manifesta sob concentração de inóculo de 4000 ovos/planta. Conclui-se também que a avaliação da penetração de nematoides nas raízes não é um bom parâmetro para se avaliar a reação das cultivares e discriminá-los em resistente e suscetível

### 3.4 CONCLUSÃO

As cultivares NS 7476, NS 7490 RR, NA 8015 RR, NA 7620 RR, BRS GO Graciosa, P98Y70, UFUS Riqueza, CD 237 RR, P98Y51 e UFU Milionária apresentam comportamento de resistência por se assemelharem aos padrões utilizados. NA 7337 RR, AN 8843 e TMG 1288 RR apresentam comportamento de suscetibilidade.

As cultivares NA 7255 RR e NS 7490 RR são resistentes a *M. incognita* quando submetidas a concentrações de inóculo acima de 1000 ovos/planta.

A concentração de 4000 ovos/planta é a ideal para avaliar a reação de cultivares a *M. incognita*.

Avaliações da penetração de nematoides nas raízes não é um bom parâmetro para discriminar as cultivares em resistente e suscetíveis.

## 4 REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA AO NEMATOIDE DE GALHA *Meloidogyne javanica*

### RESUMO

*Meloidogyne javanica* é um dos principais nematoides que atacam a cultura da soja e, embora a resistência genética seja a medida de controle ideal, existem poucas cultivares descritas como resistentes dentre as inúmeras cultivares recomendadas para a região central do Brasil. Neste contexto, objetivou-se avaliar a reação de 29 cultivares de soja ao nematoide *M. javanica*. Foram conduzidos dois experimentos em datas diferentes, em condições de casa de vegetação, instalados em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. As plantas foram inoculadas, treze dias após o plantio, com uma suspensão de 2000 ovos e J2 de *M. javanica* e as avaliações ocorreram sessenta dias após a inoculação (DAI), determinando-se a densidade populacional do nematoide e o fator de reprodução. A partir dos resultados destes experimentos foram selecionadas quatro cultivares de soja, sendo uma moderadamente resistente e três com comportamento desconhecido, e foram inoculadas com diferentes concentrações de inóculo de *M. javanica*. Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (cultivares x concentrações de inóculo), com doze repetições. Avaliações foram realizadas aos 10 DAI observando-se o número de J2 e J3/sistema radicular. Aos 45 DAI avaliou-se a densidade populacional do nematoide nas raízes. Entre as cultivares de soja testadas, nenhuma comportou-se como resistente. Porém as cultivares UFU Carajás e BRSGO Paraíso apresentaram menor desenvolvimento de *M. javanica* nas raízes em comparação com as cultivares P98Y70 e NS 7476, e à medida que aumentou a pressão de inóculo, aumentou a penetração dos juvenis e desenvolvimento do nematoide nas raízes.

*Palavras-chave:* nematoide de galhas, concentração de inóculo, resistência, penetração.

### ABSTRACT

*Meloidogyne javanica* is one of the main nematodes to the soybean crop. Although the genetic resistance is the ideal measure to control nematodes there are few cultivars described as resistant among several cultivars recommended for planting in the Central Region of Brazil. In this context the objective of this study was to evaluate the reaction of 29 soybean cultivars to the nematode *M. javanica*. Two experiments were conducted under greenhouse conditions in a completely randomized design with six replications. The plants were inoculated with 2000 eggs and J2 and evaluation occurred sixty days after inoculation by determining the number of eggs and J2/10 g root and reproduction factor (RF). From the results of these experiments we selected four soybean cultivars: one moderately resistant and three with unknown behavior. These cultivars were



inoculated with four different inoculum concentrations of *M. javanica* and the experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial 4 x 4 scheme, with twelve replications. The evaluations were performed at 10 days after inoculation by observing the number of J2 and J3/root system. The nematode population density was evaluated 45 DAI. Among the cultivars tested none was resistant to *M. javanica*. However the cultivars UFU Carajás and BRSGO Paraíso presented lower nematode development when compared to the cultivars P98Y70 and NS 7476. Nematode root penetration and development increased as the inoculum concentration increased.

*Key words:* root-knot nematode, inoculum concentration, strength, penetration.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de soja na safra 2011/12 teve um aumento de 41.600 mil toneladas em relação a safra 2004/05. Na safra 2012/13 o Brasil, como segundo maior produtor mundial, foi responsável por uma produção de 81.281 mil toneladas de soja (Agrianual, 2012; Conab, 2013). Ao processar os grãos de soja obtém-se o farelo e óleo bruto, além dos derivados como óleo degomado, margarinas e gorduras. Devido esta grande capacidade de produção de farelo e óleos, que são utilizados na alimentação humana e animal, faz com que a soja seja a cultura de maior expressão do agronegócio brasileiro (Costa, 2005). Contudo a produtividade da cultura pode ser ameaçada pelo ataque de pragas e doenças, dentre estas as causadas por nematoides.

Várias espécies de fitonematoides ocorrem em lavouras de soja no Brasil, porém atualmente somente cinco causam perdas generalizadas: *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Stekhoven, 1941, *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952), *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira 1940), *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 e *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Inomoto & Silva, 2011). Os nematoides formadores de galhas, gênero *Meloidogyne*, são parasitas obrigatórios e constituem o principal grupo de nematoides fitopatogênicos de importância econômica, pois suas espécies estão amplamente distribuídas e atacam quase todas as culturas, causando perdas consideráveis (Ferraz & Mendes, 1992).

Dentro do gênero *Meloidogyne* estão incluídas mais de 80 espécies, como *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. coffeicola*, *M. exigua* e *M. graminicola*, mas as principais espécies para a cultura da soja são *M. javanica* e *M. incognita* (Ferraz, 2001; Miranda et al., 2011). Entre as várias espécies de *Meloidogyne* a espécie de nematoide formador de galha mais comum no Brasil, na cultura da soja, é *Meloidogyne javanica*, que pode causar perdas de

10% a 40%, principalmente em regiões com ocorrência de solo com texturas arenosas ou médio-arenosa (solos com menos de 25% de argila) (Inomoto & Silva, 2011).

A cultura da soja quando atacada por *Meloidogyne* spp. apresenta como sintomas o crescimento lento e desigual entre as plantas, evidenciando muitas vezes o enfezamento de plantas na área central das reboleiras. Sintomas de desequilíbrios nutricionais são comuns, e na maioria das vezes expressos por clorose nas folhas, que pode variar de leve a intensa devido à baixa taxa de fotossíntese (Ferraz, 2001). Os sintomas mais característicos desses nematoides aparecem no sistema radicular, que devido a penetração ocorre uma desvitalização na ponta da raiz, que cessa o crescimento, podendo ocorrer formação excessiva de raízes laterais curtas, além da formação de galhas (Ferraz & Mendes, 1992). As galhas são engrossamentos radiculares de tamanhos variados, nas quais estão alojadas de uma a dezenas de fêmeas do nematoide (Inomoto & Silva, 2011). O tamanho da galha varia dependendo da espécie de *Meloidogyne*, da planta hospedeira e das condições de crescimento, e em alguns casos podem não ocorrer a formação de galhas, mesmo com infestação do nematoide (Ferraz & Mendes, 1992; Moura, 1997).

Nematoides do gênero *Meloidogyne* desenvolveram uma elaborada estratégia de parasitismo, na qual células das raízes da planta hospedeira são induzidas a se transformar em tecido nutridor diferenciado, capaz de prover-lhes o fornecimento regular dos nutrientes necessários ao total desenvolvimento e à plena reprodução. Este processo inicia-se após a penetração do juvenil de segundo estágio (J2), que começa a se alimentar e injetar, por meio do estilete, secreções esofagianas no citoplasma de um pequeno grupo de células, localizadas no cilindro vascular ou nas suas adjacências. Essas células evidenciam alterações morfológicas (hipertrofias) e fisiológicas, com citoplasma de aspecto denso, granuloso, associado a sucessivas divisões dos núcleos, não acompanhadas de divisões da própria célula, passando a ser chamadas de células gigantes ou nutridoras. Esses nematoides tornam-se sedentários, pois ocorre a desintegração das células musculares e um aumento rápido na largura do corpo (Ferraz & Mendes, 1992; Moura, 1996; Ferraz, 2001).

A resistência genética é um dos principais métodos de controle para os nematoides. Esta pode ser definida como algum fator ou vários fatores nas plantas que irão inibir a penetração, o desenvolvimento ou a reprodução deste patógeno. As células gigantes podem ser mal formadas e, com isto, o nematoide irá se desenvolver pouco ou lentamente, pois se alimentam dessas células e, assim, deixam de produzir ou produzem poucos ovos. A resistência pode, ainda, decorrer de fatores que estão presentes antes

mesmo da entrada do nematoide na raiz prejudicando, então, sua penetração (Moritz et al., 2008). Após a penetração do nematoide na raiz, os mecanismos de resistência podem atuar interrompendo o ciclo do nematoide (Carneiro et al., 2005). Um dos mecanismos de resistência pode ser o acúmulo de fitoalexina, que coincide com a reação de hipersensibilidade, funcionando como fitoalexinas nematostáticas, afetando drasticamente a função do nematoide impedindo o seu desenvolvimento (Faria et al., 2003).

A utilização de rotação de culturas ou monocultivo com cultivares resistentes ou tolerantes aos nematoides do gênero *Meloidogyne*, tem sido uma importante ferramenta para a redução dos prejuízos causados pelas meloidoginoses (Ferraz, 2001). Mas em alguns casos a resistência genética não é encontrada, está em nível baixo ou ocorre a quebra da resistência devido à grande variabilidade genética existente entre as populações do patógeno. Assim, torna-se uma busca constante a identificação de fontes de resistência aos nematoides formadores de galhas (Yorinori & Kiihl, 2001; Ferraz, 2006).

A densidade populacional inicial do nematoide pode interferir no desenvolvimento, com conseqüente redução no crescimento da soja. Rocha et al. (2008), ao avaliarem cultivares de soja, aos vinte dias após a inoculação com concentrações inóculo de *M. javanica* variando de 0 a 300 ovos/planta, observaram que a massa dos sistemas radiculares das plantas em quaisquer níveis de inóculo foram iguais, porém maiores que da testemunha não inoculada, o que pode ser atribuído aos baixos níveis de inóculo utilizados. Porém, Asmus & Ferraz (2001), ao utilizarem níveis crescentes de inóculo, variando de 1200 a 97200 ovos de *M. javanica*, observaram reduções na produção de grãos e massa seca total da parte aérea, mostrando assim que maiores níveis de inóculo afetam o desenvolvimento das plantas.

A seleção de cultivares de soja visando a resistência a meloidoginose vem de longa data (Dall'Agnol & Antônio, 1983). Embora existam diversas cultivares resistentes à *M. incognita*, dentre as inúmeras recomendadas para a região central do Brasil (Embrapa, 2011), poucas são descritas como resistentes a *M. javanica* e várias não têm sua reação a este nematoide conhecida. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade reprodutiva de *M. javanica* em cultivares de soja indicadas para plantio na região central do Brasil, que ainda não têm reação de resistência ou suscetibilidade descritas. E ainda avaliar a penetração e desenvolvimento deste nematoide em cultivares de soja submetidas a diferentes pressões de inóculo.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

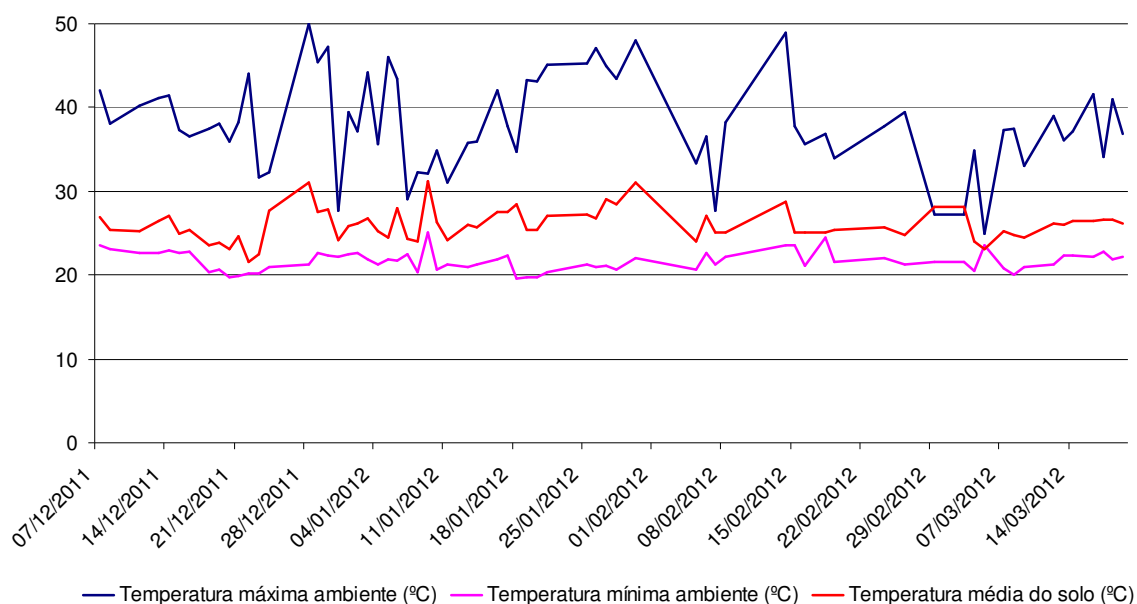
Foram conduzidos três experimentos sob condições de casa de vegetação localizada nas coordenadas geográficas 16°35'47" S e 49°16'47" O a 728 m de altitude. Dois experimentos, em datas diferentes, objetivaram avaliar a reação de 29 cultivares de soja a *Meloidogyne javanica* e, o terceiro experimento objetivou avaliar a penetração e desenvolvimento de *M. javanica* em quatro cultivares de soja inoculadas com quatro diferentes concentrações de inóculo. Os dois primeiros experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. O terceiro experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (cultivares x concentrações de inóculo), com doze repetições.

### **- Reação de cultivares de soja a *M. javanica*:**

Foram analisadas 26 cultivares de soja para as quais não há reação de resistência ou suscetibilidade descrita por Embrapa (2011) ou disponíveis no sitio eletrônico das empresas detentoras do registro das cultivares. Além destas, foi utilizada uma cultivar descrita como moderadamente resistente (BRSGO Paraíso) e duas cultivares suscetíveis (BRSGO Raíssa e BRSGO Santa Cruz) como padrões para comparação.

Foram semeadas quatro sementes de cada cultivar, em copos plásticos com capacidade para 400 mL no dia 7 de dezembro de 2011 (primeiro experimento) e 9 de janeiro de 2012 (segundo experimento). Utilizou-se substrato contendo mistura de solo e areia em uma proporção de 1:1, previamente esterilizado por autoclavagem, por 20 minutos com temperatura de 120°C. Após doze dias, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por parcela (copo plástico), que foi inoculada com uma suspensão aquosa contendo 2000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *M. javanica*. O inóculo foi cedido pela Universidade Federal de Viçosa e multiplicado em tomate 'Santa Cruz'.

Durante o período de condução do experimento as plantas foram regadas diariamente, mantendo-se o nível adequado de umidade no solo para o crescimento das plantas. Além disso, foram tomadas as temperaturas máximas e mínimas do ambiente (Figura 4.1).



**Figura 4.1.** Temperatura média do solo, temperaturas máximas e mínimas do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos. Goiânia, 2012.

Após sessenta dias as plantas foram retiradas dos vasos e realizada a separação das raízes que, após lavadas, foram pesadas em balança digital. Em seguida, utilizou-se a técnica de Coolen & D'Herde (1972) para extração dos nematoides das raízes, que foram então quantificados utilizando microscópio óptico (aumento 100x) com auxílio de uma câmara de Peters. Os nematoides foram preservados em solução de Golden X, conforme Hooper (1970).

Após a quantificação dos nematoides, foi obtido o fator de reprodução (FR) pela divisão da população final (Pf) pela população inicial (Pi), conforme descrito por Oostenbrink (1966). Foi utilizado o critério de Moura & Régis (1987) para classificar o comportamento de cada cultivar. Nesta classificação a cultivar que apresentar o maior fator de reprodução é utilizada como padrão de suscetibilidade. Então, esta é comparada com cada uma das demais cultivares, calculando-se o percentual de redução do fator de reprodução. Cada cultivar é classificada em: altamente suscetível, suscetível, pouco resistente, moderadamente resistente, resistente ou altamente resistente (Tabela 4.1).

Os dados de densidade populacional (ovos e J2/10 g de raiz) foram transformados em  $\sqrt{x}$  para a realização da análise de variância para o primeiro e segundo experimento individualmente. Logo após realizou-se o teste de Hartley (Ramalho et al., 2000), para verificar a homogeneidade de variância entre os experimentos. Ocorrendo

homogeneidade pode-se realizar a análise conjunta dos experimentos. As médias dos experimentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.1.** Classificação da cultivar, segundo o percentual de redução do índice de inibição do nematóide.

% de redução do índice de inibição	Classificação da cultivar
0 – 25	Altamente suscetível (AS)
26 – 50	Suscetível (S)
51 – 75	Pouco resistente (PR)
76 – 95	Moderadamente resistente (MR)
96 – 99	Resistente (R)
100	Altamente resistente (AR)

Fonte: Moura & Régis (1987).

**- Penetração e desenvolvimento de *M. javanica* em cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo:**

Para a realização deste experimento foram selecionadas quatro cultivares de soja, sendo a cultivar BRSGO Paraíso utilizada como padrão por ter sua reação a *M. javanica* já descrita como moderadamente resistente (Embrapa, 2011). As demais cultivares não apresentam reação descrita.

As sementes das cultivares selecionadas foram semeadas (quatro por vaso) no dia 12 de julho de 2012, em copos plásticos de 400 mL, contendo substrato na proporção de 1:1 de solo e areia, previamente esterilizado por autoclavagem. Após treze dias foi feito o desbaste, permanecendo apenas uma planta por parcela, sendo em seguida, inoculadas com uma suspensão de ovos e J2 de *M. javanica*, de acordo com o tratamento (300, 600, 1200 e 2400 ovos de *M. javanica*/planta). A suspensão foi depositada em orifício próximo a base do caule de cada planta com o auxílio de uma pipeta.

Dez dias após a inoculação foram retiradas seis repetições para avaliação da penetração dos nematoides. Após a determinação da massa fresca de raízes, utilizou-se a técnica descrita por Byrd et al. (1983) para coloração das raízes com fucsina ácida. Esta técnica consiste em lavar as raízes e após, cortá-las em fragmentos de 1 cm a 2 cm, os quais foram expostos a uma solução de 1,5% de NaOCl durante 4 minutos. Após este tempo os fragmentos foram lavados em água corrente durante 45 segundos e deixados de molho em água de torneira por 15 minutos para que ocorra a remoção do excesso de NaOCl. Após retirar o excesso de água, foi então adicionado, em 30 mL de água, 1 mL da solução estoque de fucsina ácida, que foi previamente preparada diluindo-se 3,5 g de

fucsina ácida em 250 mL de ácido acético (99,7%) e 750 mL de água destilada. Em seguida os fragmentos imersos na solução foram levados a fervura por 2 minutos no forno de microondas em potência máxima. A solução contendo os fragmentos de raízes foram então deixados resfriar à temperatura ambiente, e, em seguida, retirou-se o excesso de corante com lavagem dos fragmentos radiculares, que foram colocados em 30 mL de glicerina acidificada com uma gota de ácido clorídrico e levados novamente à fervura por 2 minutos e resfriados à temperatura ambiente. Após o resfriamento as amostras foram levadas ao microscópio estereoscópico para quantificação dos nematoides nas raízes coloridas e identificação do estágio de desenvolvimento do nematoide no interior do tecido vegetal.

Aos 45 dias após a inoculação as plantas das seis repetições restantes foram retiradas dos vasos e levadas ao laboratório para separação e lavagem das raízes. Foi então obtida a massa fresca das raízes que, em seguida foram processadas utilizando a técnica de Coolem & D'Herde (1972) para extração dos nematoides do interior do tecido vegetal, quantificando o número de ovos e J2 por sistema radicular. Com estes dados da população final foi determinado o fator de reprodução (FR) por meio da razão entre a população final (Pf) e a população inicial (Pi), de acordo com Oostenbrink (1966). Com as médias do FR foi realizada a classificação de Moura & Régis (1987).

Os dados foram transformados em  $\sqrt{(x + 0,5)}$  para a realização das análises estatísticas, sendo realizadas as análises de variância. Quando observadas diferenças significativas entre as cultivares aplicou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Quando houve diferença significativa entre as concentrações de inóculo foi feita análise de regressão. Para a realização das análises utilizou-se o aplicativo estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### **- Reação de cultivares de soja a *M. javanica*:**

O teste de Hartley (Ramalho et al., 2000) mostrou diferenças significativas entre as variâncias dos experimentos, indicando que não ocorrem homogeneidade de variâncias entre os experimentos, como apresentado no resumo das análises de variância (Tabela 4.2) e a indicação da possibilidade dos experimentos serem analisados separadamente.

**Tabela 4.2.** Resumo das análises de variância, apresentando o quadrado médio (QM) de Cultivares e resíduo da quantidade de ovos e J2/10 g de raiz (densidade populacional) e fator de reprodução, obtida das cultivares de soja inoculadas com *Meloidogyne javanica*. Goiânia, 2012.

Fonte de variação	Graus de liberdade	QM de Ovos e J2/10 g de raiz		QM do Fator de reprodução	
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2
Cultivares	28	24.810,98**	7.338,67**	74,12**	15,86**
Resíduo	145	3.410,14	1.898	25,86	6,97
Média	-	92.809,65	48.146,53	8,94	4,37
CV (%)	-	19,92	20,46	56,89	60,30

\*\* Diferença significativa ( $P < 0,05$ ).

Ao analisar a densidade populacional do nematoide, nota-se que ocorreram altos valores nos dois experimentos o que resultou em FR bastante elevados (Tabela 4.3). No primeiro experimento as densidades populacionais foram bem mais altas e, no teste de médias, as cultivares foram separadas em quatro grupos. No segundo experimento houve a separação de dois grupos.

Nos dois experimentos todos os fatores de reprodução foram maiores ou igual a um ( $FR \geq 1,0$ ), e segundo o critério de Oostenbrink (1966) são classificadas como suscetíveis. Porém, nota-se que ocorreram diferenças entre os fatores de reprodução, no primeiro experimento ocorreu a formação de três grupos, sendo as cultivares CD 237 RR, BRSGO 8860 RR e BRSGO Graciosa as mais suscetíveis. No segundo experimento formaram-se apenas dois grupos de médias dos fatores de reprodução (Tabela 4.3).

Ao utilizar o critério de Moura & Régis (1987), nenhuma cultivar foi classificada como resistente ou altamente resistente (Tabela 4.3). Observa-se que no primeiro e segundo experimentos as cultivares BRSGO Paraíso e BRSGO Raissa, que são classificadas como moderadamente resistente e suscetível a *M. javanica*, respectivamente, por Embrapa (2011), comportaram-se como pouco resistentes segundo o critério de Moura & Régis (1987). A cultivar BRSGO Santa Cruz, outro padrão de suscetibilidade, foi classificada como suscetível nos dois experimentos corroborando a classificação de Embrapa (2011).

Como o critério de Moura & Régis (1987) utiliza a cultivar que apresentou o mais alto fator de reprodução do nematoide como padrão de suscetibilidade, nota-se que no primeiro experimento o padrão de suscetibilidade foi a cultivar BRSGO Graciosa e no segundo experimento o padrão de suscetibilidade foi a cultivar NA 7255 RR.



**Tabela 4.3.** Densidade populacional (ovos e J2/10 g de raiz), fator de reprodução e classificação de cultivares de soja inoculadas com *Meloidogyne javanica*. Goiânia, 2012.

Cultivar	Experimento 1 <sup>1</sup>				Experimento 2 <sup>1</sup>			
	Dens. Populac.*	Fator de reprodução	% redução	Classificação <sup>2</sup>	Dens. Populac.*	Fator de reprodução	% redução	Classificação <sup>2</sup>
P98N82	39.858 a	3,91 a	77	MR	54.097 b	3,35 a	57	PR
BRSO Paraíso (MR) <sup>2</sup>	42.013 a	4,73 a	72	PR	33.595 a	3,79 a	52	PR
TMG 1179 RR	46.370 a	4,01 a	76	MR	62.713 b	7,15 b	9	AS
BRSO Raissa (S) <sup>2</sup>	52.855 a	6,88 a	59	PR	44.994 b	2,29 a	71	PR
UFU Carajás	57.111 a	7,58 a	55	PR	26.698 a	3,75 a	52	PR
TMG 1288 RR	57.849 a	5,35 a	68	PR	24.530 a	1,71 a	78	MR
BRS 206	57.896 a	7,97 a	52	PR	44.053 b	4,73 b	40	S
NA 7620 RR	59.870 a	4,93 a	71	PR	36.366 a	3,74 a	52	PR
NS 8270	59.984 a	6,78 a	60	PR	17.004 a	1,00 a	87	MR
UFU Guarani	60.692 a	7,66 a	54	PR	75.370 b	6,58 b	16	AS
UFU Xavante	70.828 b	5,63 a	66	PR	47.820 b	5,57 b	29	S
P98Y70	74.843 b	4,77 a	72	PR	74.748 b	5,12 b	35	S
BRSO Santa Cruz (S) <sup>2</sup>	81.267 b	9,12 b	46	S	49.391 b	4,66 b	41	S
AN 8500	84.891 b	6,23 a	63	PR	52.745 b	5,19 b	34	S
UFUS Riqueza	84.960 b	8,20 a	51	PR	61.244 b	6,66 b	15	AS
NS 7490 RR	86.962 b	10,07 b	40	S	52.783 b	5,50 b	30	S
NS 7476	90.857 b	9,48 b	43	S	47.802 b	4,68 b	40	S
UFU Milionária	99.453 c	10,98 b	34	S	46.703 b	4,48 b	43	S
AN 8843	101.214 c	10,57 b	37	S	43.650 b	5,00 b	36	S
P98Y51	101.991 c	9,84 b	41	S	55.296 b	3,91 a	50	S
NA 7255 RR	108.633 c	9,66 b	42	S	64.547 b	7,84 b	Padrão	AS
UFUS Impacta	115.205 c	12,21 b	27	S	48.700 b	5,78 b	26	S
NA 8015 RR	126.191 c	12,30 b	27	S	43.682 b	2,64 a	66	PR
BRSO 8860 RR	138.008 d	16,19 c	3	AS	32.935 a	2,20 a	72	PR
NA 7337 RR	143.154 d	10,50 b	37	S	58.202 b	4,69 b	40	S
TMG 1181 RR	144.705 d	12,03 b	28	S	45.832 b	3,09 a	61	PR
CD 237 RR	157.043 d	15,48 c	8	AS	26.652 a	2,69 a	66	PR
A 7002	160.200 d	9,34 b	44	S	60.987 b	4,39 b	44	S
BRSO Graciosa	186.580 d	16,75 c	Padrão	AS	63.113 b	4,72 b	40	S
Média	92.809	8,94	-	-	48.146	4,47	-	-
CV (%)	19,92	56,89	-	-	20,46	60,30	-	-

<sup>1</sup> - Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Scott & Knott, 5% de probabilidade); <sup>2</sup> - Classificação proposta por Moura & Régis (1987). Onde AS= Altamente suscetível, S= Suscetível, PR= Pouco resistente. MR= Moderadamente resistente; <sup>3</sup> - Classificação descrita por Embrapa (2011), onde MR= Moderadamente Resistente, S= Suscetível; \* - Valores transformados em  $\sqrt{x}$  para realização da análise estatística.

No primeiro experimento observa-se que quatorze cultivares foram classificadas como pouco resistentes ou moderadamente resistentes, enquanto que as quinze demais cultivares, foram classificadas como suscetíveis ou altamente suscetíveis. As cultivares BRSGO Graciosa, BRSGO 8860 RR e CD 237 RR apresentaram os maiores fatores de reprodução, sendo classificadas como altamente suscetíveis, enquanto que as cultivares TMG 1179 RR e P98N82, por apresentarem as maiores taxas de redução do FR, foram as únicas classificadas como moderadamente resistente.

No segundo experimento observa-se que dezoito cultivares foram classificadas como suscetíveis ou altamente suscetíveis e nove cultivares foram classificadas como pouco resistentes. Apenas as cultivares TMG 1288 RR e NS 8270 foram classificadas como moderadamente resistentes, por apresentarem redução no FR variando de 76% a 95%, em relação ao padrão altamente suscetível (NA 7255 RR) segundo o critério de Moura & Régis (1987).

Com base nos resultados obtidos não pode afirmar se há resistência a *M. javanica* entre as cultivares testadas, já que os melhores resultados, segundo critério de Moura & Régis (1987) foram para duas cultivares no primeiro e duas cultivares no segundo, que tiveram comportamento de moderadamente resistentes e, ainda assim, as cultivares não coincidiram nos dois experimentos. No entanto, é possível recomendar que em áreas infestadas sejam preferidas as cultivares que apresentaram os menores FR e sugere-se que novos estudos sejam realizados visando identificação de cultivares de soja resistentes a *M. javanica*.

A variação da agressividade do isolado é um fator que pode resultar em diferenças nos resultados das classificações das reações, como ocorrido em Tihohod & Ferraz (1986), que ao inocular cultivares de soja com dois isolados diferentes de *M. javanica*, observaram diferenças nas respostas dessas cultivares. No presente estudo não se pode dizer que isto tenha ocorrido, pois o inóculo foi obtido de uma mesma fonte e multiplicado uniformemente tendo o tomate 'Santa Cruz' como planta multiplicadora.

De acordo com Mendes & Rodriguez (2000), a utilização de metodologias diferentes adotadas no momento da classificação da reação também podem gerar resultados contrários aos encontrados na literatura. Pode-se perceber esta diferença em Dias et al. (2010), que ao utilizar a classificação de Canto-Saénz, proposta por Sasser et al. (1984), classificou a cultivar de soja BRSGO Paraíso como tolerante a *M. enterolobii* apresentando um fator de reprodução de 6,5. Se utilizasse a classificação de Oostenbrink

(1966) esta cultivar seria classificada como suscetível por apresentar fator de reprodução maior que um. No presente experimento, se for considerado o critério de Oostenbrink (1966), todas as cultivares são consideradas suscetíveis, enquanto que ao utilizarmos o critério de Moura & Régis (1987) houve separação entre moderadamente resistente, pouco resistente, suscetível e altamente suscetível. De qualquer forma não se identificou cultivar que tenha se destacado comportando-se como resistente ou apresentando porcentagem de redução do FR acima de 90%.

**- Penetração e desenvolvimento de *M. javanica* em cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo:**

Na avaliação realizada aos dez dias após a inoculação foi possível observar a presença de juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) estágio no interior das raízes e foram observadas diferenças significativas entre as cultivares ( $P < 0,05$ ). As análises de variância revelaram que não houve interação significativa entre cultivares e concentrações de inóculo para estes dois fatores ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4.4).

A penetração de J2 foi menor nas raízes das cultivares UFU Carajás e NS 7476, que diferiram significativamente da cultivar P98Y70 ( $P < 0,05$ ). Esta última se igualou à cultivar BRSGO Paraíso, que foi utilizada como padrão para comparação, embora seu comportamento seja de moderadamente resistente (Tabela 4.4). A quantidade de J2/sistema radicular observado vai em direção contrária ao descrito por Herman et al. (1991) e Moura et al. (1993), que ao avaliarem cultivar de soja resistente (Forrest) a *M. incognita*, observaram baixos valores até o 16º DAI, e atribuíram este fato a taxa de emigração para o substrato após o quinto dia da inoculação, enquanto que a cultivar suscetível (Bossier) a penetração de J2 tiveram aumentos significativos.

Com relação à quantidade de J3 encontrada no interior das raízes observou-se que UFU Carajás e BRSGO Paraíso apresentaram os menores valores ( $P < 0,05$ ). A redução do desenvolvimento em J3 nas raízes destas cultivares, em comparação com a P98Y70 e NS 7476, pode ser devido à atuação dos mecanismos de resistências, pois segundo Moura et al. (1993), ao avaliarem cultivares de soja resistentes, dez dias DAI com *M. incognita*, notaram que as células das raízes estavam desorganizadas e necróticas, e não ocorriam a formação dos sítios de alimentação.

**Tabela 4.4.** Juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) por sistema radicular de quatro cultivares de soja inoculadas com diferentes concentrações de inóculo de *Meloidogyne javanica*, aos dez dias após a inoculação. Goiânia, 2012.

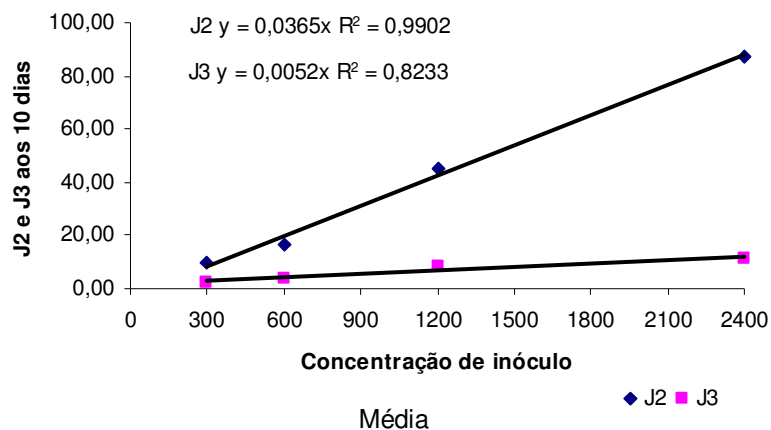
Cultivar	Concentração de inóculo <sup>1</sup>				Média	
	300	600	1200	2400		
J2 <sup>1</sup>						
UFU Carajás	7,33	5,83	29,16	58,66	25,25	a <sup>2</sup>
BRSGO Paraíso	8,66	20,66	61,50	110,16	50,25	bc
P98Y70	16,00	26,16	57,33	105,66	51,29	c
NS7476	7,33	14,83	32,00	76,50	32,66	ab
Média	9,83	16,87	45,00	87,50	-	-
CV (%)	33,74					
J3 <sup>1</sup>						
UFU Carajás	1,00	1,33	5,83	7,83	4,00	a
BRSGO Paraíso	1,33	1,00	4,66	4,66	2,91	a
P98Y70	3,50	9,00	14,66	19,16	11,58	b
NS7476	2,66	4,83	9,33	12,50	7,33	b
Média	2,12	4,04	8,62	11,04	-	-
CV (%)	40,33					

<sup>1</sup>- Dados transformados em  $\sqrt{(x + 0,5)}$  para análise estatística; <sup>2</sup>- Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey, 5% de probabilidade).

O aumento da concentração de inóculo exerceu efeito linear crescente sobre o número de J2 e J3 encontrados no interior das raízes (Figura 4.2). A quantidade de J2 foi maior que a de J3 em todas as concentrações utilizadas. Na concentração de 300 ovos observa-se a presença de 9,83 J2/sistema radicular e 2,12 J3/sistema radicular, e com o aumento nas concentrações de inóculo as quantidades de J2 e J3/sistema radicular passaram para 87,50 e 11,04, respectivamente, na concentração de 2400 ovos iniciais (Tabela 4.4). Rocha et al. (2008), ao avaliarem a quantidade de J2 de *M. javanica* que haviam penetrado na cultivar Embrapa 20 (Doko RC), quatro dias após a inoculação, também observaram quantidade crescente de J2/sistema radicular com o aumento das concentrações de inóculo variando de 0 a 300 ovos.

Observa-se na cultivar BRSGO Paraíso que é considerada moderadamente resistente a *M. javanica* (Embrapa, 2011) um dos mais altos valores de J2/sistema radicular, porém, ao analisarmos a quantidade de J3/sistema radicular nota-se o menor valor entre as cultivares (Tabela 4.4). De acordo com Carneiro et al. (2005), esta redução pode ser devido algum mecanismo de resistência que atua após a penetração do nematoide, interrompendo o ciclo de desenvolvimento. Faria et al. (2003) observaram que em plantas resistentes o acúmulo de fitoalexina coincide com a reação de hipersensibilidade. Desta

maneira as fitoalexinas atuam como nematostáticas, afetando drasticamente a função do nematoide, impedindo o seu desenvolvimento.



**Figura 4.2.** Análise de regressão da variável J2 e J3/sistema radicular, 10 dias após a inoculação com diferentes concentrações de *Meloidogyne javanica* nas quatro cultivares avaliadas. Goiânia, 2012.

Na avaliação da densidade populacional final de *M. javanica* houve interação significativa entre as cultivares e concentrações de inóculo (Tabela 4.5). Na menor concentração de inóculo não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as cultivares (Tabela 4.5), mas, a partir da concentração de inóculo de 600 ovos e J2/planta, começa-se a observar menor densidade populacional nas cultivares UFU Carajás e BRSGO Paraíso, o que se confirma com diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre estas duas cultivares e as demais, na maior concentração de 2400 ovos/planta.

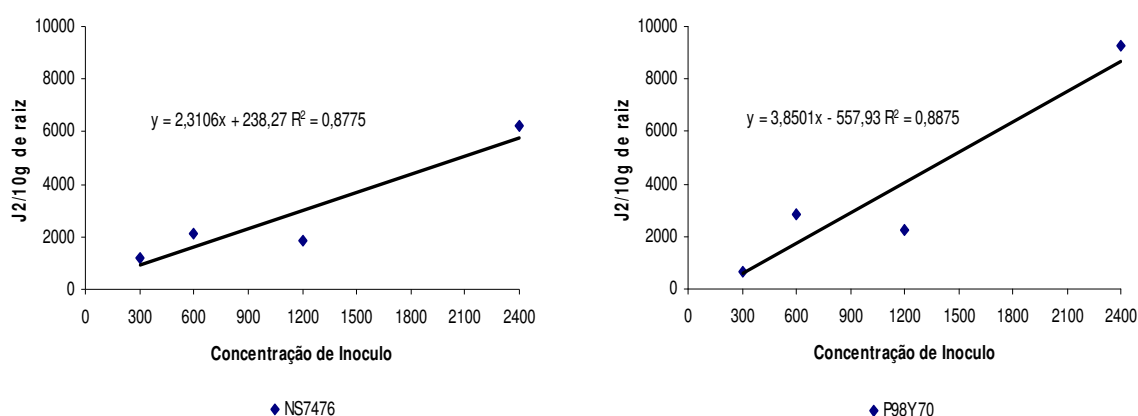
**Tabela 4.5.** Densidade populacional (ovos e J2/10 g de raiz) de *Meloidogyne javanica* nas raízes de quatro cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo de *M. javanica*, aos 45 dias após a inoculação. Goiânia, 2012.

Cultivar	Concentração de inóculo <sup>1</sup>				Média
	300	600	1200	2400	
UFU Carajás	283,16 a <sup>2</sup>	287,83 a	528,33 a	1383,50 a	620,70
BRSGO Paraíso	328,66 a	701,00 ab	704,83 ab	2031,50 a	941,50
P98Y70	666,83 a	2869,83 c	2263,66 b	9293,50 b	3773,45
NS7476	1164,00 a	2146,00 bc	1822,00 ab	6218,83 b	2837,50
Média	610,66	1501,16	1329,70	4731,83	-
CV (%)	43,85				

<sup>1</sup>- Os dados foram transformados em  $\sqrt{(x + 0,5)}$  para análise estatística; <sup>2</sup>- Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey, 5% de probabilidade).

Apesar de ter havido penetração de J2 nas raízes, sem apresentar grandes diferenças entre as cultivares, o número de J3 foi menor nas cultivares UFU Carajás e BRSGO Paraíso (Tabela 4.4). O mesmo comportamento foi observado na avaliação da população final (Tabela 4.5) indicando que estas duas cultivares possam ter algum nível de resistência.

As cultivares P98Y70 e NS 7476 tiveram comportamento de maior suscetibilidade por apresentarem maior número de J3 nas raízes (Tabela 4.4) e maior densidade populacional final (Tabela 4.5). Além disto, estas duas cultivares apresentaram aumento linear da densidade populacional de *M. javanica* nas raízes, à medida que foram aumentadas as concentrações de inóculo (Figura 4.3). A concentração inicial de inóculo influencia a densidade populacional final do nematoide, pois populações em baixos níveis iniciais crescem exponencialmente por um pequeno período de tempo, mas, devido à competição por alimento ou outra limitação imposta pelo ambiente, passa a apresentar taxas cada vez menores de crescimento. Isto pode ser observado em Rocha et al. (2008), utilizando concentrações de inóculo variando de 0 a 300 J2/planta de *M. javanica* observaram que os valores de J2 e de fêmeas de *M. javanica* dentro da raiz foram proporcionais aos inóculos iniciais. Porém, Asmus & Ferraz (2001), ao utilizarem concentrações elevadas de inóculo, variando de 0 a 97200 J2/planta observaram que ocorreram reduções na quantidade de ovos de *M. javanica*/grama de raiz nas concentrações de inóculo acima de 3600 J2/planta nas avaliações.



**Figura 4.3.** Análise de regressão da variável ovos e J2/10 g de raiz aos 45 dias após a inoculação com diferentes concentrações de *Meloidogyne javanica* nas cultivares NS 7476 e P98Y70. Goiânia, 2012.

#### 4.4 CONCLUSÃO

Não há cultivares de soja, entre as testadas, que apresentem comportamento de resistência.

As 29 cultivares de soja testadas apresentam FR maior que 1,0 mas, aproximadamente metade destas cultivares foram classificadas como pouco resistente ou moderadamente resistente.

As cultivares UFU Carajás e BRSGO Paraíso apresentam menor desenvolvimento de *M. javanica* nas raízes em comparação com P98Y70 e NS 7476.

À medida que aumenta a pressão de inóculo aumenta a penetração e desenvolvimento de *M. javanica* nas raízes da soja.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na avaliação da reação de cultivares de soja a *M. incognita* raça 3, mostraram que, com base no fator de reprodução (Oostenbrink, 1966) apenas as cultivares BRSGO Santa Cruz, TMG 1288 RR e NA 7337 RR no segundo experimento foram suscetíveis ao nematoide, pois apresentaram  $FR > 1$ . As demais cultivares foram consideradas resistentes. Com base na classificação de Moura & Régis (1987), as cultivares formaram grupos de altamente suscetíveis, suscetíveis, pouco resistentes, moderadamente resistentes e apenas a cultivar BRSGO 8860 RR no primeiro experimento foi considerada altamente resistente. Quando se inoculou as plantas com *M. javanica* observou-se que os fatores de reprodução foram bastante elevados, e apenas a cultivar NS 8270 no segundo experimento apresentou fator de reprodução igual a um. Ao utilizar a classificação de Moura & Régis (1987), nenhuma cultivar foi considerada altamente resistente ou resistente, ocorrendo a classificação apenas em altamente suscetíveis, suscetíveis, pouco resistentes e moderadamente resistentes.

É importante observar em experimentos visando avaliar a reação de genótipos de plantas cultivadas a nematoides que além de se observar uma metodologia padronizada, o critério de Oostenbrink (1966) é o mais simples por considerar resistentes todos os genótipos que apresentarem  $FR < 1,0$  e suscetíveis os que apresentarem  $FR \geq 1,0$ . Isto parte do pressuposto que as cultivares que apresentam  $FR \geq 1,0$  irão propiciar um aumento populacional do nematoide. No entanto, embora este critério seja bastante lógico e confiável, deve-se observar o conjunto de dados que se tem pois, conforme foi observado no presente estudo, no teste para avaliação de genótipos de soja a *M. incognita*, todas as cultivares apresentaram  $FR < 1,0$  e no teste para reação dos genótipos a *M. javanica*, todos apresentaram  $FR \geq 1,0$ . Assim, o uso do critério de Moura & Régis (1987) permitiu discriminar as cultivares testadas, mas é importante que se tenha padrões conhecidos de resistência e suscetibilidade para validar estes resultados, pois segundo este critério sempre vai haver um genótipo que será considerado como altamente suscetível, mesmo que o FR seja bem baixo.



Em geral, há aumento na penetração e desenvolvimento de nematoides nas raízes das plantas à medida que se aumenta a concentração de inóculo até um limite. No presente estudo as concentrações mais altas utilizadas foram de 2400 e 4000 ovos e J2/planta, que são concentrações recomendadas para estudos com *Meloidogyne*. Portanto nestas concentrações é que se observou discriminação entre as cultivares e apresentação do comportamento esperado pelas cultivares cuja reação é conhecida. Com estes testes esperava-se saber se cultivares com reação conhecida de resistência se manteriam resistentes sob alta pressão de inóculo, o que não foi possível avaliar. Portanto sugere-se que estudos visando avaliar a reação de cultivares a *Meloidogyne* sp. sejam continuados e que com a identificação de genótipos resistentes estes sejam testados sob pressão de inóculo mais elevadas que as utilizadas neste estudos buscando obter informações de como seria seu comportamento em áreas altamente infestadas por estes nematoides.

Quanto à avaliação da penetração dos nematoides nas raízes das plantas concluiu-se que não é um bom parâmetro para discriminar a reação das cultivares aos nematoides pois em muitos casos a resistência se manifesta após a penetração dos juvenis nas raízes. Por outro lado é considerado um parâmetro para verificar se o mecanismo de resistência atua antes ou após a penetração do nematoide.

## 6 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP Consultoria & AgroInformativos, 2012, p. 415-450.

ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p. 39-62.

ASMUS, G. L.; ANDRADE, P. J. M. Reação de cultivares de soja recomendadas para o Estado de Mato Grosso do Sul a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Pelotas, v. 20, n. 2, p. 74-79, 1996.

ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. Relações entre a densidade populacional de *Meloidogyne javanica* e a área foliar, a fotossíntese e os danos causados a variedades de soja. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 1-13, 2001.

BALARDIN, R. S. **Doenças da Soja**. Santa Maria: UFSM, 2002, 107 p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1998. 453 p.

BOERMA, H. R.; HUSSEY, R. S. Breeding plants for resistance to nematodes. **Journal of Nematology**, Lakeland, n. 24, p. 242-252. 1992.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas**: princípios e procedimentos. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

BYRD, D. W.; KIRKPATRICK, T.; BARKER, K. R. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 15, n. 1, p. 142- 143, 1983.

CAMPOS, V. P. Danos e prejuízos causados por fitonematoides. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 14-15. 1992.

CARNEIRO, R. M. D. G.; NEVES, D. I.; FALCÃO, R.; PAES, N. S.; CIA, E.; SÁ, M. F. G. Resistência de genótipos de algodoeiro a *Meloidogyne incognita* raça 3: reprodução e histopatologia. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 1-10, 2005.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento**. Brasília: Conab, 2013. 30 p.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972, 77 p.

COSTA, N. L. **Complexo soja**: sua importância para o agronegócio, a balança comercial e a economia brasileira. 2005. 95 f. Monografia (Especialização em Comércio Exterior)-Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, 2005.

DALL'AGNOL, A.; ANTÔNIO, H. Grau de suscetibilidade de genótipos de soja aos nematóides *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 7, p. 15-89, 1983.

DALL'AGNOL, A.; ANTÔNIO, H.; BARRETO, J. N. Reação de 850 genótipos de soja aos nematoides das galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 8, p. 67-112, 1984.

DIAS, W. P.; FREITAS, V. M.; RIBEIRO, N. R.; MOITA, A. W.; HOMECHIN, M.; PARPINELLI, N. M. B.; CARNEIRO, M. D. G. Reação de genótipos de soja *Meloidogyne enterolobii* e *Meloidogyne ethiopica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, n. 4, p. 220-225, 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p.

FARIA, C. M. D. R.; SALGADO, S. M. L.; CAMPOS, H. D.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P.; COIMBRA, J. L. Mecanismos de ataque e defesa na interação nematóide-planta. In.: FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo: RAPP, 2003, v. 11, cap. 11, p. 373-410.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* – os nematóides das lesões radiculares. In.: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: RAPP, 1999, v. 7, cap. 4, p. 157-195.

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

FERRAZ, L. C. C. B. O nematóide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 96, p. 23-27, 2006.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematóides**. Viçosa: UFG, 2010. 306 p.

FERRAZ, S.; MENDES, M. L. O nematóide das galhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 37-42, 1992.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011.

- FERREIRA, L. P.; LEHMAN, P. S.; ALMEIDA, A. M. R. Moléstias e seu controle. In: MIYASAKA, S.; MEDINA J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: IAC-ITAL, 1981. p. 603-627.
- FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D' A. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: UFV, 2001, 84 p.
- HARTMAN, K. M.; SASSER, J. N. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perienal pattern morphology. In: CARTER, C. C.; SASSER, J. N. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne - methodology**. Raleigh: North Carolina State University Graphics. 1985. p. 69-77.
- HASSE, G. **O Brasil da soja: abrindo fronteiras, semeando cidades**. Porto Alegre: L&PM, 1996. 256 p.
- HERMAN, M.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Penetration and development of *Meloidogyne incognita* on roots of resistant soybean genotype. **Journal of Nematology**, Lake Alfred, v. 23, n. 2, p.155-161, 1991.
- HOOPER, D. J. Handling, fixing, staining and mouting nematodes. In: SOUTHEY, J. F. (Ed.) **Laboratory methods with nematodes**. London: Commonwealth Agricultural, Bureaux, 1970. p. 5-30.
- HYMOWITZ, T. Soybeans: the success story. In: JANICK, J.; SIMON, J. (Ed.). **Advances in new crops**. Portland: Timber, 1990. p. 159-163.
- IGREJA, A. C. M., PACKER, M. F.; ROCHA, M. B. **A evolução da soja no Estado de Goiás e seu impacto na composição agrícola**. São Paulo: IEA, 1988. 20 p.
- INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A. Importância dos nematóides da soja e influência da sucessão de cultura. **Boletim de Pesquisa da soja 2011**, Rondonópolis, n. 15, p. 392-399, 2011.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, 663 p.
- LANGE, C. E. Soja. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p. 779-802.
- LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1992. 314 p.
- MOURA, R. M. O Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte I. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: RAPP, 1996. v. 4, cap. 6, p. 209-244.

MENDES, M. L.; CAMILO, O. C.; VICENTE, F. R.; RODRIGUEZ, P. B. N. Reação de genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] a *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 89-93, 2001.

MENDES, M. L.; RODRIGUEZ, P. B. N. Reação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] aos nematóides de galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 211-217, 2000.

MIRANDA, D. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. Nematóides – um desafio constante. **Boletim de Pesquisa da Soja 2011**, Rondonópolis, n. 15, p. 400-414, 2011.

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

MOURA, R. M. O Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte II. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: RAPP, 1997. v. 5, cap. 8, p. 281-315.

MORALES, A. M. R.; LEMOS, E. G. M.; WENDLAND, A.; FUGANTI, R.; ALVES, L. C.; MARIN, S. R.; BENEVENTI, M. A.; SILVA, J. F. V.; ARIAS, C. A. A.; DIAS, W. P.; ABDELNOOR, R. V.; NEPOMUCENO, A. L. Análise em soja da expressão de genes envolvidos na resistência à *Meloidogyne javanica*, através da técnica de PCR em tempo real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p 47-48.

MORITZ, M. P.; CARNEIRO, R. G.; SANTIAGO, D. C.; NAKAMURA, K. C.; PIGNONI, E.; GOMES, J. C. Estudo comparativo da penetração e reprodução de *Meloidogyne paranaensis* em raízes de cultivares de soja resistente e suscetível. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 33-40. 2008.

MOURA, R. M.; DAVIS, E. L.; LUZZI, B. M.; BOERMA, H. R.; HUSSEY, R. S. Post-infectious development of *Meloidogyne incognita* on susceptible and resistant soybean genotypes. **Nematropica**, Florida, v. 23, n. 1, p. 7-13, 1993. p. 73-86.

MOURA, R. M.; RÉGIS, E. M. O. Reação de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, n. 1, p. 215-225, 1987.

OOSTENBRINK, M. Major characteristic of relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhogeschool**, Wageningen, v. 66, n. 4, p.1-46, 1966.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

ROCHA, F. S.; PINHEIRO, J. B.; CAMPOS, H. D.; CAMPOS, V. P. Relação entre populações iniciais de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* e do desenvolvimento do sistema radicular da soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 161-166, 2008.

ROESE, A. D.; OLIVEIRA, R. D. L.; DE LANES R. F. Reação de cultivares de soja (*Glycines mas* L. Merrill) a *Meloidogyne paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 131-135, 2004.

SASSER, J. N.; CARTER, C. C.; HARTMAN, K. M. **Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes**. Raleigh: North Carolina State University Graphics. 1984, 7 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Ed. UFV, 2005. p. 553-603.

SILVA, J. F. V. Resistência Genética de soja a nematóides do Gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p. 95-127.

SOARES, P. L. M.; SANTOS, J. M. Reação de cultivares de soja a uma população de *Meloidogyne javanica*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 33-36, 2009.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: Funep, 1993. 372 p.

TIHOHOD, D.; FERRAZ, S. Variabilidade de três populações de *Meloidogyne javanica* em plantas de soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 10, p. 163-171, 1986.

VERNETTI, F. J.; VERNETTI JÚNIOR, F. J. **Genética da soja: caracteres qualitativos e diversidade genética**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2009. 221 p.

WINDHAM, G. L.; BARKER, K. R. Effects of soil type on the damage potential of *Meloidogyne incognita* on soybean. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 18, n. 3, p. 331-338, 1986.

WYSMIERSKI, P. T. **Contribuição genética dos ancestrais da soja às cultivares brasileiras**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em ciências: Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

YORINORI, J.T. Situação atual das doenças potenciais no cone sul. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Embrapa CNPSoja, 2002. p.171-187.

YORINORI, J. T.; KIIHL, R. A. S. Melhoramento de plantas visando resistência a doenças. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap. 23, p. 715-735.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**       **Dissertação**       **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação**

Autor (a):	Renato Andrade Teixeira		
E-mail:	renato.ateixeira@terra.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor			
Agência de fomento:		Sigla:	
País:		UF:	
		CNPJ:	
Título:	<b>Reação de cultivares de soja a <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i></b>		
Palavras-chave:	Nematoide de galhas, resistência, concentração de inóculo		
Título em outra língua:	Reaction of soybean cultivars to <i>Meloidogyne incongnita</i> and <i>M. javanica</i>		
Palavras-chave em outra língua:	Root-knot nematode, resistance, inoculum concentration		
Área de concentração:	Genética e Melhoramento de Plantas		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	28/02/2013		
Programa de Pós-Graduação:	Agronomia		
Orientador (a):	Mara Rúbia da Rocha		
E-mail:	mrocha@agro.ufg.br		
Co-orientador (a):*			
E-mail:			

\*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>3</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.



\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) autor (a)

Data: 30 / 08 / 2013

<sup>3</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.