

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O ESTUDO DA  
RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA A  
*Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Juliana Silva Bruinsma**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O ESTUDO DA  
RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA A *Meloidogyne  
javanica* (Treub) Chitwood**

**Juliana S. da Silva Bruinsma**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, área de concentração em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia.**

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Zaida Inês Antonioli**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bruinsma, Juliana Silva

Avaliação de métodos para o estudo da resistência de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood / Juliana Silva Bruinsma.-2013.

59 p.; 30cm

Orientadora: Zaida Inês Antonioli

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2013

1. Soja 2. Nematóide de galha 3. *Meloidogyne javanica*. I. Antonioli, Zaida Inês II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a  
Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE  
GENÓTIPOS DE SOJA A *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood**

Elaborada por  
**Juliana S. da Silva Bruinsma**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Agrobiologia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Zaida Inês Antonioli, Dra.**  
(Presidente/Orientadora)

**Cesar Bauer Gomes, Dr.** (EMBRAPA)

**Teresinha Roversi, Dra.** (CCGL TEC)

Santa Maria, 08 de janeiro de 2013.

*Dedico este trabalho a todas as pessoas que me apoiaram e incentivaram para que este sonho fosse concretizado, em especial ao meu marido Cassiano Bruinsma e ao filho que estamos esperando, fruto do nosso amor e união...*

## **AGRADECIMENTO**

À Deus pelo bem mais precioso que me concedeu que é a vida, e por sempre me iluminar e guiar para que meus sonhos fossem alcançados.

Ao meu esposo Cassiano, por toda sua dedicação e companheirismo em todos os momentos ao longo da jornada.

Aos meus pais Carlos e Zara, pelos ensinamentos que me passaram desde criança e pelo exemplo de vida, além do apoio que sempre me proporcionaram.

Aos meus irmãos Ana Paula e João Carlos, pelo carinho e por sempre me incentivarem a seguir em frente, também ao João pelas estadias no apartamento em Santa Maria além da ótima companhia.

À orientadora Zaida Inês Antonioli, pelos ensinamentos, o auxílio, seu exemplo de profissionalismo, entusiasmo pelo que faz e sua simplicidade. Foi muito gratificante tê-la conhecido e ter convivido com você nestes passageiros dois anos. Agradeço por tudo!

À empresa CCGL TEC Fundacep, pela liberação para realização do mestrado, em especial a pessoa do diretor José Ruedell, por todo o apoio.

Aos colegas de empresa pelo auxílio, em especial a colega e amiga Caroline Wesp, por todos auxílios nas correções, trocas de ideias e ensinamentos passados. Também aos melhoristas de soja Cleiton Steckling e Teresinha Roversi pelo apoio prestado.

Ao ex-colega Lucas Navarini, o qual me incentivou para que eu participasse da seleção do mestrado e me apresentou a professora Zaida.

Aos colegas do setor de fitopatologia, por todo auxílio nos experimentos de campo e casa de vegetação.

Ao programa de pós-graduação em Agrobiologia da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Rodrigo Jacques e demais colegas do Laboratório de Biologia e Microbiologia do Solo da UFSM, por todo auxílio prestado.

Aos colegas da Agrobiologia pela convivência e aprendizado, em especial a Lia pelas conversas e amizade e a Roseana pelos altos papos e companhia no trajeto Cruz Alta – Santa Maria.

Aos componentes da banca examinadora Cesar Bauer Gomes e Teresinha Roversi, agradeço pelo aceite e disponibilidade para participarem da banca.

Enfim agradeço a todas as pessoas que tiveram sua participação, até mesmo em pensamentos positivos, para que eu pudesse realizar este grande sonho.

*“Quem fala semeia.  
Quem escuta colhe.”*

*(Pitágoras)*

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA A *Meloidogyne javanica* (Treb) Chitwood**

AUTOR: Juliana S. da Silva Bruinsma  
ORIENTADOR: Dr<sup>a</sup>. Zaida Inês Antonioli  
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 08 de janeiro de 2013.

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, entretanto sua produção pode ser limitada por vários patógenos, dentre eles destaca-se o nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.). Neste trabalho objetivou-se avaliar métodos para o estudo da resistência de genótipos de soja a *M. javanica*, em condições de campo e em casa de vegetação e selecionar, dentre esses, genótipos de soja com resistência e/ou tolerância ao nematoide. Para realização do trabalho foram utilizados doze genótipos de soja (CEPsRR 07224, CEPsRR 08414, CEPsBt 09018, CEPsBt 09021, CEPsBt 09030, CEPsBt 09033, CEPsBt 09036, CEPsBt 09049, CEPsRR 09086, CEPsBt 10129, FUNDACEP 58RR e FUNDACEP 64RR), além da testemunha suscetível (BRS 243RR) e a testemunha resistente (BRS 256RR). O trabalho realizado no campo foi conduzido em área com ocorrência natural do nematoide no município de Júlio de Castilhos, RS, em duas épocas de semeadura, onde foi avaliada a intensidade de galhas nas raízes das plantas de soja. Em casa de vegetação, o estudo foi realizado em Cruz Alta, RS, onde as plantas foram inoculadas com inoculo proveniente de raízes infectadas do campo, as quais permaneceram por 55 dias na casa de vegetação até a avaliação, onde foi avaliado: número e índice de galhas, número de massa de ovos, número de ovos e fator de reprodução. No campo os genótipos CEPsRR 07224, CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129 apresentaram os menores valores de intensidade de galhas. Apenas o genótipo CEPsRR 07224 foi classificado como resistente, sendo os demais classificados como moderadamente resistentes. Em casa de vegetação, os genótipos CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129 apresentaram os menores valores de número de galhas e índice de galhas. Apesar de todos os genótipos apresentarem  $FR > 1$ , apresentaram valores baixos de número de ovos e fator de reprodução, os genótipos CEPsBt 09033, CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129. No entanto, utilizando-se como critério o índice de galhas e o FR, verificou-se que CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129 comportaram-se como tolerantes em condição de campo e casa de vegetação.

**Palavras-chave:** Soja. Nematoide de galha. *Meloidogyne javanica*.



## ABSTRACT

Dissertation  
Graduate Program in Agrobiologia  
Federal University of Santa Maria

### EVALUATION OF METHODS FOR THE STUDY OF RESISTANCE OF SOYBEAN GENOTYPES THE *Meloidogyne javanica* (Treb) Chitwood

AUTHOR: Juliana S. da Silva Bruinsma

ADVISOR: Dr. Zaida Inês Antonioli

Location and Date of Defense: Santa Maria, the 08th January 2013.

Soybean is the most important oilseed crop grown in the world, though its production may be limited by various pathogens, among them stands out the gall nematode (*Meloidogyne* spp.). This study aimed to evaluate methods for the study of resistance of soybean genotypes to *M. javanica* in the field and in the greenhouse and select from among these, soybean genotypes with resistance and / or tolerance to nematode. To conduct the study, we employ twelve cultivars of soybean (CEPsRR 07224, CEPsRR 08414, CEPsBt 09018, CEPsBt 09021, CEPsBt 09030, CEPsBt 09033, CEPsBt 09036, CEPsBt 09049, CEPsRR 09086, CEPsBt 10129, FUNDACEP 58RR and FUNDACEP 64RR), beyond susceptible control (BRS 243RR) and control resistant (BRS 256RR). The field work was conducted in the area of natural occurrence of the nematode in the municipality of Julio de Castilhos, RS, in two sowing dates, where we evaluated the intensity of galls on the roots of soybean plants. In the greenhouse, the study was conducted in Cruz Alta, RS, where the plants were inoculated with inoculum from infected roots of the field, which remained for 55 days in a greenhouse until the evaluation, which assessed: number and index galls, number of egg mass, egg number and reproductive factor. In the field genotypes CEPsRR 07224, CEPsBt 09036 and CEPsBt 10129 had the lowest intensity of galls. Only genotype CEPsRR 07224 was classified as resistant, and the others classified as moderately resistant. In the greenhouse, the genotypes CEPsBt 09036 and CEPsBt 10129 had the lowest number of galls and gall index. Although all genotypes present  $FR > 1$ , had low values of number of eggs and reproduction factor, genotypes CEPsBt 09033, CEPsBt 09036 and CEPsBt 10129. However, using as criterion the gall index and FR, it was found that CEPsBt 09036 and CEPsBt 10129 behaved as tolerance under field conditions and greenhouse conditions.

**Keywords:** Soybean. Root-knot. *Meloidogyne javanica*.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquema do trabalho realizado em campo e em casa de vegetação para avaliação de resistência de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica*. ..... 14
- Figura 2 – Representação do ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. (Adaptado de Jung & Wyss, 1999). ..... 21
- Figura 3 – Representação diagramática do crescimento das plantas e reprodução do nematoide nas plantas, conforme a reação do hospedeiro ao nematoide. (Adaptado de Roberts, 2002). ..... 28
- Figura 4 – Imagem de satélite do local onde foi realizado o experimento de campo, para avaliação de reação de genótipos de soja a *M. javanica*. Júlio de Castilhos, RS. .... 32
- Figura 5 – Avaliação a campo de reação de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica*. (A) vista do ensaio 1ª época; (B) vista do ensaio 2ª época. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/12. .... 34
- Figura 6 – Plantas de soja com nota de intensidade de galhas de 1 a 5. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/12. .... 35
- Figura 7 – Genótipos de soja inoculados com *Meloidogyne javanica*, em casa de vegetação. (A) quatro dias após a inoculação; (B) 37 dias após a inoculação. Cruz Alta, RS. .... 36
- Figura 8 – Genótipos de soja em área com infestação natural de *Meloidogyne javanica*. (A) BRS 256RR – testemunha resistente e BRS 243RR - testemunha suscetível; (B) FUNDACEP 64RR e FUNDACEP 58RR. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/2012. .... 40
- Figura 9 – Raízes de soja da testemunha suscetível BRS 243RR com nota máxima para intensidade de galhas (A) Avaliação da 1ª época; (B) Avaliação da 2ª época. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/2012. .... 40
- Figura 10 – Raízes de soja para contagem do número de galhas. (A) genótipo CEPsBt 09021; (B) genótipo CEPsBt 10129. .... 43
- Figura 11 – Raízes coradas com fucsina ácida para contagem de massa de ovos. (A e B) genótipo CepsRR 08414; (C) genótipo CepsBt 09049. .... 43

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Escala para avaliação de Índice de Galhas e Índice de Massa de Ovos (Taylor & Sasser, 1978). .....36
- Tabela 2 – Esquema proposto por Canto-Sáenz (1985) para classificação de genótipos de soja quanto reação a *Meloidogyne javanica*, baseado no índice de galhas (IG) e fator de reprodução (FR). .....37
- Tabela 3 – Intensidade de galhas ocasionadas por *Meloidogyne javanica* em genótipos de soja avaliados em duas épocas de plantio, média das duas avaliações de intensidade de galhas e reação dos genótipos ao nematoide, sob condições de campo. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/2012. ....39
- Tabela 4 – Variáveis utilizadas para classificação da reação de genótipos de soja quanto à infecção por *Meloidogyne javanica* e resultados médios das avaliações em casa de vegetação. Cruz Alta, RS, 2012. ....42
- Tabela 5 – Reação dos genótipos de soja a *M. javanica* conforme critérios de Canto-Saéenz (1985) em casa de vegetação. Cruz Alta, RS, 2012. ....47

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 A cultura da soja e importância .....	15
2.2 Fatores limitantes para a produção de soja.....	16
2.3 Nematoides .....	17
2.4 Nematóide de galhas: <i>Meloidogyne javanica</i> .....	19
2.5 Ciclo de vida dos nematoides de galhas.....	20
2.6 Sintomas e danos.....	22
2.7 Medidas de controle.....	24
2.8 Conceitos na interação: plantas e fitonematoides .....	26
2.9 Fontes de resistência a <i>Meloidogyne</i> sp.....	29
2.10 Reação de genótipos de soja a <i>Meloidogyne javanica</i> .....	30
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 Local.....	32
3.2 Escolha dos genótipos de soja.....	33
3.3 Avaliação da resistência de genótipos de soja a <i>M. javanica</i> .....	33
3.3.1 Experimento em condições de campo.....	33
3.3.2 Experimento conduzido em casa de vegetação .....	35
3.4 Análise.....	37
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
4.1 Avaliação de resistência de genótipos de soja à <i>M. javanica</i> a campo.....	38
4.2 Avaliação de resistência de genótipos de soja a <i>M. javanica</i> em casa de vegetação .....	42
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, tanto pelos valores econômicos como nutricionais. Essa cultura tem apresentado, nas últimas décadas, uma taxa de produção superior à taxa de crescimento populacional, ocupando lugar de destaque na alimentação humana e animal, nos cinco continentes (BLACK, 2000). No Brasil o aumento da produção e de área plantada vem sendo crescente nos últimos anos, onde na safra 2000/01 plantou-se 13.969 milhões de hectares no país e na última safra 2011/12 25.042 milhões de hectares foram plantadas com a cultura, um aumento de 79% (CONAB, 2012).

Diversos são os fatores que limitam a produção de soja, dentre esses fatores os ocorrentes pela ação de patógenos, dentre os quais se destacam os fungos, bactérias, vírus e nematoides. A maioria dos nematoides presentes no ambiente é de vida livre, porém, há também, nematoides que parasitam apenas plantas superiores, de onde retiram seus alimentos, chamados, de fitonematoides, os quais se alimentam de plantas de intensa exploração econômica e que podem causar reduções na produtividade destas culturas.

No Brasil, as espécies que causam os maiores danos às grandes culturas como soja, algodão, cana-de-açúcar e milho são *Meloidogyne javanica* (Treb) Chitwood, *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood, *Heterodera glycines* Ichinohe, *Pratylenchus brachyurus* Filipjev e *Rotylenchulus reniformis* Lindolf e Oliveira (DIAS *et al*, 2010b).

Os fitonematoides prejudicam as plantas pela sua ação nociva sobre o sistema radicular, afetando a absorção e a translocação de nutrientes, alterando a fisiologia, podendo também predispor as plantas a doenças e estresses ambientais ou atuando como transmissores de outros patógenos (GOMES & CAMPOS, 2003).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* têm grande disseminação nas áreas de plantio do nosso país, além de causarem grandes prejuízos aos produtores nacionais através da redução do volume de produção ou mesmo da qualidade dos produtos oriundos de áreas infestadas. Em países de clima tropical e subtropical os nematoides encontram condições como umidade e temperatura ideais para sua reprodução e alimentação. Tais fatores são agravantes no controle destes

patógenos, os quais após terem se estabelecido em uma área, são de erradicação muito difícil. A polifagia das espécies de *Meloidogyne*, a variabilidade fisiológica e sua ampla disseminação nas diversas regiões produtoras constituem também, uma séria limitação à adoção de medidas de controle, particularmente a rotação de culturas (SILVA, 2001).

A disseminação dos nematoides no ambiente ocorre, principalmente, pelo transporte de solo infestado. Isso pode ocorrer através dos equipamentos agrícolas, das sementes mal beneficiadas que contenham partículas de solo, pelo vento, pela água e até pelo homem (TIHOHOD, 2000). E devido à intensa exploração de grandes culturas, aliada à falta de um correto manejo, a população dos fitonematoídeos tem aumentado cada vez mais no ambiente, se tornando um problema cada vez mais crescente.

A baixa eficiência da rotação de culturas na redução populacional desses parasitos, que em geral podem se reproduzir em grande número de espécies vegetais, e a evidente deficiência de variedades resistentes, especialmente para *M. javanica*, adaptadas às diferentes regiões de cultivo no País são as principais razões para os crescentes danos ocasionados nas regiões produtoras de soja no Brasil (SILVA, 1998).

O controle de nematoides, principalmente no cultivo de culturas extensivas, como a soja [*Glycine max* (L.) Merrill], para tornar viável o seu cultivo, deve ser planejado e sistematizado de modo a integrar vários métodos e apresentar baixo custo. Um dos métodos de controle mais eficiente e mais adequado para o agricultor é a utilização de cultivares de soja resistentes (SILVA, 2001).

O desenvolvimento de programas específicos de melhoramento de soja já resultou na obtenção de muitos cultivares resistentes às diferentes espécies de *Meloidogyne* e cada vez mais trabalhos são realizados com o intuito de selecionar cultivares de soja resistentes para as diferentes regiões do país. Algumas vezes, entretanto, os resultados obtidos revelam-se divergentes, o que é atribuído em grande parte a falta de padronização nos métodos empregados na avaliação da resistência (SILVA, 2001). Entre as explicações para a obtenção de alguns resultados conflitantes com os dados de literatura está também a utilização de diferentes critérios de avaliação (SOARES & SANTOS, 2009).

Portanto, teve-se por objetivo no presente trabalho visou avaliar a reação de genótipos de soja ao nematoídeo, no intuito de selecionar genótipos resistentes e/ou

tolerantes e com vistas a diminuir a multiplicação deste nematoide no ambiente, diminuindo, conseqüentemente, sua população e os danos causados à cultura. O trabalho foi executado conforme o esquema da Figura 1.

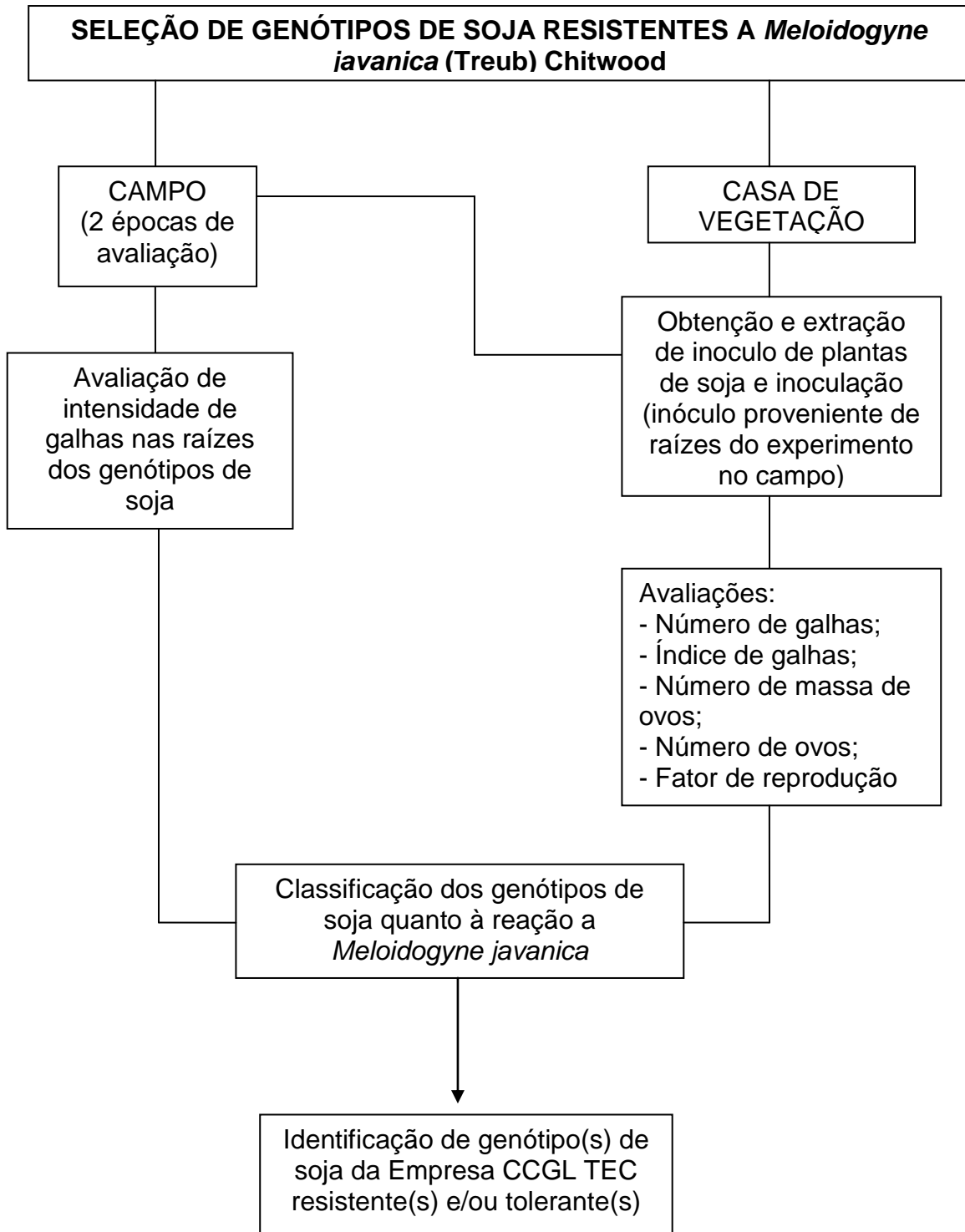


Figura 1 – Esquema do trabalho realizado em campo e em casa de vegetação para avaliação de resistência de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da soja e importância

A soja pertence à classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, gênero *Glycine*. É uma planta anual com caule ereto, com grande diversidade quanto ao ciclo de vida, variando de 70 dias para as mais precoces até 200 dias para as mais tardias. O ciclo da planta pode ser dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa (VE, VC, V1, V2, V3, Vn) é o período da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores, e a fase reprodutiva (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8) compreende o período do início da floração até a maturação. A temperatura ótima para a germinação é em torno de 30° C, podendo variar segundo a cultivar. A emergência é caracterizada pelo aparecimento dos cotilédones acima da superfície do solo, tendo início 5 a 7 dias após a semeadura. Para satisfazer as exigências de temperatura do solo para uma emergência uniforme, a temperatura deve estar em torno de 18° C (COSTA, 1996).

A soja é considerada uma planta de dia curto, necessitando de uma duração da noite maior que o dia para iniciar o processo de floração e frutificação no momento certo, isto é, após ter atingido o crescimento vegetativo adequado. A grande produção de soja no Brasil se deve ao desenvolvimento de novas cultivares com fotoperíodo mais longos ficando aptas a diversas regiões (MORALES, 2007).

É das principais *commodities* mundiais, movimentando, aproximadamente, US\$ 215 bilhões/ano na agroindústria (USDA, 2011). No Brasil, a cadeia agroindustrial da soja participa com, aproximadamente 16% do que é produzido pelo sistema agroalimentar total, um montante em torno de US\$ 43 bilhões ao ano (AGRIANUAL, 2009).

No contexto das grandes culturas produtoras de grãos, a soja foi a que mais cresceu em termos percentuais nas últimas décadas, tanto no Brasil, quanto em nível mundial. De 1976 a 2010, o crescimento da produção brasileira foi da ordem de 620% (CONAB, 2012). Enquanto as produções de culturas como trigo, arroz, milho, feijão, cevada e girassol cresceram, no máximo, uma terceira parte desse montante



(DALL'AGNOL & HIRAKURI, 2012). O Brasil com uma área de 25,04 milhões de hectares cultivadas é o segundo maior produtor mundial do grão, com produção de 66,38 milhões de toneladas produzidos em 2011/12, 26,5% da safra mundial (CONAB, 2012).

Importante função no progresso da soja no Brasil deve ser creditada aos diversos programas de melhoramento genético e experimentação agrícola, em que os técnicos brasileiros vêm desenvolvendo cultivares melhoradas, de alto rendimento, resistentes a doenças e adaptadas as condições agroclimáticas brasileira (BONETTI, 1981). Com o cultivo sucessivo, no entanto, aquelas doenças que aparentemente não eram importantes podem causar em pouco tempo danos econômicos consideráveis. Uma das maiores contribuições do melhoramento da soja tem sido o desenvolvimento de cultivares resistentes a doenças (SEDIYAMA *et al*, 2005). Contudo, ainda são vários os fatores que podem limitar esta produção.

## **2.2 Fatores limitantes para a produção de soja**

Desde a introdução da cultura da soja até o momento, o Brasil, houve um grande incremento de produtividade, passando de 1748 kg/ha na safra 1976/77 para 3115 kg/ha na safra 2010/11 (CONAB, 2012). Isto se deve ao aumento do uso de novas tecnologias, cultivares mais adaptadas, mais pesquisa e conhecimento para os produtores, e a expectativa é de que esta elevada produtividade continue a aumentar. Porém, com a exposição da cultura a diversos ambientes, várias fatores podem interferir neste ganho de produção.

Há diversos fatores que afetam a cultura da soja, destacando-se os edafo-climáticos e os fitossanitários. Como toda cultura exótica no país, a soja iniciou sua expansão com excelente sanidade. Porém, com poucos anos de cultivo comercial, as doenças começaram a aparecer, passando a representar um dos principais fatores limitantes ao aumento e à estabilidade do rendimento (FERRAZ, 2001). Além das doenças trazidas com as primeiras sementes, com o tempo e a expansão da cultura, diversos patógenos nativos foram se associando à cultura soja (YORINORI, 2000), sendo a monocultura realizada em grandes áreas, também, uma grande facilitadora desse processo (EMBRAPA, 2010).

No mundo, foram determinados aproximadamente 125 organismos patogênicos à cultura da soja, dos quais cerca de 40 foram considerados de importância econômica. No Brasil, foram relatados 25 patógenos capazes de provocar danos econômicos. Estes podem ser classificados em quatro grupos: fungos, bactérias, nematóides e vírus, e podem ocorrer em diferentes níveis, que oscilam de safra a safra. As doenças na cultura da soja provocam reduções anuais estimadas em, aproximadamente, 15% a 20% da produção, ao passo que, algumas podem ocasionar até 100% (EMBRAPA, 2010).

A incidência e a severidade de doenças em soja dependem do grau de compatibilidade entre plantas e os agentes causadores de doenças, sob influência do ambiente. Os patógenos podem ter origem no solo, nos restos culturais contaminados, nas sementes ou no ar. Outros fatores que contribuem para ocorrência de doenças são monocultura, excesso ou deficiência de água, compactação de solos, fertilidade inadequada e suscetibilidade de cultivares (COSTAMILAN, 2000). Dentre as pragas que causam danos e afetam a produtividade da cultura da soja estão os fitonematoides, especialmente pela dificuldade de seu controle.

Os nematoides parasitas de plantas provocam danos econômicos de bilhões de dólares à agricultura internacional, por exemplo, as perdas anuais causadas por *Meloidogyne* sp., à cultura da soja é da ordem de US\$ 2,7 bilhões (TIHOHOD, 2000).

### **2.3 Nematoides**

Nematoides compreendem um grande filo de animais que incluem parasitas de plantas e de animais, assim como muitas espécies de vida livre (CAMPOS, 2000). Os nematoides parasitas de plantas, ou fitonematoides, são parasitas obrigatórios, onde sua nutrição é obtida somente a partir de células vegetais vivas (WILLIAMSON & HUSSEY, 1996).

Alguns fitonematoides são ectoparasitas, vivendo fora do seu hospedeiro, outras espécies permanecem parte de suas vidas dentro das raízes como endoparasitas migratórios ou sedentários. Os endoparasitas sedentários da família Heteroderidae causam a maior parte dos prejuízos econômicos em todo o mundo.

Esta família pode ser dividida em dois grupos: os nematoides de cisto, que incluem os gêneros *Heterodera* e *Globodera*, e os nematoides de galhas, gênero *Meloidogyne* (WILLIAMSON & HUSSEY, 1996).

No Brasil, os nematoides que apresentam maior potencial de dano para soja, são o nematóide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe), os nematoides de galha (*Meloidogyne* spp. Goelgi), o nematóide reniforme (*Rotylenchulus reniformis* Lindolf e Oliveira) e o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* Filipjev) (DIAS *et al.*, 2010b). A importância dessas espécies no país se deve a aspectos relevantes, como presença endêmica em diversas regiões produtoras (*M. javanica* e *M. incognita*), elevada variabilidade genética (*H. glycines*) e risco potencial de dano com o incremento da área cultivada com espécies suscetíveis a estes nematoides.

Em algumas regiões do Brasil, como na região sul e centro-oeste, a ocorrência destes organismos é generalizada, crescente a cada safra. A monocultura, principalmente em solos exauridos com deficiência nutricional, e a suscetibilidade de cultivares contribuem para o agravamento da doença. Uma vez que os nematoides penetram, se desenvolvem no interior das raízes de soja, impedindo, desta forma, o fluxo regular de água e nutrientes por toda a extensão da planta (WENDLAND, 2005).

Os fitonematoides não podem ser erradicados, pois possuem mecanismos como a criptobiose, que permitem que os ovos permaneçam viáveis por longos períodos no solo. Assim, várias medidas de controle devem ser utilizadas de modo integrado, visando manter as populações em nível mínimo. Além da rotação de culturas, a utilização de cultivares resistentes ou tolerantes é uma ferramenta muito importante no controle (FERRAZ, 2001).

Logo, verificamos a relevância dos fitonematóides e a importância de estudos que possam auxiliar nas medidas de controle em particular dos nematoides de galhas. Dentre os nematoides que parasitam a soja no Brasil, *M. javanica* vem sendo encontrado na maioria das áreas cultivadas, causando perdas elevadas a produção (YORINORI, 2000). Em levantamento de populações de *Meloidogyne* spp. realizado em nove Estados brasileiros e no Distrito Federal por Cunha E Castro *et al.*, 2003; 64,1% das populações foram identificadas como *Meloidogyne javanica*; 23,1% *M. incognita* e 7,7% *M. arenaria*.

## 2.4 Nematóide de galhas: *Meloidogyne javanica*

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* Goeldi 1887, constituem o principal grupo de fitonematoides afetando a produção de plantas no mundo. A ampla distribuição geográfica, extensa gama de hospedeiros e envolvimento em complexos de doenças com bactérias e fungos fitopatogênicos colocam estes fitonematoides entre os cinco principais patógenos (SASSER, 1979).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* têm grande disseminação e causam grandes prejuízos aos produtores nacionais através da redução do volume de produção ou mesmo da qualidade dos produtos oriundos de áreas infestadas. Diversas são as culturas de importância econômica atacadas pelos nematoides das galhas, como: algodão, cana-de-açúcar, café, feijão, soja, além de várias espécies de hortaliças e frutíferas. Estes patógenos, após terem se estabelecido em uma área, são de erradicação muito difícil. A polifagia das espécies de *Meloidogyne* spp., a variabilidade fisiológica e sua ampla disseminação nas diversas regiões produtoras constituem, uma séria limitação à adoção de medidas de controle, particularmente a rotação de culturas (SILVA, 2001).

No Brasil, as espécies *M. javanica* e *M. incognita* de nematoides formadores de galhas destacam-se pelos danos que causam à soja. Essas espécies são constatadas com maior frequência no norte do Rio Grande do Sul, sudoeste e norte do Paraná, sul e norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. Na região Central do Brasil, o problema é crescente, com severos danos em lavouras do Mato Grosso do Sul e Goiás (EMBRAPA, 2010). E dentre estas a espécie mais comum em soja no Brasil é *M. javanica* (ASMUS, 2001; CUNHA E CASTRO *et al*, 2003).

Em soja, as plantas infectadas por *M. arenaria*, *M. incognita* ou *M. javanica* caracterizam-se pela presença de grande número de galhas nas raízes, tanto nas secundárias, como na raiz principal. Deve-se destacar que o ataque da raiz principal não é comum nas meloidoginoses, porém é bastante frequente no caso da soja e, em razão disso, nas infecções mais severas, o sistema radicular pode ficar muito atrofiado, reduzido apenas a um aglomerado ou massa de galhas coalescentes nela incitadas. As galhas formadas nas raízes de plantas de soja pelas três espécies referidas podem atingir grandes dimensões e no interior delas é possível encontrar-

se tanto juvenis em desenvolvimento como fêmeas com massas de ovos em números muito elevados (FERRAZ, 2001).

Normalmente, o nematoide de galha é mais frequente em solos arenosos e leves. Os sintomas e danos são mais severos com déficit hídrico, porém anos muito chuvosos favorecem sua disseminação (COSTAMILAN, 2000).

Os nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) são classificados como endoparasitas sedentários, o grupo mais importante do ponto de vista econômico, estes têm sido considerados biotróficos obrigatórios, seus juvenis infectantes incitam células nutridoras, e para se alimentar sobre essas células o nematoide forma um “tubo de alimentação”. Dessa íntima forma de associação entre o parasita e a planta hospedeira, resultam fêmeas em forma aberrante de saco, que perdem a mobilidade e tornam-se verdadeiras máquinas de produzir ovos (TRUDGILL, 1991). As espécies *M. javanica* e *M. incognita*, originam ao redor de 400 ovos, em média, ao longo de período variável de quatro a seis semanas, sob condições favoráveis de temperatura (FERRAZ, 2001).

O conhecimento do ciclo de vida dos nematoides de galhas faz-se necessário para a compreensão da importância da adoção de medidas que auxiliem na diminuição da multiplicação deste nematoide no ambiente para que o cultivo da cultura da soja não seja prejudicado no decorrer dos anos em áreas infestadas pelo nematoide.

## **2.5 Ciclo de vida dos nematoides de galhas**

O ciclo de vida dos nematoides do gênero *Meloidogyne* depende de alguns fatores, entre os quais a temperatura é um dos mais importantes. A temperatura ótima para a maioria das espécies oscila entre 15 °C e 30 °C. De modo geral o ciclo se completa em 25 dias sob temperatura de 27 °C, mas pode se tornar mais longo em temperaturas mais elevadas ou inferiores (AGRIOS, 1988). No caso de *M. javanica*, ciclo de vida completa-se em torno de 22 a 30 dias, sendo diretamente influenciado pela temperatura do solo (FERRAZ, 2001).

Nematoides de galhas passam a maior parte de sua vida ativa dentro das raízes das plantas hospedeiras, alimentando-se de células modificadas

drasticamente e seu ciclo envolve a passagem por quatro fases juvenis (WILLIAMSON & HUSSEY, 1996).

Fêmeas adultas têm formato de pêra e cor branco-pérola e são localizadas com facilidade no interior de raízes de plantas de soja parasitadas. Cada uma delas produz, em média, por partenogênese mitótica, cerca de 500 ovos (FERRAZ & MENDES, 1992). E este número é variável em função do estado nutricional da planta e da densidade populacional do fitoparasita. Todos os ovos são depositados numa substância gelatinosa (massa de ovos), secretada por glândulas localizadas no reto da fêmea. Sua eliminação pelo ânus inicia-se antes da oviposição e continua à medida que os ovos vão sendo produzidos (Figura 2). Esses, em diferentes estádios de desenvolvimento, ficam envoltos e protegidos pela matriz gelatinosa (FERRAZ, 2001).

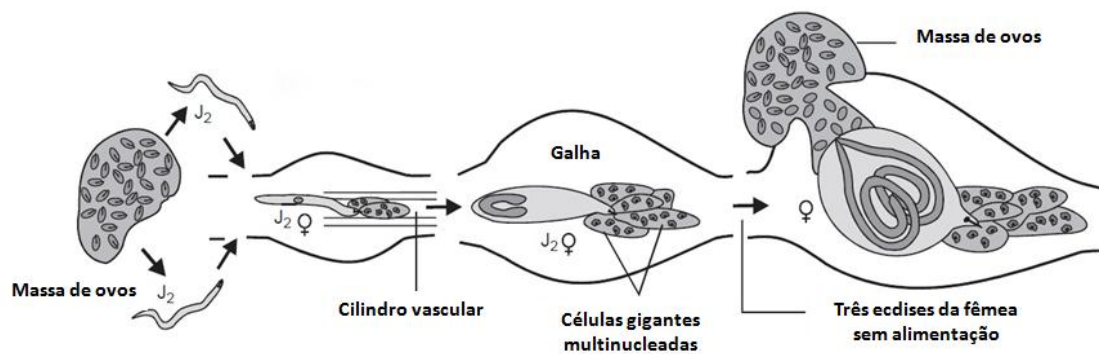


Figura 2 – Representação do ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. (Adaptado de Jung & Wyss, 1999).

O juvenil (J1) sofre ecdise dentro do ovo, tornando-se juvenil de segundo estágio (J2). Após a eclosão o J2 move-se no solo até encontrar a raiz da soja e penetrá-la (FERRAZ, 2001). A penetração de J2 de *Meloidogyne* sp. ocorre nas raízes novas, especificamente nas regiões de crescimento e de alongamento (WALLACE, 1973; WILLIAMSON & HUSSEY, 1996).

Dentro da raiz da soja, o J2 migra para a região dos vasos e, se a soja é suscetível, torna-se sedentário, começando a alimentar-se das células em volta da sua região labial. Nelas, o nematoide insere o estilete e injeta substâncias esofagianas no citoplasma de um pequeno grupo de células localizadas no cilindro

vascular ou nas suas adjacências, que estimulam o aparecimento das células de alimentação. Estabelecidos os sítios de alimentação, o nematoide continua seu desenvolvimento, sofrendo mais três ecdises até atingir a fase adulta de macho ou fêmea (FERRAZ, 2001).

A secreção oriunda da glândula dorsal possui compostos químicos que induzem a transformação das células vegetais em células multinucleadas, denominada de nutridoras ou gigantes (SASSER & CARTER, 1985). Cada nematoide provoca o desenvolvimento de 5-7 células gigantes (WILLIAMSON & HUSSEY, 1996). Tratando-se de hospedeiro favorável, tais células passam por mudanças morfológicas (hipertrofia) e fisiológicas (hiperplasia) e, em plantas não hospedeiras, a injeção da secreção não incitará a formação de células nutridoras e os juvenis tentarão migrar de volta para o solo, buscando outra fonte de alimento. Já em plantas resistentes, o juvenil provoca formação inicial de células nutridoras, mas estas degeneram prematuramente e levam o nematoide a morte, antes de completar seu desenvolvimento (SASSER & CARTER, 1985; FERRAZ, 2001).

O macho, que é vermiforme, não se alimenta e, normalmente, não é necessário para a reprodução de *M. incognita* ou *M. javanica*. Entretanto, a participação do mesmo assegura a variabilidade genética, através da recombinação, além de ser um mecanismo de sobrevivência (EISENBACK, 1985).

Em condições favoráveis é notável a capacidade de multiplicação dos nematoides de galhas, acarretando diversos sintomas e danos nas plantas hospedeiras.

## **2.6 Sintomas e danos**

Nas áreas onde há presença do nematoide das galhas, observam-se manchas em reboleiras nas lavouras, onde as plantas de soja ficam pequenas e amareladas. As folhas das plantas afetadas normalmente apresentam manchas cloróticas ou necrose entre as nervuras, caracterizando o sintoma de folha “carijó”. Às vezes pode não ocorrer redução no tamanho das plantas, mas por ocasião do florescimento, nota-se intenso abortamento de vagens e amadurecimento prematuro das plantas atacadas. Nas raízes das plantas atacadas observam-se galhas,

resultantes do aumento da divisão celular no córtex da raiz, em números e tamanhos variados, dependendo da suscetibilidade, da cultivar de soja e da densidade populacional do nematoide (EMBRAPA, 2010).

Na grande maioria das plantas hospedeiras favoráveis, as secreções esofagianas injetadas pelos nematoides de galhas induzem não apenas a formação do tecido nutridor (conjunto de células gigantes) no cilindro vascular e áreas adjacentes como também podem incitar certo grau de hiperplasia local e, principalmente, causar hipertrofia de células do parênquima cortical, em especial daquelas que circundam o corpo do nematoide em desenvolvimento. Como resultado as raízes tornam-se engrossadas na região em que o parasitismo ocorre, podendo atingir diâmetros ao dobro ou triplo do normal, tais áreas diferenciadas constituem as chamadas galhas. As células gigantes e as galhas são respostas distintas a um mesmo evento, qual seja a injeção de secreções produzidas pelas glândulas esofagianas do nematoide em células das raízes da planta hospedeira. As células gigantes são essenciais ao desenvolvimento e a reprodução do parasito, porém as galhas não são. As galhas constituem apenas bons indicadores da extensão das reações hiperplástica e hipertrófica dos tecidos afetados pelas secreções, podendo ser formadas bem antes que as células gigantes e mesmo na ausência destas (FERRAZ, 2001).

Com a indução de formação de sítios de alimentação (células nutridoras), nos elementos vasculares ocorrem modificações celulares e perdas das raízes, resultando em redução do tamanho e eficiência do sistema radicular (ZAMBIASI, 2010). Estas modificações ocasionam ainda sintomas reflexos, como diminuição na área foliar, deficiências minerais e até murchamento temporário durante o período mais quente do dia.

As perdas provocadas variam em função da espécie do nematoide, de sua densidade no solo, da suscetibilidade da cultivar e da intensidade dos estresses sofridos pelas plantas, sendo que os danos maiores geralmente ocorrem em solos arenosos. Ainda, altas incidências de nematoides de galhas aumentam a suscetibilidade das plantas a doenças vasculares (SINCLAIR & BACKMANN, 1993).

A literatura internacional, considerando apenas os nematoides de galhas, relata perdas de produtividade em cultivares suscetíveis de soja variáveis de 30 a 90% (SINCLAIR & SHURTLEFF, 1975). Comparando a produtividade e o peso de 100 sementes de soja na cultivar BR-4 em área naturalmente infestada por



*Meloidogyne incognita* raça 4, Antonio (1988), constatou que, dentro das reboleiras com ataque do nematoide, as perdas na produção foram de 55,6% e a redução do peso médio de 100 sementes foi de 33,6%.

Os níveis de danos provocados por nematoides de galhas em soja usualmente aumentam ano após ano quando se planta continuamente na mesma área, cultivares suscetível ou outras culturas hospedeiras dos nematoides (SINCLAIR & BACKMANN, 1993).

## 2.7 Medidas de controle

Para o controle dos nematoides de galhas podem ser utilizadas, de modo integrado, várias estratégias. Entretanto, as mais eficientes são a rotação/sucessão de culturas não hospedeiras ou hospedeiras desfavoráveis e a utilização de cultivares de soja resistentes (DIAS *et al.*, 2010a).

Para um controle planejado e sistematizado de nematoides, visa-se um manejo integrado, considerando-se os princípios fitopatológicos de Whetzel: a) Exclusão: evitar a infestação de áreas indenas por espécies ou novas raças, na propriedade ou numa região geográfica maior, ou seja, evitar a introdução e a disseminação; b) Erradicação: rotação de culturas com espécies de verão e de inverno não hospedeiras e/ou antagonistas, objetivando a redução da densidade populacional do nematoide; c) Regulação: modificação do ambiente e nutrição das plantas; d) Imunização: utilização de cultivares resistentes a determinadas espécies ou raças e) Terapia: visa restabelecer a sanidade de uma planta com a qual o patógeno já estabeleceu uma íntima relação parasítica. (TORRES *et al.*, 2009; KIMATI *et al.*, 1995).

A rotação de culturas deve ser bem planejada, uma vez que a maioria das espécies cultivadas multiplica os nematoides de galhas. O cultivo prévio de espécies hospedeiras aumenta os danos na soja semeada na sequência. Da mesma forma, a presença de plantas daninhas na área também possibilita a reprodução e a sobrevivência do parasita. A escolha da rotação deve se basear também na viabilidade técnica e econômica da cultura na região, sendo bastante variável de um local para outro. Para recuperação da matéria orgânica e da atividade microbiana do

solo e possibilitar o crescimento da população de inimigos naturais do nematoide, também é importante incluir, na rotação/sucessão, adubos verdes resistentes (DIAS *et al*, 2010b).

O método de controle mais eficiente, barato e de fácil assimilação pelos produtores é o uso de cultivares resistentes. Um sistema radicular mais agressivo e saudável é característico dos genótipos de soja resistentes a nematoides formadores de galhas (DIAS *et. al.*, 2010a). O uso de cultivares resistentes pode ter efeitos em cultivos subsequentes de outras espécies vegetais suscetíveis, que são beneficiadas pela redução populacional do nematoide na área (SILVA, 2001).

De acordo com Boerma & Hussey (1992), algumas vantagens específicas podem ser proporcionadas pelo uso desses cultivares resistente: a) suprimir a reprodução da espécie de nematoide em questão; b) reduzir a duração do período de rotação com culturas não hospedeiras para baixar o nível populacional do nematoide; c) reduzir o risco de contaminação do ambiente; d) não requerer equipamentos especiais para a utilização; e) possibilitar, no geral, a aquisição das sementes a um custo similar ao das cultivares suscetíveis. Para várias espécies de plantas cultivadas, como a soja, cultivares resistentes à *Meloidogyne* spp. de importância no Brasil estão disponíveis. Entretanto, alguns fatores que afetam a expressão fenotípica da resistência devem ser considerados, especialmente em regiões tropicais, como a sensibilidade ao calor, a presença de comunidades poliespecíficas de nematoides e variabilidade ao nível de raça ou de patótipo.

O melhoramento genético de plantas tem sido ferramenta importante, não apenas para o desenvolvimento de cultivares com bom desempenho agrônômico e obtenção de ganhos genéticos, como também na eliminação de fatores restritivos à produtividade, principalmente pela incorporação de resistência a doenças. O desenvolvimento de cultivares resistentes está entre as alternativas mais eficazes e econômicas para solucionar esses problemas, além de reduzir o impacto ambiental pela redução na utilização de insumos (FERREIRA, 2007).

Para um bom desempenho das plantas em solos infestados por nematoides, tolerância e resistência são qualidades importantes. A tolerância tem papel destacado principalmente quando nematicidas e cultivares resistentes não estão disponíveis (MITTAL *et al.*, 2000). A resistência aos nematoides de galhas é a principal forma de controle (HUSSEY *et al*, 1991).

## 2.8 Conceitos na interação: plantas e fitonematoides

A resistência descreve os efeitos de genes de uma dada planta hospedeira capazes de restringir ou mesmo prevenir a multiplicação de um determinado nematoide em seus tecidos. A tolerância ao dano é independente da resistência e diz respeito à habilidade de uma dada planta hospedeira em compensar ou recuperar-se dos efeitos adversos de ataque por determinado nematoide e produzir bem (TRUDGILL, 1991).

Autores usam o termo tolerância para descrever a resposta geral da planta para a infecção por nematoides. Tolerância continua também a ser usada para descrever a capacidade de um hospedeiro para suportar a infecção e a reprodução do nematoide rápida, sem danos significativos (BARKER, 1993). A tolerância não é um tipo de resistência. Segundo Cook e Evans (1987), este termo deve ser utilizado exclusivamente para descrever a quantidade de lesões do hospedeiro ou supressão de rendimento.

A resistência e a suscetibilidade de plantas referem-se à habilidade evidenciada na supressão do desenvolvimento e da reprodução de determinadas espécies de nematoides. Plantas altamente resistente possibilitam taxas de reprodução muito restritas dos parasitos, ao passo que as suscetíveis (não resistentes, hospedeiras) permitem abundante reprodução. Em soja, existe um gradiente em relação a essas duas características, com genótipos apresentando reações intermediárias (moderadas) entre os extremos. Plantas tolerantes a certas espécies de nematoides sofrem pouca ou nenhuma injúria, mesmo sob alta infecção. Plantas intolerantes por sua vez sofrem danos severos (SILVA, 2001).

Cultivares resistentes no geral são atacadas por número semelhante de nematoides que as não resistentes, ou seja, a resistência, salvo casos excepcionais, não protege a planta da invasão pelo nematoide e dos danos decorrentes desse processo (TRUDGILL, 1991). Segundo Jung & Wyss (1999), a invasão dos nematoides também ocorre em plantas resistentes, contudo dentro da raiz a indução do sítio de alimentação é inibida, ou mesmo inicialmente estabelecidas as estruturas de alimentação, estas são desintegradas nos estágios iniciais de desenvolvimento do nematoide.

Sendo assim, em raízes de plantas resistentes, poucos nematoides chegam até a fase adulta. Normalmente há formação de número maior de machos e quando eventuais fêmeas reproduzem, o fazem com taxas mais baixas de fecundidade (MORALES, 2007).

A resistência pode ser dividida em vertical e horizontal. A resistência vertical, também chamada de qualitativa, está usualmente relacionada a poucos genes dominantes, frente aos quais grandes diferenças na virulência do patógeno são identificadas, uma interação tipo gene-a-gene. A resistência horizontal, quantitativa, está relacionada à ação de vários genes, de efeitos menores. Nas associações envolvendo resistência, geralmente ocorre uma resposta do hospedeiro ao patógeno conhecida como resistência ativa, que costuma envolver reação do tipo hipersensibilidade (TRUDGILL, 1991).

O termo suscetibilidade é comumente usado de modo impreciso, seja com o propósito de indicar falta de resistência ou falta de tolerância, ou ambos. Na verdade, refere-se ao estado ou situação da planta hospedeira e é definido como “a soma dos atributos que tornam a planta um hospedeiro adequado ao patógeno/nematoide”. Contudo, mesmo em plantas tidas como completamente suscetíveis podem-se detectar genes de resistência, quando estas são expostas a populações avirulentas do patógeno. O oposto de uma planta completamente suscetível é uma “não hospedeira” ou “imune” ao nematoide, isto é, que não é reconhecida, penetrada ou parasitada por ele (TRUDGILL, 1991).

Tolerância e resistência podem ocorrer simultaneamente, mas Trudgill (1991) conclui que são independentes. Esta independência, no entanto, não pode ser claramente utilizada, muitos cultivares resistentes também são moderadamente tolerantes a galhas. Devido à infecção das raízes das plantas resistentes por juvenis de *Meloidogyne* spp. ocorrem respostas associadas a hipersensibilidade que podem resultar na diminuição do crescimento das plantas num curto prazo. No entanto, estas, logo se recuperam (BARKER, 1993).

As cultivares resistentes necessitam ser também tolerantes, já que as que são intolerantes sofrerão sérios danos se plantadas em áreas altamente infestadas. Do mesmo modo, cultivares tolerantes, que não tenham certo grau de resistência oferecerão condições ideais a muitas das populações de nematoides a níveis de risco após algum tempo (TRUDGILL, 1991).

O conceito de tolerância aos nematoides, segundo Barker (1993) é frequentemente utilizado para descrever dois diferentes fenômenos biológicos: capacidade das plantas para suportar a reprodução dos nematoides sem serem danificadas de forma significativa; e, a resposta geral da planta a infecções.

Sugere-se também que a tolerância do hospedeiro a nematoides é um fenômeno geral inespecífico, evoluindo a longo prazo para estresses abióticos (WALLACE, 1987). O autor sugere ainda que as plantas tolerantes a estresses causados por determinados fatores abióticos podem também ser tolerantes aos nematoides que induzem estresses semelhantes.

Outro tipo de tolerância (a que envolve a resposta de resistência controlada geneticamente, por hipersensibilidade) reflete melhor a capacidade do hospedeiro para suprimir a reprodução do nematoide e gerar tecidos ou compensar a morte de células de raiz. Esta capacidade é geralmente influenciada pela densidade de inoculo e/ou nível de resistência (BARKER, 1993).

Os principais termos utilizados na classificação de reação de plantas ao desenvolvimento de nematoides são representados no diagrama (Figura 3).

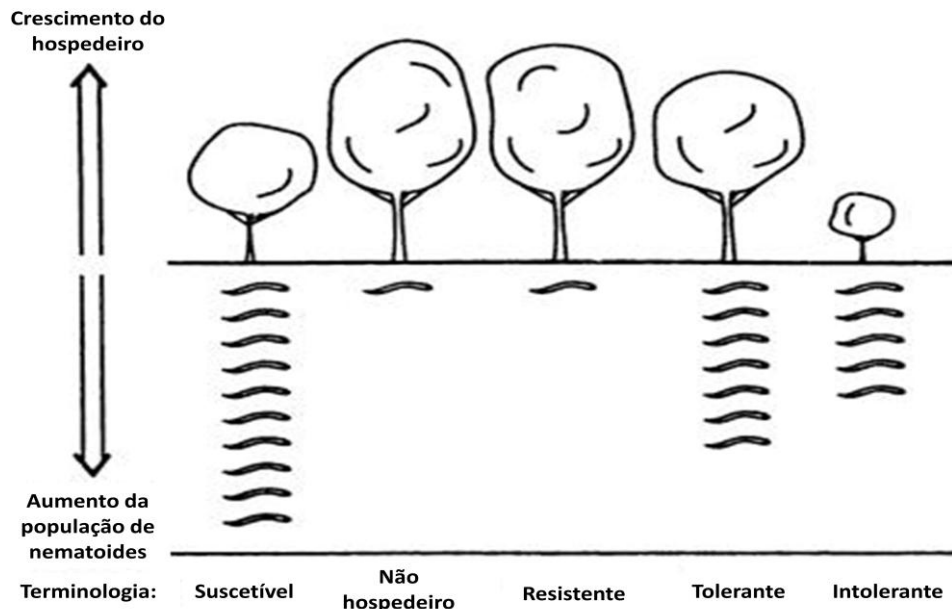


Figura 3 – Representação diagramática do crescimento das plantas e reprodução do nematoide nas plantas, conforme a reação do hospedeiro ao nematoide. (Adaptado de Roberts, 2002).

Três possíveis interações básicas podem ocorrer entre nematoides e plantas: - neutra (imune); - compatível (hospedeiro adequado), com uma reação de suscetibilidade ou tolerante; - incompatível (hospedeiro inadequado) com uma hipersensibilidade (resistente) ou reação intolerante (BARKER, 1993).

De acordo com Barker (1993) e Clarke (1986), o conceito de tolerância pode ser definido dividindo-se em três partes:

- Tolerância ao parasita: capacidade de uma planta em suportar os efeitos da infecção parasitária (incluindo reprodução do nematoide), que se ocorressem em outras plantas da mesma espécie ou similar, poderiam causar maiores danos;
- Tolerância à doença: capacidade de uma planta em suportar os efeitos da doença (danos fisiológicos) que poderiam causar maior prejuízo de crescimento e/ou rendimento se desenvolvesse em outras plantas da mesma espécie ou similar;
- Tolerância geral: capacidade de uma planta em suportar os níveis de infecção parasitária e da doença.

Barker (1993), diz que a divisão de conceito de resistência é semelhante, porém focando principalmente na reprodução do nematoide, como descrito a seguir:

- Resistência ao parasita: qualquer característica ou propriedade do hospedeiro que previne, reduz ou atrasa o desenvolvimento do parasita;
- Resistência à doença: qualquer característica ou propriedade do hospedeiro que previne, reduz ou atrasa o aparecimento da doença e/ou danos;
- Resistência geral: qualquer característica ou propriedade de um hospedeiro que previne, reduz ou atrasa o desenvolvimento de um parasita e das doenças associadas.

Tanto a resistência geral quanto a tolerância geral, envolveriam a resistência ao parasita e à doença e/ou danos. A maioria das plantas resistentes a um parasita também são resistentes a doenças, e essa resistência geral que geralmente é o objetivo para o manejo eficaz de nematoides (BARKER, 1993).

## **2.9 Fontes de resistência a *Meloidogyne* sp.**

Quase todas as cultivares de soja resistentes a nematoides do gênero *Meloidogyne* em uso no Brasil descendem de uma única fonte de resistência: a

cultivar norte-americana Bragg. Essa cultivar é originária do cruzamento Jackson x D49-2491, onde Jackson contribuiu com os genes de resistência. Jackson, por sua vez, descende de Palmetto x Volstate, ambos com resistência a *M. javanica*, *M. arenaria*, e *M. incognita*. Bragg foi semeada nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e do sudoeste do Paraná, locais onde a soja já vinha sendo cultivada desde a década de 60 e onde nematoides do gênero *Meloidogyne* eram de ocorrência frequente (SILVA, 2001).

## **2.10 Reação de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica***

Devido ao baixo custo, segurança e facilidade de controle por meio do uso de cultivares resistentes e tolerantes à fitonematoides, os investimentos nesses trabalhos são de grande importância (MAI, 1985).

Nesse sentido, as pesquisas tem sido direcionadas à avaliação da reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas, e essas avaliações têm sido realizadas tanto em casa de vegetação como em campo, em áreas naturalmente infestadas com esses patógenos (ROESE, 2003).

Metodologias para a avaliação da resistência de plantas frente a importantes espécies de nematoides estão disponíveis (STARR, 1990) e podem ser praticadas tanto em casa-de-vegetação como no campo, com distintas limitações. Seleções realizadas no campo permitem a avaliação de um grande número de genótipos, mas também requerem um grande número de controles (cultivares de reação conhecida) em diversos pontos da área, pois a distribuição dos nematoides é aleatória formando agregados (SILVA, 2001).

Os estudos feitos em casa de vegetação apresentam as vantagens de poderem ser realizados em qualquer época do ano, com populações puras de nematoides, na concentração de inóculo desejada e uniformemente distribuída entre os tratamentos (HUSSEY & BOERMA, 1981).

A avaliação da resistência é frequentemente realizada com base na capacidade ou taxa de reprodução (fator de reprodução) dos nematoides nas plantas testadas, apesar de ser este um método indireto de avaliação da doença (MORALES, 2007).

A reprodução é medida procedendo à contagem dos nematoides (ovos, juvenis e/ou adultos, conforme o gênero envolvido) extraídos do sistema radicular e/ou da rizosfera. A seleção de plantas de soja através do fator de reprodução, buscando-se plantas resistentes, também permite a seleção de plantas intolerantes. Nesses genótipos, o ataque dos nematoides afeta o desenvolvimento do sistema radicular, tornando-o pequeno e suportando uma população pequena na raiz. Assim, quantificando-se somente a taxa de reprodução do nematoide em genótipos de soja, é impossível separar a resistência da intolerância, pois em ambos os casos há pequena taxa de reprodução (SILVA, 2001).

Alguns sintomas também podem ser utilizados para avaliar a resistência das plantas, como é o caso da contagem das galhas radiculares incitadas por *Meloidogyne* spp. Nesse caso é fundamental que haja correlação entre a ausência dos sintomas e a resistência da planta (SILVA, 2001). Para a soja, há correlação positiva entre o número de galhas e a suscetibilidade de plantas (KINLOCH, 1990).



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

Os ensaios experimentais foram realizados na Cooperativa Central Gaúcha Ltda – Unidade Tecnologia (CCGL TEC-FUNDACEP), em Cruz Alta, RS e em área de produtor no município de Julio de Castilhos, RS (20°04´S, 53°39´W), em local naturalmente infestado com o nematoide das galha, *M. javanica*, durante a safra agrícola 2011/12.



Figura 4 – Imagem de satélite do local onde foi realizado o experimento de campo, para avaliação de reação de genótipos de soja a *M. javanica*. Júlio de Castilhos, RS.

### **3.2 Escolha dos genótipos de soja**

Para realização do estudo, foram utilizados doze genótipos de soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] provenientes do programa de melhoramento de soja da Empresa CCGL TEC-FUNDACEP (CEPsRR 07224, CEPsRR 08414, CEPsBt 09018, CEPsBt 09021, CEPsBt 09030, CEPsBt 09033, CEPsBt 09036, CEPsBt 09049, CEPsRR 09086, CEPsBt 10129, FUNDACEP 58RR, FUNDACEP 64RR), e com genealogia de genitores com resistência a *M. javanica*. Em todas as etapas do experimento foram utilizados padrões de resistência e suscetibilidade de soja como controle. Utilizaram-se os genótipos BRS 256RR (EMBRAPA, 2010) como padrão resistente e BRS 243RR (EMBRAPA, 2010) como padrão suscetível.

### **3.3 Avaliação da resistência de genótipos de soja a *M. javanica***

#### **3.3.1 Experimento em condições de campo**

O experimento a campo já realizado em área naturalmente infestada com a espécie do nematoide das galhas *M. javanica* (Anexo 1), foi conduzido em Júlio de Castilhos, RS, em propriedade de produtor associado à CCGL. A semeadura ocorreu em duas épocas: 27/10/11 e 29/11/11, sob a forma de plantio direto, em sistema de covas espaçadas de 1,00 m x 0,50 m, conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com dez repetições, onde cada planta foi considerada uma repetição.

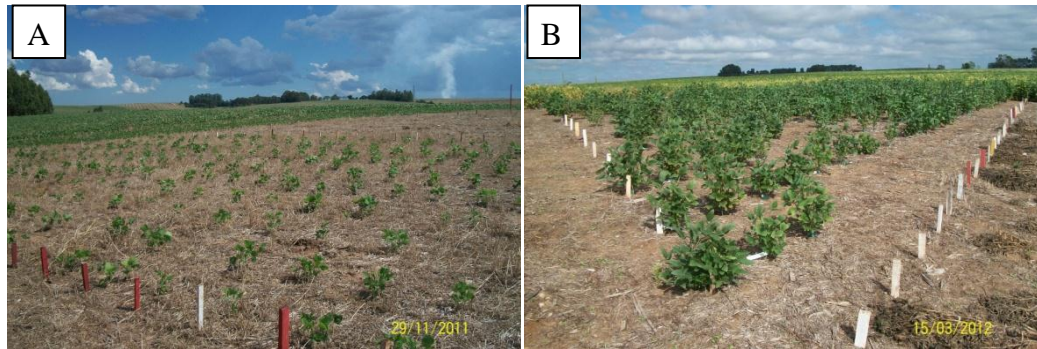


Figura 5 – Avaliação a campo de reação de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica*. (A) vista do ensaio 1ª época; (B) vista do ensaio 2ª época. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/12.

As avaliações foram realizadas quando as plantas estavam no estágio R7, o que ocorreu em 23/02/12 para a 1ª época de semeadura, 118 dias após o plantio, e em 28/03/12 para a 2ª época de semeadura, 126 dias após o plantio. Nestas avaliações, as plantas foram retiradas do solo com auxílio de pá de corte, e o sistema radicular de cada planta avaliado quanto à intensidade de galhas, utilizando-se a escala de notas de 0 a 5 (Figura 6), sugerida pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, MAPA (2012), onde 0 = imune; 1 = uma ou duas galhas e sistema radicular normal; 2 = poucas galhas pequenas e sistema radicular bem desenvolvido; 3 = galhas pequenas e sistema radicular pouco prejudicado; 4 = muitas galhas e sistema radicular prejudicado; e 5 = sistema radicular totalmente tomado por galhas. A classificação da reação de genótipos foi baseada na nota média das dez repetições. Foram considerados resistentes (R), os genótipos que receberam nota até 2,0, moderadamente resistentes (MR), os genótipos com notas de 2,1 até 3,0, e suscetíveis (S) os que receberam nota superior a 3,0 (MAPA, 2012).



Figura 6 – Plantas de soja com nota de intensidade de galhas de 1 a 5. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/12.

### 3.3.2 Experimento conduzido em casa de vegetação

Os 12 genótipos de soja avaliados a campos e os padrões de resistência e suscetibilidade (item 3.2), foram primeiramente semeados em copos plásticos (de 500 mL) com solo e areia estéreis, na proporção de 1:2, em casa de vegetação. A semeadura ocorreu em 20/03/12. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com dez repetições por genótipo, onde cada copo, contendo uma planta, representou uma repetição.

Para obtenção do inoculo, foram utilizadas plantas de soja proveniente da área de campo de Julio de Castilhos, RS, infestada com *M. javanica*. A extração dos ovos e juvenis de segundo estágio do nematoide foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti & Ferraz (1981). A contagem dos ovos foi feita em Lâmina de Peters e a suspensão calibrada para 1000 ovos/mL.

Dez dias após a germinação das sementes, cada plântula foi inoculada com 4 mL da suspensão de ovos, com o auxílio de uma pipeta. Os copos plásticos contendo as

plântulas foram mantidos em casa de vegetação, durante o período de duração do experimento, com médias de temperaturas mínimas de 12,1 °C e máximas de 30,3 °C.



Figura 7 – Genótipos de soja inoculados com *Meloidogyne javanica*, em casa de vegetação. (A) quatro dias após a inoculação; (B) 37 dias após a inoculação. Cruz Alta, RS.

Decorridos 55 dias da inoculação, as plantas foram levadas ao laboratório de fitopatologia da CCGL TEC, onde cada uma foi cuidadosamente retirada do copo plástico e teve suas raízes lavadas. Para contagem e estimativa do índice de galhas (IG) utilizou-se escala sugerida por Taylor & Sasser (1978) (Tabela 1) e contagem das massas de ovos, pelo método de coloração de massas de ovos de *Meloidogyne* spp. com fucsina ácida (SILVA *et al.*, 1988).

Tabela 1 – Escala para avaliação de Índice de Galhas e Índice de Massa de Ovos (Taylor & Sasser, 1978).

ÍNDICE	Nº DE GALHAS E/OU MASSA DE OVOS
0	0
1	1-2
2	3-10
3	11-30
4	31-100
5	>100

Fonte: TIHOHOD, 1993.

A seguir, procedeu-se a extração de ovos + J2 do nematoide das galhas através da metodologia proposta por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti & Ferraz (1981). A contagem dos ovos foi feita, em Lâmina de Peters com o auxílio de microscópio óptico, modelo Meiji. O número de ovos foi utilizado para cálculo do fator de reprodução (FR), obtido através da divisão da população final pela população inicial (inoculada) do nematoide em cada planta, conforme Oostenbrink (1966).

A resistência dos genótipos de soja ao nematoide foi avaliada de acordo com a classificação proposta por Canto-Sáenz (1985) (Tabela 2).

Tabela 2 – Esquema proposto por Canto-Sáenz (1985) para classificação de genótipos de soja quanto reação a *Meloidogyne javanica*, baseado no índice de galhas (IG) e fator de reprodução (FR).

REAÇÃO	IG e FR
Hipersuscetíveis	$IG > 2$ e $FR \leq 1$
Suscetíveis	$IG > 2$ e $FR > 1$
Tolerantes	$IG \leq 2$ e $FR > 1$
Resistentes	$IG \leq 2$ e $FR \leq 1$
Imunes	$IG = 0$ e $FR = 0$

Fonte: SASSER *et al.*, 1985.

### 3.4 Análise

Para análise dos dados de campo e casa de vegetação, procedeu-se a análise de variância (ANOVA). A discriminação entre as médias dos tratamentos (genótipos) para as variáveis: intensidade de galhas, número de galhas, índice de galhas, número de massa de ovos, número de ovos e fator de reprodução, foi realizada pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SASM-Agri (CANTERI *et al.*, 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação de resistência de genótipos de soja à *M. javanica* a campo

As avaliações a campo dos sistemas radiculares dos genótipos de soja, infectados por *Meloidogyne javanica*, resultaram em valores de intensidade de galhas que variaram de 1,8 a 3,6 na 1ª época de plantio, e de 0,8 a 3,3 na 2ª época de plantio (Tabela 3).

A intensidade de galhas na 2ª época de plantio apresentou valores mais baixos quando comparados com a 1ª época. Isto pode ter ocorrido em razão das condições climáticas ocorrentes durante a 2ª época, que contou com um período maior de estiagem do que na 1ª época [nos primeiros 30 dias após a semeadura da 1ª época choveu 47,25 mm, e com um acúmulo de umidade no solo de 121,5mm ocorridos no mês de outubro, enquanto que nos primeiros 30 dias após a semeadura da 2ª época choveu apenas 16,25 mm (SINDA, 2012)], o que pode ter influenciado negativamente o processo infeccioso por *M. javanica*. O decréscimo da umidade do solo de 30% para 5% causou redução significativa na infectividade de juvenis de segundo estágio de *M. incognita* em tomateiro, ainda a 28 °C a infectividade chegou a quase nula a partir do quarto dia de armazenamento do nematoide, com 5% de umidade de umidade do solo (FREIRE *et al.*, 2007).

Para classificação da reação a campo dos genótipos de soja (MAPA, 2012) quanto à infecção por *M. javanica*, fez-se o cálculo dos valores médios de intensidade de galhas, obtidos entre as duas épocas de plantio (Tabela 3).

Analisando separadamente cada época de plantio, destacaram-se na 1ª época os genótipos CEPsRR 07224, CEPsBt 09030, CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129, que apresentaram intensidade de galhas semelhantes a testemunha resistente (Tabela 3). Na 2ª época foi possível separar os genótipos em três grupos distintos; os genótipos CepsRR 07224, CepsBt 09018, CepsBt 09030, CepsBt 09036, CepsBt 09049, CepsRR 09086, CepsBt 10129 e FUNDACEP 64RR por apresentaram intensidade de galhas intermediária entre a testemunha resistente e suscetível; os genótipos CEPsRR 08414, CEPsBt 09021 e CEPsBt 09033

comportaram-se como a testemunha suscetível BRS 243RR e o genótipo FUNDACEP 58RR comportou-se como a testemunha resistente BRS 256RR, compondo o outro grupo (Tabela 3).

Tabela 3 – Intensidade de galhas ocasionadas por *Meloidogyne javanica* em genótipos de soja avaliados em duas épocas de plantio, média das duas avaliações de intensidade de galhas e reação dos genótipos ao nematoide, sob condições de campo. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/2012.

Genótipos	Intensidade de Galhas <sup>(1)</sup>		Média IG <sup>(2)</sup>	Reação <sup>(3)</sup>
	1ª época	2ª época		
CEPsRR 07224	2,1 b <sup>(4)</sup>	1,5 b <sup>(4)</sup>	1,8	R
CEPsRR 08414	2,8 a	2,6 a	2,7	MR
CEPsBt 09018	2,8 a	2,2 b	2,5	MR
CEPsBt 09021	3,3 a	2,6 a	3,0	MR
CEPsBt 09030	2,1 b	2,0 b	2,1	MR
CEPsBt 09033	3,0 a	2,8 a	2,9	MR
CEPsBt 09036	2,4 b	1,8 b	2,1	MR
CEPsBt 09049	2,7 a	1,7 b	2,2	MR
CEPsRR 09086	3,3 a	1,7 b	2,5	MR
CEPsBt 10129	2,3 b	1,7 b	2,0	MR
FUNDACEP 58RR	1,9 b	0,9 c	1,4	R
FUNDACEP 64RR	2,6 a	1,7 b	2,2	MR
BRS 243RR	3,6 a	3,3 a	3,5	S
BRS 256RR	1,8 b	0,8 c	1,3	R
CV (%)	20,8	28,9		

<sup>(1)</sup> Intensidade de galhas: 0 (zero) = ausência de galhas, 1 = com uma ou duas galhas e sistema radicular normal; 2 = com poucas galhas pequenas e sistema radicular bem desenvolvido; 3 = com galhas pequenas e sistema radicular pouco prejudicado; 4 = com muitas galhas e sistema radicular prejudicado; e 5 = raízes totalmente tomadas por galhas, máxima intensidade de galhas (MAPA, 2012);

<sup>(2)</sup> Nota média das duas avaliações de intensidade de galhas;

<sup>(3)</sup> R = resistente, MR = moderadamente resistente, S = suscetível (MAPA, 2012);

<sup>(4)</sup> Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Alguns genótipos obtiveram valores médios de intensidade de galhas bem distintos entre as épocas de avaliação. Um exemplo é o genótipo CEPsRR 09086, com intensidade de galhas igual a 3,3 na 1ª época de avaliação e 1,7 na 2ª época de avaliação. De acordo com escala para classificação fornecida pelo MAPA (2012), em



um momento este genótipo seria classificado como suscetível e em um segundo momento como resistente. Os genótipos que apresentaram intensidade de galhas consistente e inferior em ambas as avaliações (1° e 2° épocas) foram CEPsRR 07224, CEPsBt 09030, CEPsBt 09036, CEPsBt 10129 e FUNDACEP 58RR, além da testemunha resistente BRS 256RR.

Além da diferença na intensidade de galhas, foi possível observar diferenças visuais com relação ao porte de plantas, especialmente entre as testemunhas resistentes e suscetíveis (Figura 7). Na testemunha suscetível as raízes apresentavam-se tomadas por galhas de *M. javanica*, apresentando nota igual a 5 (Figura 8).

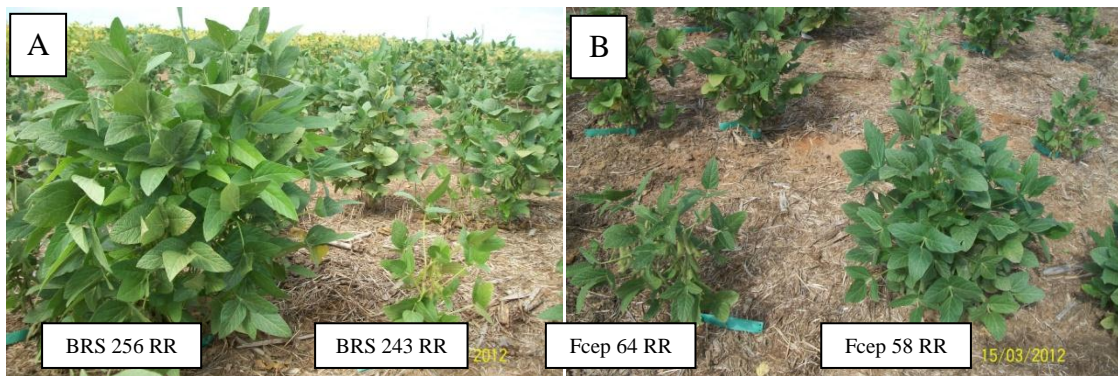


Figura 8 – Genótipos de soja em área com infestação natural de *Meloidogyne javanica*. (A) BRS 256RR – testemunha resistente e BRS 243RR - testemunha suscetível; (B) FUNDACEP 64RR e FUNDACEP 58RR. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/2012.



Figura 9 – Raízes de soja da testemunha suscetível BRS 243RR com nota máxima para intensidade de galhas (A) Avaliação da 1ª época; (B) Avaliação da 2ª época. Júlio de Castilhos, RS, safra 2011/2012.

Considerando-se as médias de intensidade de galhas nas duas épocas de plantio para classificação de intensidade de galhas em condições naturais, apenas o genótipo CEPsRR 07224 e FUNDACEP 58RR foram classificados como resistente (R), juntamente com a testemunha resistente BRS 256RR. Apenas a testemunha BRS 243RR foi classificada como suscetível (S).

Em diversos trabalhos são utilizados apenas o índice ou intensidade de galhas para seleção de genótipos de soja com resistência aos principais nematoides de galha. Dall'AgnoI & Antônio (1983) ao avaliar a reação de 1144 genótipos de soja em área naturalmente infestada por *M. javanica* e *M. incognita*, pelo critério de índice de galhas, selecionaram apenas 37 linhagens com resistência a *M. javanica* e *M. incognita*. Da mesma forma, Bertagnolli *et al.* (2000) avaliaram 206 genótipos de soja em área naturalmente infestada com nematoides de galhas, no município de Cândido Godói, RS. Destes, 15 foram classificados como tolerantes e os demais como moderadamente tolerantes e suscetíveis. Neste trabalho a escala utilizada para classificação da reação utilizou os mesmos valores de intensidade de galhas, porém os genótipos foram considerados tolerantes ao invés de resistentes e moderadamente tolerantes ao invés de moderadamente resistentes.

Os resultados obtidos para intensidade de galhas neste experimento indicam que os genótipos avaliados possuem resistência a *M. javanica*, já que todos foram classificados como resistentes ou moderadamente resistentes.

Embora a avaliação de genótipos de soja em condições naturais de infestação com *M. javanica* apresente uma caracterização mais próxima da realidade, alguns fatores podem interferir nos resultados. Dentre estes, pode-se citar a heterogeneidade de inóculo na área e também, as condições climáticas adversas, como ocorrido na safra 2011/2012, com forte estiagem. Estas interferências ambientais e também, a variação de intensidade de galhas observadas nas duas épocas de avaliação faz com que haja a necessidade de avaliações mais detalhadas, em condições controladas. Visando esclarecer este comportamento realizou-se experimento em casa de vegetação.

## 4.2 Avaliação de resistência de genótipos de soja a *M. javanica* em casa de vegetação

Considerando as variáveis: número de galhas e índice de galhas, fornecido pela contagem de galhas nas raízes (Figura 10), os genótipos foram separados estatisticamente em cinco grupos distintos (Tabela 4). Para estas variáveis, destacam-se os genótipos CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129, juntamente com a testemunha BRS 256RR, seguidos dos genótipos CEPsRR 07224, CEPsRR 08414, CEPsBt 09018, CEPsBt 09049 e FUNDACEP 58RR.

Tabela 4 – Variáveis utilizadas para classificação da reação de genótipos de soja quanto à infecção por *Meloidogyne javanica* e resultados médios das avaliações em casa de vegetação. Cruz Alta, RS, 2012.

Genótipos	Número de galhas <sup>(1)</sup>	IG <sup>(2)</sup>	NMO <sup>(3)</sup>	Número de ovos <sup>(4)</sup>	FR <sup>(5)</sup>	Reação <sup>(6)</sup>
CEPsRR 07224	13 d <sup>(7)</sup>	3 d <sup>(7)</sup>	83 a <sup>(7)</sup>	11674 b <sup>(7)</sup>	2,92 b <sup>(7)</sup>	S <sup>(8)</sup>
CEPsRR 08414	13 d	3 d	83 a	13371 b	3,34 b	S
CEPsBt 09018	12 d	3 d	69 b	7741 c	1,94 c	S
CEPsBt 09021	22 c	3 c	65 b	8102 c	2,03 c	S
CEPsBt 09030	30 b	3 b	59 b	8807 c	2,20 c	S
CEPsBt 09033	23 c	3 c	48 c	5258 d	1,32 d	S
CEPsBt 09036	10 e	2 d	62 b	5335 d	1,33 d	S
CEPsBt 09049	12 d	3 d	63 b	8819 c	2,21 c	S
CEPsRR 09086	26 b	3 b	83 a	8561 c	2,14 c	S
CEPsBt 10129	9 e	2 e	39 c	4444 d	1,11 d	S
FUNDACEP 58RR	16 d	3 d	48 c	9507 c	2,38 c	S
FUNDACEP 64RR	30 b	3 b	94 a	15077 a	3,77 a	S
BRS 243RR	48 a	4 a	92 a	17598 a	4,40 a	S
BRS 256RR	8 e	2 e	67 b	5148 d	1,29 d	S
CV (%)	17,5	16,1	29,0	18,2	18,2	

(1) Número de galhas por raiz;

(2) Índice de Galhas, proposto por Taylor & Sasser (1978);

(3) Número de massas de ovos;

(4) Número de ovos;

(5) Fator de reprodução = população final/população inicial (Pi=4000) (Oostenbrink, 1966);

(6) Reação de acordo com o FR, onde FR<1,00 = resistente e FR>1,00 = suscetível (Oostenbrink, 1966);

(7) Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância;

(8) S=suscetível (Oostenbrink, 1966).

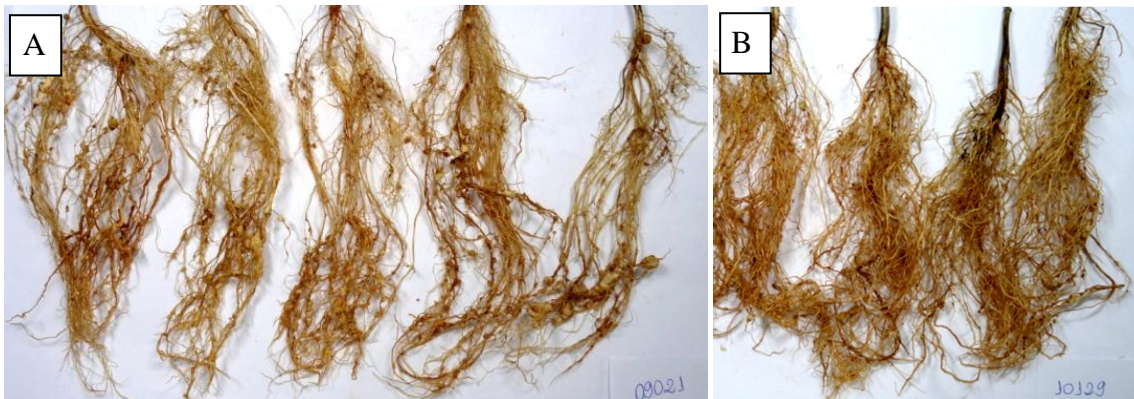


Figura 10 – Raízes de soja para contagem do número de galhas. (A) genótipo CEPsBt 09021; (B) genótipo CEPsBt 10129.

Na contagem do número de massa de ovos (NMO) nas raízes (Figura 11), os genótipos CEPsBt 09033, CEPsBt 10129 e FUNDACEP 58RR, apresentaram valor estatisticamente inferior, seguidos pelos genótipos CEPsBt 09018, CEPsBt 09021, CEPsBt 09030, CEPsBt 09036, CEPsBt 09049 e BRS 256RR. Neste experimento os resultados de número de massa de ovos (NMO) não apresentaram uma relação com os resultados obtidos para as variáveis IG e FR. De acordo com Lordello (1982), o número e o índice de massa de ovos expressam de forma estimada a reprodução do nematoide, não sendo totalmente precisa, já que uma massa de ovos pode conter desde poucos até mais de dois mil ovos.



Figura 11 – Raízes coradas com fucsina ácida para contagem de massa de ovos. (A e B) genótipo CepsRR 08414; (C) genótipo CepsBt 09049.

Para as variáveis, número de ovos e FR, todos os genótipos testados apresentaram valores inferiores aos observados nas testemunhas suscetíveis,

destacando-se os genótipos CepsBt 09033, CepsBt 09036 e CepsBt 10129. Nestes, os valores de reprodução foram inferiores aos demais e muito próximos de um, indicando que estes genótipos multiplicam muito pouco o nematoide.

A testemunha suscetível BRS 243RR e o genótipo FUNDACEP 64RR apresentaram os maiores valores de número de ovos e fator de reprodução. Diferentes estatisticamente das testemunhas, mas também com valores superiores aos demais, estão os genótipos CepsRR 07224 e CepsRR 08414.

Os genótipos CepsRR 07224, CepsRR 08414 e FUNDACEP 58RR, apresentaram número de galhas relativamente baixo (13, 13 e 16, respectivamente), porém mostraram serem bons multiplicadores do nematoide com  $FR > 2$ . Em termos práticos, em uma safra agrícola, no mínimo, dobrará a população de nematoides em uma área que seja plantada com algum destes genótipos. Resultado semelhante também foi verificado por Dias *et al.* (2010c), que testando reação de genótipos de soja a *M. enterolobii* e *M. ethiopica*, observou, em geral, correlação positiva entre IG e FR para ambos os nematoides; mas, no caso de *M. enterolobii*, houve exceções. A cultivar MG/BR-46 apresentou índice de galhas baixo e fator de reprodução relativamente alto, enquanto que as cultivares BRS 213, BRS Corisco e Ocepar 4 Iguçu, apresentaram comportamento oposto com IG altos e FR relativamente baixos.

Considerando somente os resultados das avaliações de índice de galhas (TAYLOR & SASSER, 1978), os genótipos CepsBt 09036 e CepsBt 10129 seriam classificados como resistentes (R), assim como a testemunha BRS 256RR, com valor de IG igual a 2. Os demais genótipos de soja seriam classificados como suscetíveis (S), com notas de IG entre 3 e 4. Resultado semelhante foi apresentado por Pipolo *et al.* (1991), onde, avaliando a reação de 30 genótipos de soja precoce a *M. javanica*, classificaram com base apenas no IG três genótipos como resistentes a esta espécie, e o restante dos genótipos como suscetíveis.

Apesar de existirem genótipos em que o IG não se correlaciona com o FR, os programas de melhoramento genético de soja, em função do grande número de linhagens a serem testadas (milhares), geralmente selecionam os materiais resistentes a *Meloidogyne* spp. com base apenas no IG. Isso se justifica pelo fato de o IG ser o parâmetro de mais fácil determinação e que permite avaliar rapidamente um grande número de linhagens (DIAS *et al.* 2010c). O IG também é o parâmetro que consta nos protocolos dos testes de avaliação da reação de genótipos de soja

aos nematoides de galhas elaborados pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (MAPA, 2012), e que serve de parâmetro para os melhoramentos genéticos.

O valor do IG é uma informação importante, a qual permite ao produtor plantar uma cultivar de soja com IG baixo ( $\leq 2$ ) em um área com infestação de nematoides de galha, ter uma produção próxima do normal, sem maiores reduções no rendimento. Porém, cabe salientar que a escolha de cultivares de soja para cultivo baseada apenas no IG não leva em consideração a multiplicação do nematoide. Com o passar dos anos e, dependendo do fator de reprodução das cultivares utilizadas, a área cultivada pode tornar-se totalmente inviável para produção em razão da multiplicação e aumento da população do nematoide. Tendo em vista que nematoides são de difícil erradicação, é necessário que se mantenha sua população em baixos níveis no campo. Logo, o conhecimento a respeito do fator de reprodução também é importante na escolha das cultivares de soja a serem cultivadas.

Neste experimento, todas as cultivares apresentaram  $FR > 1$ , e seriam, então, classificadas como suscetíveis (OOSTENBRINK, 1996), pois reproduzem o nematoide. Resultados similares foram obtidos por Asmus & Andrade (1997) em experimento realizado com cultivares de soja recomendadas para o Mato Grosso, onde todos os genótipos avaliados apresentaram um expressivo número de ovos de *M. javanica* por grama de raiz e um fator de reprodução superior a 1,0, que, embora significativamente inferiores ao obtido com o tomateiro, utilizado como testemunha, caracterizaram suscetibilidade ao nematoide.

O mesmo foi verificado por Sologuren & Santos (1998), que em experimento realizado em telado avaliaram a reprodução de *M. javanica* em dez genótipos de soja, incluindo “MG/BR 48”, considerado resistente (EMBRAPA, 2002), e observaram que em todos os tratamentos o fator de reprodução do nematoide foi superior a 1,0, de modo que todos os genótipos comportaram-se como bons hospedeiros para o nematoide.

Outros resultados semelhantes também foram encontrados tanto para soja em relação a nematoides de galhas como outras culturas. Como em trabalho realizado com 29 variedades de cana-de-açúcar onde os resultados obtidos para *M. javanica* mostraram a suscetibilidade de todas as variedades, quando se utilizou o método de classificação baseado no fator de reprodução (DIAS-ARIEIRA *et al.*,

2010). Em trabalho com doze clones ou cultivares de batata avaliada a reação à *M. incognita*, *M. javanica* e *M. mayanguensis* em casa de vegetação, de acordo com o FR, todos os clones e cultivares avaliados, se comportaram como suscetíveis às espécies de nematoides estudadas, ainda, especificamente para *M. javanica* o FR entre os clones e cultivares variou de 4,7 a 24,5 (SILVA *et al.*, 2010). Na avaliação de cinco linhagens de feijão-vagem para a reação ao nematoide *M. javanica* em casa de vegetação, baseado no FR, quatro linhagens foram consideradas resistentes, apresentando  $FR < 1$  e apenas uma linhagem, HAB403, foi considerada suscetível (BAIDA *et al.*, 2011). Genótipos com resistência ( $FR < 1$ ) e imunes ( $FR = 0$ ) a nematoides de galhas também são relatados, como em trabalho de Gomes *et al.* (2011), onde avaliou-se a reação de 18 genótipos de milho a *M. graminicola*, com base no FR, quatro genótipos comportaram-se como resistentes e o restante como imunes ao nematoide.

Apesar da importância dos resultados obtidos, e da importância de se saber o FR do nematoide para reação da cultivar a ser utilizada pelo produtor, avaliações realizadas somente com o valor do fator de reprodução podem classificar genótipos como resistentes, sendo estes na realidade intolerantes. De acordo com Silva (2001), quando se quantifica somente a taxa de reprodução do nematoide em genótipos de soja, é impossível separar a resistência da intolerância, pois em ambos os casos há pequena taxa de reprodução. No entanto, nas plantas resistentes o desenvolvimento é normal e nas intolerantes o desenvolvimento é afetado.

Classificações de reação de genótipos a nematoides de galhas realizadas utilizando-se mais de uma variável, demonstram maior exatidão na classificação do comportamento do genótipo frente ao nematoide, pois é possível considerar-se não somente os danos causados ao hospedeiro pelo nematoide, com também a reprodução do nematoide no hospedeiro.

Considerando-se a resistência dos genótipos a *M. javanica* na escala de Canto-Saénz (1985), pode-se verificar que os genótipos avaliados neste estudo CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129 se destacaram por serem classificados como tolerantes assim como a testemunha BRS 256RR. Os demais genótipos e testemunhas foram classificados como suscetíveis, pois apresentaram  $IG > 2$  e  $FR > 1$  (Tabela 6). A classificação da reação dos genótipos a *M. javanica* baseada na escala de Canto-Saénz (1985), contempla o índice de galhas e o fator de reprodução para a classificação, apresentando um resultado coerente da reação do

genótipo ao nematoide, visto que leva em consideração dois parâmetros diferentes de avaliação. A mesma escala foi utilizada em estudo realizado por Dias *et al.* (2010c), com número relativamente pequeno de genótipos em avaliação, foi possível determinar dois parâmetros (IG e FR) e utilizar-se o esquema de Canto-Sáenz para caracterizar as reações. De acordo com Canto-Saénz (1985), o fator de reprodução e o grau de danos no hospedeiro são os critérios mais reais para avaliar a reação de plantas aos nematoides de galhas.

Tabela 5 – Reação dos genótipos de soja a *M. javanica* conforme critérios de Canto-Saénz (1985) em casa de vegetação. Cruz Alta, RS, 2012.

Genótipos	IG <sup>(1)</sup>	FR <sup>(2)</sup>	Reação <sup>(3)</sup>
CEPsRR 07224	3	2,92	S
CEPsRR 08414	3	3,34	S
CEPsBt 09018	3	1,94	S
CEPsBt 09021	3	2,03	S
CEPsBt 09030	3	2,20	S
CEPsBt 09033	3	1,32	S
CEPsBt 09036	2	1,33	T
CEPsBt 09049	3	2,21	S
CEPsRR 09086	3	2,14	S
CEPsBt 10129	2	1,11	T
BRS 243RR	4	4,40	S
BRS 256RR	2	1,29	T
FUNDACEP 58RR	3	2,38	S
FUNDACEP 64RR	3	3,77	S

(1) Índice de galhas;

(2) Fator de reprodução = população final/população inicial;

(3) HS = hipersuscetíveis (IG > 2 e FR ≤ 1), S = suscetível (IG > 2 e FR > 1), T = tolerante (IG ≤ 2 e FR > 1) e R = resistente (IG ≤ 2 e FR ≤ 1).

Resultados semelhantes com base nesses mesmos critérios, também foram encontrados por Mendes & Rodrigues (2000), onde ao avaliar a reação de 13 cultivares de soja a *M. javanica*, em casa de vegetação, verificaram que nenhuma cultivar comportou-se como resistente; porém, sete desses genótipos foram classificados como tolerantes. Já em trabalho realizado por Soares & Santos (2009), testando a reação de 11 cultivares de soja a uma população de *M. javanica*,



observaram que apenas uma cultivar (BRSMG Garantia) comportou-se como tolerante de acordo com a classificação de Canto-Sáenz (1985); as demais, embora tenham sido consideradas suscetíveis, de acordo com o critério adotado, exibiram valores de FR maiores e próximos de 1, evidenciando, segundo os autores, menor suscetibilidade. Informação importante, pois como sugerem Asmus & Andrade (1997) na falta de cultivares resistentes a *M. javanica* para áreas infestadas pelo nematoide deve-se dar preferência às cultivares que não permitam uma alta reprodução do mesmo.

A respeito de suas limitações, a utilização do IG já possibilitou o desenvolvimento de muitas cultivares de soja resistentes ou moderadamente resistentes a *M. incognita* e/ou *M. javanica* no Brasil. Sobretudo, no caso de *M. javanica*, quase todas essas cultivares apresentam  $FR > 1$ , embora baixos (DIAS *et al.* 2010c). Sabe-se ainda, que existe maior disponibilidade de cultivares com diferentes graus de resistência a *M. incognita* do que para *M. javanica* (SILVA, 2001). Estas afirmações foram verificadas em estudo realizado em telado por Asmus & Andrade (1996). Avaliando a reação de 48 cultivares de soja recomendadas para o Estado do Mato Grosso do Sul a *M. javanica*, os autores concluíram que todas as cultivares foram altamente suscetíveis ao nematoide, inclusive as cultivares BR 6 (Nova Bragg) e IAC 8, que são consideradas resistentes, e a cultivar UFV/ITM 1, considerada moderadamente tolerante a este nematoide (EMBRAPA, 2002).

Muitos resultados de pesquisa, como já citados neste trabalho, mostram divergências. Entre as explicações para a obtenção de alguns resultados conflitantes com os dados da literatura está a utilização de diferentes critérios de avaliação (SOARES & SANTOS, 2009). Alguns autores realizam a classificação dos genótipos de soja, assim como de outras culturas conforme resultado obtido pelo valor índice de galhas, outros autores classificam conforme valor do fator de reprodução e outros ainda, conforme valores dos dois (índice de galhas e fator de reprodução). Outro exemplo de diferentes critérios de avaliação é a utilização de diferentes escalas, como no trabalho realizado por Hussey & Boerma (1991) que avaliaram cento e trinta e nove cultivares de soja do Sul dos Estados Unidos, para a resistência a *Heterodera glycines*, *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica* em casa de vegetação, e nos resultados apresentados para reação a *M. javanica*, 6% das cultivares foram classificadas como resistentes e 40% como moderadamente resistentes. Contudo, a classificação realizada conforme o índice de galhas (cultivares com notas até 1,5,

resistentes; de 1,6 à 2,5, moderadamente resistentes; e acima de 2,6 suscetíveis) difere da escala utilizada no Brasil e fornecida pelo MAPA. Além disto, outro fator que pode interferir e gerar inconsistência em resultados apresentados por diferentes trabalhos é a diferença na agressividade de populações de nematoides utilizadas, variável de local para local (TIHOHOD & FERRAZ, 1986).

A seleção de genótipos de soja visando resistência aos nematoides de galhas também tem sido problemática, em avaliações realizadas em campos naturalmente infestados (DALL'AGNOL *et al.*, 1984). Falta de uniformidade do inoculo no solo, flutuações sazonais e a avaliação apenas visual do índice de galhas (HUSSEY & BOERMA, 1981) são fatores que tem contribuem para a obtenção de resultados divergentes (MENDES & RODRIGUES, 2000). Trabalhos realizados em campo indicam que, embora suscetíveis em casa de vegetação, algumas cultivares, tais como BR 6 (Nova Bragg), Bragg, Bossier, Santa Rosa e IAC 8 podem apresentar tolerância ao ataque de *M. javanica*, resultando num menor índice de galhas (ASMUS & ANDRADE, 1997). Portanto, muito ainda deve ser feito a respeito da avaliação de genótipos seja de soja ou outras culturas a reação ao nematoide de galhas. Contudo, utilizando-se os resultados obtidos através da avaliação de diferentes variáveis, é possível uma classificação coerente da reação dos genótipos aos nematoides.

Analisando os resultados obtidos neste trabalho (tanto no campo como em casa de vegetação) é possível verificar que os genótipos CepsBt 09036 e CepsBt 10129 se destacaram em todas as avaliações, apresentando resultados similares à testemunha resistente BRS 256RR. Através desses resultados, o programa de melhoramento poderá dentro dos dez genótipos testados, fazer o uso de dois destes como cultivares de soja com real potencial para ser utilizado por produtores com áreas comprometidas pela infestação com *M. javanica*.

Ainda, é possível verificar que algumas informações e resultados são contrastantes, como exemplo, os encontrados para o genótipo CepsBt 09033, o qual foi bem em casa de vegetação, mas não obteve o mesmo resultado nas avaliações de campo. Isso se deve às diversas considerações citadas anteriormente, principalmente às relacionadas ao ambiente. A avaliação em campo naturalmente infestado com nematoides é importante, pois retrata as condições naturais, mais próximas ao que o produtor encontrará em seu cultivo. Porém, não deve ser a única avaliação levada em consideração para a classificação de linhagens de soja quanto

à reação ao nematoide de galhas. Desta forma, as avaliações realizadas em casa de vegetação são imprescindíveis e pode-se destacar a importância das variáveis índice de galhas e fator de reprodução para uma melhor caracterização. Além disso, os resultados advindos da avaliação de número de massa de ovos, obtidos nesse estudo, não trouxeram uma aplicação prática, relacionado a resistência ao nematoide das galhas.

Os estudos feitos em casa de vegetação apresentam as vantagens de poderem ser realizados em qualquer época do ano, com populações puras de nematoides, na concentração de inoculo desejada e uniformemente distribuída entre os tratamentos. Devido a essas vantagens, ensaios em casa de vegetação devem sempre preceder os trabalhos realizados em campo (HUSSEY & BOERMA, 1981).

Através dos resultados obtidos neste trabalho e levando em conta observações de outros autores, indica-se como metodologia para classificação de linhagens de soja quanto à reação a *M.javanica*, principalmente em programas de melhoramento, que sejam feitas avaliações em condições controladas (casa de vegetação), quantificando índice de galhas e fator de reprodução e posteriormente, experimentos no campo (em área com infestação natural), somente com as linhagens mais promissoras avaliadas em casa de vegetação, para uma confirmação e/ou verificação dos resultados.

## 5 CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos em campo e casa de vegetação, conclui-se que os genótipos CEPsBt 09036 e CEPsBt 10129 comportaram-se como tolerantes a *M. javanica*. Indicando que os genitores utilizados no programa de melhoramento de soja da CCGL TEC têm boas bases genéticas de tolerância ao nematoide.

Na classificação de linhagens de soja quanto à reação a *M. javanica*, sugere-se a realização de avaliações no campo, em área com infestação natural, e em casa de vegetação quantificando-se índice de galhas e fator de reprodução para uma confirmação e verificação dos resultados.

A utilização de cultivares resistentes e/ou tolerantes proporciona resultados vantajosos, tanto do ponto de vista econômico quanto ecológico, minimizando a utilização de produtos químicos e possibilitando um manejo sustentável da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, J. N. **Plant Pathology**. New York: Academic Press, 1988. 803 p.

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. IFNP: São Paulo, 2009.

ANTÔNIO, H. Avaliação das perdas causadas por *Meloidogyne incognita* raça 4 no cultivar BR-4 de soja. **Nematologia Brasileira**, v.12, p.29-34, 1988.

ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: FERRAZ, L. C. C. B.; ASMUS, G. L.; CARNEIRO, R. G.; MAZAFFERA, P.; SILVA, J. F. V. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 39-62.

ASMUS, G. L. & ANDRADE, P. J. M. **Reação a *Meloidogyne javanica* de algumas cultivares de soja recomendadas para o Estado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1997. Boletim de Pesquisa, 2. 20p.

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

BAIDA, F. C.; SANTIAGO, D. C.; TAKAHASHI, L. S. A.; ATHANÁZIO, J. C.; STROZE, C. T.; ARIEIRA, G. de O. Hospedabilidade de linhagens de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*) a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, sob cultivo protegido. **Nematropica**, v. 41, n. 1, p. 62-67, 2011.

BARKER, K. R. Resistance/Tolerance and Related Concepts/Terminology in plant nematology. **Plant Disease**, v. 77, n. 2, 1993.

BERTAGNOLLI, P. F.; BONATO, E. R.; SCHNEIDER, S.; VELLOSO, J. F. **Avaliação de genótipos de soja, da Embrapa ao nematoide de galha *Meloidogyne javanica*, no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. Doc.12.

BERTAGNOLLI, P. F.; BONATO, E. R. ; SCHNEIDER, S. Reação de genótipos de soja a nematoides de galhas, em condições de campo. In: XXII Congresso Brasileiro de Nematologia, 24 (1), 2000, Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: Nematologia Brasileira, 2000.

BLACK, J. R. Complexo Soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p.1-19.

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

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p. 1-16.

BONETTI, J. I. & S. FERRAZ. Modificações no método Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua*, em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 533, 1981.

CAMPOS, V. P. **Manejo de doenças causadas por fitonematoides**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 124p. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Manejo de Doenças de Plantas.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001.

CANTO-SÁENZ, M. The nature of resistance to *Meloidogyne incognita*. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. **An advanced treatise on Meloidogyne**. Vol 1: biology and control. Raleigh, NC, USA: North Carolina State University Graphics, 1985. p. 225-231.

CLARKE, D. D. Tolerance of parasites and disease in plants and its significance in host-parasite interactions. In: INGRAM, D.S.; WILLIAMS (Eds.). **Advances in plant pathology**. v. 5. London: Academic Press, 1986.

CONAB **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 13 julho 2012.

COSTAMILAN, L. M. Estresses ocasionados por doenças e por nematoides. In: BONATO, E.R. **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 145-200.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Ivo Manica e José Antônio Costa (Ed.), 1996. 233p.

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

CUNHA E CASTRO, J. M. da; LIMA, R. D.de; CARNEIRO, R. M. D. G. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, v.27(1), p.1-12, 2003.

DALL'AGNOL, A.; HIRAKURI, M. H. **Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja**. Disponível em: <[http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/agronegocio\\_soja.pdf](http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/agronegocio_soja.pdf)>. Acesso em: 20 julho. 2012.

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

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

DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. de S. Nematoides. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Eds.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010a. p. 173-206.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. de S. **Nematoides em Soja: Identificação e Controle**. Londrina: Embrapa, 2010b. Circular Técnica 76. 8 p.

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

DIAS-ARIEIRA, C. R.; SANTOS, D. A.; SOUTO, E. R.; BIELA, F.; CHIAMOLERA, F. M.; CUNHA, T. P. L. da; SANTANA, S. de M.; PUERARI, H. H. Reação de variedades de cana-de-açúcar aos nematoides de galhas. **Nematologia Brasileira**, v. 34(4), p. 198-203, 2010.

EISENBACK, J. D. Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males and females of the genus *Meloidogyne*: root-knot nematodes. In: SASSER, J.N.; CARTER, C.C. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. Vol 1: biology and control. Raleigh, NC, USA: North Carolina State University Graphics, 1985. p. 47-77.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011**. Londrina: Embrapa soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuaria Oeste, 2010. 255p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná - 2003**. Londrina: Embrapa soja, 2002. 265p.

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidogynoses da soja: passado, presente e futuro. In: FERRAZ, L. C. C. B.; ASMUS, G. L.; CARNEIRO, R. G.; MAZAFFERA, P.; SILVA, J. F. V. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

FERRAZ, S.; MENDES, M. L. O nematoide das galhas. **Informe Agropecuario**, v. 172, p. 37-42, 1992.

FERREIRA, N. P. **Reação de genótipos de soja do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia ao fitonematóide *Heterodera glycines* Raça 3**. 2007. 33 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

FREIRE, E. S.; CAMPOS, V. P.; DUTRA, M. R.; ROCHA, F. da S.; SILVA, J. R. C.da; POZZA, E. A. Infectividade de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne* incognita em tomateiro após privação alimentar em solo e água em diferentes condições. **Summa phytopatology**. Botucatu, v. 33, n. 3, p. 270-274, 2007.

GOMES, C. B.; EMYGDIO, B. M.; SIGNORINI, A. T. T.; SOMAVILLA, L. Avaliação da resistência de genótipos de milho a *Meloidogyne graminicola*. **Pesquisa Agropecuaria Gaúcha**. Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 85-88, 2011.

GOMES, C. B.; CAMPOS, A. D. Nematoides. In: RASEIRA, M. C. B.; QUEZADA, A. C. (Ed.) **Pêssego: produção**. Brasília: Serviço de Produção de Informações, 2003. p. 115-122 (Frutas do Brasil, 49).

GOULART, R. dos R.; NASCIMENTO, R. R. S.do; NASCIMENTO, R. J.do; SANTOS, C. L. R.dos; SILVA, P. C. P.da; GAVAZZA, M. I. A.; PIMENTEL, J. P. Avaliação de linhagens e cultivares de caupi à infecção por *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Agronomia**, v. 38, n. 2, p. 51-54, 2004.

HUSSEY, R.S.; BOERMA, H.R.; RAYMER, P.L.; LUZZI, B.M. Resistance in soybean cultivars from Maturity Groups V-VIII to soybean cyst and root-knot nematodes. **Journal of Nematology**, v.23, n.45, p. 576-583, 1991.

HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. A greenhouse screening procedure for root-knot nematode resistance in soybeans. **Crop Science**, v. 21, p. 794-796, 1981.

HUSSEY, R. & BARKER, K. R. A Comparations of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. Including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

JUNG, C.; WYSS, U. New approaches to control plant parasitic nematodes. **Appl Microbial Biotechnol**, v. 51, p. 439-446, 1999.

KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A. Princípios gerais de controle. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. v. 1: Princípios e conceitos. 3ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p.692-709.

KINLOCH, R. A. Screening for resistance to root-knot nematodes. In: STARR, J. L. **Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes**. Maryland: Society of Nematologists, 1990. p. 16-23.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 7ed. São Paulo: Nobel, 1982. 314p.



MAI, W. F. Plant-parasitic nematodes: their threat to agriculture. In: SASSER, J. N. & CARTER, C. C. **An advanced treatise on Meloidogyne**. v. 1: Biology and control. Raleigh: North Carolina State University, 1985, p. 11-17.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Protocolos para avaliação de reação às doenças em soja. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/protecao-cultivares/formularios-protecao-cultivares> >. Acesso em: 15 janeiro. 2012.

MENDES, M. de L.; RODRIGUEZ, P. B. N. Reação de Cultivares de Soja [*Glycine max* (L.) Merrill] aos Nematoides de Galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* R.1,2,3 e 4. **Nematologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 211-217, 2000.

MITTAL, A.; KUMA, V.; AHMAD, I. Status and prospects of nematode resistance in crop plants a review. **Agricultural Reviews**, v. 12, n. 1, p. 16-25, 2000.

MORALES, A. M. R. **Análise da expressão de genes relacionados à resistência a *Meloidogyne javanica* em soja, através da técnica de PCR em tempo real**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”UNESP, Jaboticabal, 2007.

OOSTENBRINK, M. **Major characteristic of the relation between nematodes and plants**. Mededelingen Landbouwhogeschool, Wageningen – Nederlands, 1966. 46 p.

PIPOLO, V. C.; TIHOHOD, D; ATHAYDE, M. L. F.; PIPLOLO, A. E. Avaliação da resistência de genótipos de soja precoce a *Meloidogyne javanica* visando plantio em áreas de reforma canavieira. **Nematologia Brasileira**, v.15, n.1, p.17-23, 1991.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R. J.; BRIDGE, J. **Plant resistance to parasitic nematodes**. New York: CABI, 2002.

ROESE, A. D. **Reação de cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill) e de espécies de plantas daninhas a *Meloidogyne paranaensis***. 2003. 69 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SANTOS, A. V. & GOMES, C. B. Reação de cultivares de mamona a *Meloidogyne* spp. e efeito dos exsudatos radiculares sobre *Meloidogyne enterolobii* e *M. graminicola*. **Nematologia Brasileira**, v. 35, n. 1/2, p. 1-9, 2011.

SASSER, J. N. & CARTER, C. C. Overview of the international Meloidogyne project 1975-1984. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Ed). **An advanced treatise on Meloidogyne**. Vol 1: biology and control. Raleigh, NC, USA: North Carolina State University Graphics, 1985.

SASSER, J. N. Pathogenicity, host and variability in *Meloidogyne* species. In: LAMBERTI, F. & TAYLOR, C. E. (ed.). **Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) – Systematics, biology and control**. New York: Academic Press, 1979, p.257-268.

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

SILVA, A.R.; SANTOS, J. M.; HAYASHI, P. C. R.; HAYASHI, E. Reação de clones e cultivares de batata avaliados em casa de vegetação a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. mayanguensis* e in vitro a *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 48-55, 2010.

SILVA, J. F. V. Resistência genética da soja a nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V.; MAZAFFERA, P.; CARNEIRO, R. G.; ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, Sociedade de Nematologia, 2001. 127p.

SILVA, G. S., J. M. SANTOS & S. FERRAZ. 1988. Novo método de coloração de ootecas de *Meloidogyne* sp. **Nematologia Brasileira**, 12: 6-7. 1988.

SINCLAIR, J. B. & BACKMANN, P. A. (ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3ed. St. Paul, Minnessota: APS Press, 1993. 106p.

SINCLAIR, J. B. & SHURTLEFF, M. C. **Compendium of soybean diseases**. St Paul: APS Press, 1975. 69p.

SINDA. SISTEMA NACIONAL DE DADOS AMBIENTAIS. Disponível em: < [http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/historico/consulta\\_pcda.jsp](http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/historico/consulta_pcda.jsp) >. Acesso em: 04 abril. 2012.

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

SOLOGUREN, F. J. & SANTOS, M. A. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em genótipos de soja. In: XXI Congresso Brasileiro de Nematologia, 1998. p. 2. **(Resumos)**.

STARR, J. L. **Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes**. Maryland: Society of Nematologists, 1990. 85p.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. **Biology, identification and control of root-knot nematodes**. Raleigh: NCSU Graphics. 1978. 111p.

TIHOHOD. **Nematologia agrícola aplicada**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 473p.

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

TORRES, R. G.; RIBEIRO, N. R.; BOER, C. A.; FERNANDES, O.; FIGUEIREDO, A. G.; NETO, A. F. **Manejo integrado de nematoides em sistema de plantio direto no cerrado**. Disponível em:

<[http://www.monsoy.com.br/pdf/MANEJO%20DE%20NEMATOIDES%20EM%20SPD%20NO%20CERRADO\\_CT\\_21\\_11\\_2009.pdf](http://www.monsoy.com.br/pdf/MANEJO%20DE%20NEMATOIDES%20EM%20SPD%20NO%20CERRADO_CT_21_11_2009.pdf)> Acesso em 20 dezembro. 2009.

TRUDGILL, D. L. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. **Annual Review of Phytopatology**, v. 29, n. 1, p. 167-192, 1991.

USDA – **United States Department of Agriculture**. Disponível em:<<http://www.usda.gov>>. Acesso em 13 abril 2011.

WALLACE, H. R. A perception of tolerance. **Nematologica**, v.33, p. 419-432, 1987.

WALLACE, H. R. **Nematode Ecology and Plant Disease**. New York EUA: Crane, Russak & Company, 1973. 228p.

WENDLAND, A. **Expressão gênica da interação soja – *Meloidogyne javanica* via microarranjos de DNA**. 2005. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

WILLIANSO, V. M.; HUSSEY, R. S. Nematode pathogenesis and resistance in plants. **The Plant Cell**, v. 8, p. 1735-1745, 1996.

YORINORI, J. T. Riscos de surgimento de novas doenças na cultura da soja. In: Congresso de tecnologia e competitividade da soja no mercado global, 1., 2000, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Fundação MT, 2000. p. 165-169.

ZAMBIASI, T.; BELOT, J. L. Proteção integrada. **Cultivar (Grandes Culturas)** - Caderno Técnico: Pragas. 2010.

## ANEXO I



Clima Temperado

LABORATÓRIO DE NEMATOLOGIA

RESULTADOS DE ANÁLISE



**Requerente:** Juliana Bruinsma; juliana.bruinsma@ccgl.com.br; CGL TEC  
**Endereço:** Prédio C1, RS 342, Km 149, Zona Rural, C.P.10, CEP 98005-970; Cruz Alta-RS, fone-fax: 055 3321-9400,  
**Material:** amostra de raízes de soja com solo enviada pelo próprio requerente  
**Número de amostras:** 1  
**Metódo(s) de análise:** Identificação de espécies de *Meloidogyne* por isoenzimas

**Detecção e identificação do nematóide das galhas ( *Meloidogyne* sp.)**

Amostra	Espécie(s) identificada(s)
Amostra 1- Julho de Castilhos	<i>Meloidogyne javanica</i>

Cesar Bauer Gomes  
 PESQUISADOR III  
 FITOPATOLOGIA - NEMATOLOGIA  
 EMBRAPA CLIMA TEMPERADO

Pesq. Cesar Bauer Gomes/Nematologia  
 Responsável Técnico  
 Pelotas, 03 de Abril de 2012.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento  
 Embrapa Clima Temperado  
 BR 392, Km 78., Caixa Postal 403  
 96001-970, Pelotas-RS  
 Fone: 0XX53-275-8152/ 275-8161  
 Fax: 0XX53-275-8220