

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOLÓGICAS DE
Pratylenchus brachyurus EM SOJA E ELABORAÇÃO DE
UMA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO DE
GENÓTIPOS A CAMPO**

Adriana Figueiredo
Engenheira Agrônoma

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOLÓGICAS DE
Pratylenchus brachyurus EM SOJA E ELABORAÇÃO DE
UMA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO DE
GENÓTIPOS A CAMPO**

Adriana Figueiredo

Orientador: Prof. Dr. Jaime Maia dos Santos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola)

2013

F475e Figueiredo, Adriana
Estudo de variáveis ecológicas de *Pratylenchus brachyurus* em soja e elaboração de uma escala de notas para seleção de genótipos a campo / Adriana Figueiredo. – – Jaboticabal, 2013
xv, 68 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Jaime Maia dos Santos
Banca examinadora: Arlindo Leal Boiça Júnior, Jadir Borges Pinheiro, Maria Amelia dos Santos, Pedro Luiz Martins Soares
Bibliografia

1. Coeficiente de correlação de Pearson. 2. Ecologia de nematoides. 3. *Glycine max*. 4. Metodologia de avaliação. 5. Nematóide das lesões radiculares. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.132:633.34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOLÓGICAS DE *Pratylenchus brachyurus*
EM SOJA E ELABORAÇÃO DE UMA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO
DE GENÓTIPOS A CAMPO

AUTORA: ADRIANA FIGUEIREDO

ORIENTADOR: Prof. Dr. JAIME MAIA DOS SANTOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JAIME MAIA DOS SANTOS

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JADIR BORGES PINHEIRO

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Brasília/DF

Profa. Dra. MARIA AMÉLIA DOS SANTOS

Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Ciências Agrárias / Uberlândia/MG

Prof. Dr. PEDRO LUIZ MARTINS SOARES

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOICA JUNIOR

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 08 de janeiro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADRIANA FIGUEIREDO – nasceu no dia 13 de dezembro do ano de 1981, em Araguari-MG, filha de André Luiz Figueiredo e Laurení Aparecida da Silva Figueiredo. Concluiu o Ensino Fundamental na Escola Estadual Professor Antônio Marques, em Araguari-MG, no ano de 1996, e na mesma escola cursou todo o Ensino Médio, no período de 1997 a 1999. Em julho de 2000, ingressou no Curso de Graduação em Agronomia, do Instituto de Ciências Agrárias, na Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG, e em julho de 2005, obteve o título de Engenheira Agrônoma. Iniciou, em março de 2006, o Curso de Mestrado em Agronomia (Fitopatologia), do Instituto de Ciências Agrárias, na Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG. Em 29 de fevereiro de 2008, submeteu-se à banca para a defesa da dissertação e obteve o título de Mestre em Agronomia. Em março de 2009, ingressou no Curso de Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, na Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal-SP. No dia 08 de janeiro de 2013, submeteu-se à banca para a defesa da tese, obtendo o título de Doutora em Agronomia.

‘Disciplina para acordar focado toda manhã, perseverança através dos anos e disposição para sacrificar algumas coisas em troca de um objetivo maior.’

Meb Keflezighi

A você, meu pai, que me ensinou a sonhar e, acima de tudo, a lutar por estes sonhos!
A você que me ensinou a ter força para enfrentar todas as situações e fé
tamanho para acreditar que tudo, por mais difícil que pareça,
tem jeito, ou de se resolver ou de aprender a conviver.

Eu ofereço (*mais uma vez e sempre!*).

Os nossos pais amam-nos porque somos seus filhos, é um fato inalterável.
Nos momentos de sucesso, isso pode parecer irrelevante,
mas nas ocasiões de fracasso, oferecem um consolo
e uma segurança que não se encontra em
qualquer outro lugar.'

Bertrand Russell

Ao meus pais, André Luiz e Laurení, pela história que me auxiliam a construir a cada dia.
Aos meus irmãos, Andréia Figueiredo, Angélica Figueiredo
e Hudson Figueiredo, por tudo que nos une.

Eu dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas inúmeras oportunidades de recomeçar.

Agradeço em especial àqueles que sempre me apoiaram incondicionalmente, que apostaram em mim mais do que ninguém e que seguramente são os que mais compartilham de mais uma etapa finalizada: minha FAMÍLIA, pelo simples fato de que somos um.

À professora Vânia Beatriz Soares Donato, responsável por todas as minhas conquistas acadêmicas, por me apresentar um mundo de possibilidades pelo caminho do conhecimento. A você, Tia Vânia, MEU MUITO OBRIGADA por abrir a 'porta' das grandes e inimagináveis possibilidades e pelos primeiros ensinamentos que me fizeram perceber que a vida é feita de conhecimento e dedicação aos ideais.

À Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Câmpus de Jaboticabal – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela oportunidade de formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida.

Ao Professor Jaime Maia dos Santos, pela valiosa orientação, disponibilidade, colaboração, dedicação na realização deste trabalho e por todos os ótimos finais de semana que passamos juntos para as correções deste trabalho. Em cada final de semana, foi possível perceber sua preocupação em repassar um conhecimento de qualidade.

Aos amigos de jornada do Laboratório de Nematologia da UNESP - Câmpus de Jaboticabal (André Maurício Múscari, Bruno Flávio Figueiredo Barbosa, Elder Simões de Paula Machado Batista, Franciele Alves Carneiro, Rivanildo Júnior Ferreira, Samira Scaff Neves, Rafael Parras, Sandra Regina Sesso, Suelen Bernal de Carvalho, Walmir Ribeiro da Silva e Vanessa dos Santos Paes), pelo compartilhamento dos bons momentos que fizeram a caminhada dos últimos anos ficar muito mais suave.

Aos membros da Banca de Qualificação e de Defesa: Prof. Dr. Arlindo Leal Boiça Júnior, Dr. Jadir Borges Pinheiro, Prof. Dr. Júlio César Galli, Profa. Dra. Maria

Amelia dos Santos, Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli e Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares, pelas sugestões e correções para a melhoria deste trabalho.

Ao Professor Ednaldo Carvalho Guimarães, pela valiosa contribuição estatística.

À Professora Maria Amelia dos Santos, minha madrinha na vida nematológica, por ter despertado meu interesse pelo fascinante e desafiador mundo dos Nematoides e por todos os ensinamentos repassados no transcorrer destes anos.

À minha irmã Angélica Figueiredo, minha alma gêmea nessa jornada, por compartilhar os desafios dessa vida e, principalmente, todas as grandes alegrias e conquistas. Obrigada pelo suporte emocional, incentivo e pela torcida em todos os momentos.

Aos meus sobrinhos Camyla Figueiredo Germano, Matheus Figueiredo Oliveira, André Luiz Figueiredo Neto, Natália Rosário Figueiredo, João Pedro Figueiredo Gomes e Ciro José Figueiredo, pelo trabalho diário que me fortalece como pessoa e por todas as alegrias e esperança.

À equipe do Centro de Terapia Intensiva do Hospital e Maternidade São Domingos, de Uberaba-MG, por me auxiliar a lutar pela vida. Agradeço aos Médicos: Intensivista Ivan Borges Monteiro, ao Nefrologista Arnaldo dos Santos Matos, aos Infectologistas Cristina da Cunha Hueb Barata de Oliveira e Vitor Guilherme Maluf Curi, aos Enfermeiros Deiber Vinício Rocha e Maria Carolina Belo da Cunha, e a todos os Técnicos em Enfermagem. Agradeço especialmente ao Médico Intensivista Ivan, pelo bom humor e por me lembrar que, em alguns momentos da vida, paciência é tudo, mesmo nos poucos momentos de lucidez.

Ao grande amigo Reinaldo de Oliveira França, pela amizade de todos esses anos e pela torcida em todas as etapas de minha vida.

À Monsanto do Brasil, pela disponibilização de recursos e oportunidade de conclusão do Doutorado. Agradeço especialmente ao amigo Giovani Abdias, pelo auxílio na realização de muitas das atividades diárias na Estação Experimental, nos momentos que mais precisei estar ausente e que foram imprescindíveis para a finalização deste trabalho. MUITO OBRIGADA pela vontade em colaborar em qualquer circunstância.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1. <i>Glycine max</i> , origem e histórico	3
2.2. Importância da soja para o agronegócio no Brasil	4
2.3. Nematoides na cultura da soja	5
2.4. <i>Pratylenchus brachyurus</i> , o nematoide das lesões radiculares da soja no Brasil	10
3. Referências	16
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE FATORES DO AMBIENTE, PERÍODOS DE DURAÇÃO DO ENSAIO E GENÓTIPOS DE SOJA NA REPRODUÇÃO DE <i>Pratylenchus brachyurus</i> EM CASA DE VEGETAÇÃO	24
Resumo	24
Introdução	25
Material e métodos	27
Resultados e discussão	35
Conclusões	46
Referências	46
CAPÍTULO 3 – VALIDAÇÃO A CAMPO DA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO PRELIMINAR DE GENÓTIPOS DE SOJA A <i>Pratylenchus brachyurus</i>	52
Resumo	52
Introdução	53
Material e métodos	54
Resultados e discussão	58
Conclusão	59
Referências	59

ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOLÓGICAS DE *Pratylenchus brachyurus* EM SOJA E ELABORAÇÃO DE UMA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS A CAMPO

RESUMO – Nos últimos anos, as perdas causadas por *Pratylenchus brachyurus* em soja, no Brasil, são alarmantes, e reduções de produtividades de até 21% já foram assinaladas. A utilização de variedades resistentes de alto potencial produtivo seria a alternativa mais eficaz e mais vantajosa de manejo dessa praga. Nas avaliações usuais de resistência de genótipos, o sistema radicular das plantas é processado individualmente em laboratório para a determinação do fator de reprodução, tornando-se uma prática inviável para os programas de melhoramento das grandes empresas em função do elevado número de genótipos avaliados anualmente. Uma escala de notas para avaliação da resistência de genótipos a campo foi desenvolvida no presente estudo e adapta-se a esses casos. A escala contém seis graus de infecção variando de 0 (zero) a 5 com base na percentagem da área do sistema radicular lesionada. Também foram conduzidos ensaios com o objetivo de se estudar a influência da textura do substrato, densidade inicial do inóculo, duração do ensaio e fases do ano na reprodução de *P. brachyurus* em soja, tendo em vista a escolha das condições adequadas para a avaliação da resistência de genótipos a este nematoide. Este estudo foi conduzido em casa de vegetação da Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO, durante a safra de 2010/2011. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, seguindo o esquema fatorial 4 x 4 x 3 x 3 x 2 (4 texturas do substrato x 4 densidades iniciais do inóculo x 3 períodos de duração do ensaio x 3 hospedeiros x 2 fases do ano), com cinco repetições. Um ensaio prático para a aplicação da escala foi conduzido em condições de campo na mesma Estação Experimental, durante a safra de 2011/2012, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 202 tratamentos e oito repetições. Os dados obtidos confirmam que a época mais adequada para avaliação está entre os meses de janeiro e abril; as melhores texturas do substrato entre 50 e 75% de areia; nas densidades iniciais de inóculo de 500 a 1.000 espécimes/planta e o período de avaliação de 90 dias após a inoculação. Por conseguinte, todos esses fatores devem ser considerados no planejamento de ensaios visando à avaliação da resistência de genótipos a *P. brachyurus*. As correlações entre o fator de reprodução e a escala de notas com base no coeficiente de correlação de Pearson valida a escala de notas delineada no presente estudo e aumenta a eficiência na seleção preliminar de genótipos de soja para a resistência a *P. brachyurus*, nas avaliações a campo, com maior economia de tempo e sem comprometer a qualidade dos dados. Dessa forma, constitui ferramenta eficaz para os programas de melhoramento quando envolve um grande número de genótipos a serem avaliados.

Palavras-chave: coeficiente de correlação de Pearson, ecologia de nematoides, *Glycine max*, metodologia de avaliação, nematoide das lesões radiculares

ECOLOGICAL VARIABLES STUDY OF *Pratylenchus brachyurus* IN SOYBEAN AND NOTE SCALE DEVELOPMENT FOR SELECTION OF GENOTYPES IN THE FIELD

ABSTRACT – In recent years the losses caused by *Pratylenchus brachyurus* on soybean in Brazil are alarming and yield reductions of up to 21% have been reported. The appropriate management of this pest using resistant materials is a relevant tool. For the evaluation of resistance root system genotypes of individual plants, samples are processed individually in laboratory for determining the reproduction factor, making it a very laborious and unviable practice improvement for large companies programs due to the high number of genotypes evaluated annually. A rating scale for assessing the strength of the field was developed for genotypes in this study and to suit these cases. The scale has six degrees of infection, ranging from 0 (zero) to 5 based on the percentage of the area of damaged root system. Also, tests were conducted with the objective of studying the influence of the texture of the substrate, the initial inoculum density, and duration of the test phase of the year in the reproduction of *P. brachyurus* in soybean in order to choose the conditions suitable for assessing the genotype resistance to this nematode. This study was conducted in a greenhouse at the Experimental Station of Monsanto Brazil in Morrinhos-GO, during the 2010/2011 season. The experimental design was completely randomized factorial following the 4 x 4 x 3 x 3 x 2 (4 x 4 textures substrate initial inoculum densities x 3 periods of the trial x 3 x 2 hosts stages of the year) with five replicates. A practical test for the application of the scale was conducted under field conditions in the same experimental station during the 2011/2012 season in a completely randomized design with 202 treatments and eight replications. The data confirm that the most adequate time for evaluation is between the months of January and April, the best textures of the substrate between 50 and 75% sand; initial inoculum densities 500-1.000 specimens/plant and the evaluation period 90 days after inoculation. Therefore, all these factors should be considered when planning trials aimed at evaluating the genotype resistance to *P. brachyurus*. The correlations between the factor and scale reproduction of notes based on the Pearson correlation coefficient validates the grading scale outlined in this study and increases efficiency in the preliminary screening of soybean genotypes for resistance to *P. brachyurus*, in the field evaluations, with greater economy of time and without compromising data quality. Thus, this study is a continuous effective tool for breeding programs when it involves a large number of genotypes to be evaluated.

Keywords: Pearson correlation coefficient, ecology of nematodes, *Glycine max*, methodology of evaluation, root lesion nematode

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE FATORES DO AMBIENTE, PERÍODOS DE DURAÇÃO DO ENSAIO E GENÓTIPOS DE SOJA NA REPRODUÇÃO DE <i>Pratylenchus brachyurus</i> EM CASA DE VEGETAÇÃO	24
Tabela 1. Tratamentos utilizados no estudo da influência de fatores do ambiente, períodos de duração do ensaio e genótipos de soja na reprodução de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em casa de vegetação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	28
Tabela 2. Médias das temperaturas máximas e mínimas, e soma térmica acumulada do ar e do substrato (°C) no interior da casa de vegetação, após 60; 90 e 120 dias da inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	35
Tabela 3. Quadro da análise de variância dos dados referentes às variáveis avaliadas, em esquema fatorial, com cinco repetições. Morrinhos-GO, janeiro 2011	38
Tabela 4. Valores médios da massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA) e do sistema radicular (MMFSR), massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), número de nematoides por grama de raízes (NNGR) e fator de reprodução nas cultivares de soja BRS Chapadões e TMG 115 RR e na <i>Crotalaria spectabilis</i> , em duas fases do ano, Morrinhos-GO, janeiro 2011	39
Tabela 5. Valores médios dos fatores de reprodução nas cultivares de soja BRSGO Chapadões e TMG 115 RR e na <i>Crotalaria spectabilis</i> , nas texturas do substrato a 25; 50; 75 e 100% de areia, nas densidades iniciais de inóculo de 250; 500; 1.000 e 1.500 <i>Pratylenchus brachyurus</i> /planta e aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação, entre janeiro e abril e de junho a setembro.	

Morrinhos-GO, janeiro 2011	41
Tabela 6. Correlações pelo coeficiente de Pearson (r) entre escala de notas atribuída à percentagem de área do sistema radicular com lesões e fator de reprodução e variáveis ecológicas de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em soja. Morrinhos-GO, janeiro 2011	44
CAPÍTULO 3 - VALIDAÇÃO A CAMPO DA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO PRELIMINAR DE GENÓTIPOS DE SOJA A <i>Pratylenchus brachyurus</i>	52
Tabela 1. Escala de notas atribuídas às raízes das plantas com base na percentagem da área das raízes lesionadas, frequência de ocorrência de cada categoria e frequência relativa (%) em 200 linhagens do Programa de Melhoramento de Soja da Monsanto do Brasil. Morrinhos-GO, março 2012	58
APÊNDICES	62
Tabela 1A. Laudo de textura granulométrica dos substratos usados na instalação dos ensaios, em casa de vegetação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	63
Tabela 1B Relação dos genótipos do Programa de Melhoramento de Soja da Monsanto do Brasil utilizados no estudo da elaboração de uma escala de notas aplicada às raízes para a avaliação a campo da resistência de genótipos a <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Morrinhos-GO, março 2012	64

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE FATORES DO AMBIENTE, PERÍODOS DE DURAÇÃO DO ENSAIO E GENÓTIPOS DE SOJA NA REPRODUÇÃO DE <i>Pratylenchus brachyurus</i> EM CASA DE VEGETAÇÃO	24
Figura 1. Estádios fenológicos de plântulas de soja. A) VC - cotilédones completamente abertos e expandidos, e as bordas de suas folhas unifolioladas não mais se tocam. B) V1 - folhas unifolioladas completamente desenvolvidas e os bordos dos folíolos da primeira folha trifoliolada não mais se tocam	30
Figura 2. Escala proposta para a avaliação, a campo, do grau de infecção de raízes de soja por <i>Pratylenchus brachyurus</i> , contendo seis categorias, de acordo com a percentagem da área das raízes lesionadas. Morrinhos-GO, janeiro 2011	33
Figura 3. Principais caracteres morfológicos para identificação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . A) Eletromicrografia de varredura da placa labial indivisa (seta). B) Eletromicrografia de varredura da região labial angulosa, exibindo dois anéis (seta), sendo o anel da base de menor diâmetro que o primeiro anel do corpo. C) Fotomicrografia da região anterior, exibindo o estilete (seta) com nódulos basais esféricos. D) Fotomicrografia da fêmea, exibindo a posição da vulva (seta). E) Gônada desprovida de espermateca funcional (a seta indica a posição da vulva). F) Saco pós-uterino (seta). G) Cauda hemisférica com término liso, característica da espécie. H) Variação na forma da cauda (as setas em ambas indicam o ânus). Barra das escalas = 10 µm ou outro valor, conforme indicado. Fonte:	

GONZAGA, V. Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação <i>in vitro</i> das seis espécies mais comuns de <i>Pratylenchus</i> Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil , 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006	36
Figura 4. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às massas de matéria fresca da parte aérea de plantas de soja inoculadas com 250; 500, 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de <i>Pratylenchus brachyurus</i> /planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	37
Figura 5. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às massas de matéria seca da parte aérea de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de <i>Pratylenchus brachyurus</i> /planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	37
Figura 6. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às massas de matéria fresca do sistema radicular de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de <i>Pratylenchus brachyurus</i> /planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	37
Figura 7. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às notas visuais da percentagem de raízes lesionadas no sistema radicular de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de <i>Pratylenchus brachyurus</i> /planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011	37

Figura 8 Modelo linear da correlação entre as notas visuais da percentagem de área do sistema radicular com lesões e o fator de reprodução demonstrada pelo coeficiente de Pearson (r). Morrinhos-GO, janeiro 2011	45
CAPÍTULO 3 - VALIDAÇÃO A CAMPO DA ESCALA DE NOTAS PARA SELEÇÃO PRELIMINAR DE GENÓTIPOS DE SOJA A <i>Pratylenchus brachyurus</i>	52
Figura 1. Vista esquemática da instalação do ensaio para a elaboração de uma escala de notas com base na percentagem de área lesionada nas raízes, para a avaliação da resistências de genótipos de soja à <i>Pratylenchus brachyurus</i> , a campo, na Estação Experimental da Monsando do Brasil, Morrinhos-GO, março 2012	56
Figura 2. Escala proposta para a avaliação, a campo, do grau de infecção de raízes de soja por <i>Pratylenchus brachyurus</i> , contendo seis categorias, de acordo com a percentagem da área das raízes lesionadas. Morrinhos-GO, janeiro 2011	57

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi inicialmente auxiliada pelo trigo (*Triticum aestivum* L.) como sucessão de cultura, haja vista que, embora a cultura tenha sido introduzida no Brasil pelo Estado da Bahia, seu desenvolvimento inicial deu-se no Rio Grande do Sul, onde o trigo já era produzido em maior escala. A soja foi inicialmente introduzida em rotação com o trigo, mas rapidamente se expandiu para outras regiões do País, ultrapassando o café (*Coffea arabica* L.) quanto à posição de principal commodity agrícola e tornando-se responsável pelo surgimento da agricultura comercial no Brasil. Ela também foi a grande responsável pela aceleração da mecanização das lavouras brasileiras, pela modernização do sistema de transportes, pela expansão da fronteira agrícola, pela profissionalização, pelo incremento do comércio, pela tecnificação de outras culturas, como a do milho, bem como impulsionou e interiorizou a agroindústria nacional, patrocinando a expansão da avicultura e da suinocultura (AGRIANUAL, 2012).

O mercado regulador dos preços da cultura da soja passou de uma exportação *in natura* nos anos 60 e meados dos 70, para a posição de uma cultura destinada à industrialização interna e à exportação. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma produção de 66,38 milhões de toneladas na safra de 20011/2012 (CONAB, 2012).

O potencial para a utilização da soja é muito grande, fazendo com que muitos programas de melhoramento de soja sejam desenvolvidos em importantes centros de pesquisa do País. Por outro lado, a monocultura, sempre em plantio direto, altas populações de plantas, desequilíbrios nutricionais e ocorrência de clima desfavorável à cultura, mas favorável aos patógenos, têm sido apontados como causas principais para o aumento de doenças. O acervo de estudos nacionais sobre nematoses da soja já é apreciável, destacando-se muito, em termos numéricos, aqueles relativos às meloidoginoses (CARNIELLE; SOUZA, 1989; YORINORI, 2000). Estima-se que cerca de 10,6% da produção mundial de soja seja perdida em função do ataque de nematoides (BARKER, 1998). Mais de 10 espécies destes

parasitas, envolvendo cerca de 50 gêneros, já foram assinaladas em cultivos de soja (GOOD, 1973; REBOIS; GOLDEN, 1978).

No Brasil, os maiores danos são causados pelo nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe), nematoides de galha (*Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood e *M. javanica* (Treub) Chitwood), nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira) e nematoides das lesões radiculares [*Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev e Stekhoven], conforme menção de Ferraz (2001).

Pratylenchus brachyurus, comumente referido como nematoide das lesões radiculares é um endoparasita migrador. Nos últimos anos, considera-se como uma das espécies mais prejudiciais do gênero e de ocorrência comum no Brasil (GIELFI; SANTOS; ATHAYDE, 2003; ASMUS, 2004; SILVA et al., 2004). A associação entre *P. brachyurus* e a soja é relevante por tratar-se de um nematoide sabidamente agressivo, polífago e um dos mais disseminados do gênero (COSTA; FERRAZ, 1989; FERRAZ, 1994).

Os registros da ocorrência de *P. brachyurus* tem ganho importância maior a cada safra, tanto pelos danos à cultura, quanto pela sua ampla disseminação e alta incidência do patógeno em áreas produtoras nos Estados do Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Tocantins. A alta frequência de *P. brachyurus* também configura motivo de preocupação em áreas produtoras devido à escassez de informações sobre as relações entre esse nematoide e as culturas, o que demonstra a importância de se conhecê-lo melhor, a fim de fundamentar as recomendações de controle (SILVA et al., 2004).

Nesse contexto, os ensaios foram conduzidos com o objetivo de se avaliar a influência da textura do substrato, densidade inicial do inóculo, duração do ensaio e fases do ano na reprodução de *P. brachyurus* em soja, tendo em vista a escolha das condições adequadas para a avaliação da resistência de genótipos de soja a este nematoide. Objetivou-se, também, desenvolver uma técnica de avaliação da resistência de genótipos de soja a *P. brachyurus*, a campo, por meio de uma escala visual de notas a ser aplicada ao sistema radicular em função da percentagem da área lesionada nas raízes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Glycine max*: origem e histórico

Acredita-se que a soja cultivada se originou da soja anual selvagem (*Glycine soja* Sieb. e Zucc.) e que sua provável data de domesticação tenha sido entre 1700 e 1000 a.C. na China. Existem vários estudos sobre a origem e centro de diversidade da soja, mas não há um consenso universal. Muitos estudos científicos, além das evidências linguísticas, históricas e geográficas, apontam para a domesticação da soja na região leste do norte da China, ao longo do Vale do Rio Amarelo, sendo este considerado o centro primário de diversidade. Os países asiáticos vizinhos à China (Japão, Indonésia, Vietnã, Malásia, região do Himalaia, Mianmar, Nepal, Índia, Laos e Camboja) são considerados o centro secundário (HYMOWITZ, 2004) ou terciário de diversidade (CHUNG; SINGH, 2008), dependendo do autor.

Hymowitz (2004) relata que a disseminação da soja do Oriente para o Ocidente ocorreu através de navegadores e missionários. O primeiro registro oficial de cultivo da soja na Europa é em 1739, em um jardim de Paris, na França, e depois, em 1790, no Jardim Botânico de Kew, na Inglaterra, mas apenas como curiosidade botânica, sem apresentar importância comercial.

A soja foi levada para os Estados Unidos da América (EUA), em 1765, e reintroduzida várias vezes a partir daí. Esta cultura foi originalmente utilizada para cultivo forrageiro, adquirindo importância neste ramo a partir de 1880. A soja destinada à produção de grãos foi aumentando gradativamente de importância e foi somente em 1941 que a área destinada à produção de grãos superou a área destinada à forragem (CHUNG; SINGH, 2008; MULLER, 1981).

No Brasil, a cultura da soja foi introduzida inicialmente por Gustavo D'Utra, em 1882, no Estado da Bahia. Em 1908, imigrantes japoneses trouxeram variedades de soja do Japão para o Estado de São Paulo. No entanto, foi no Rio Grande do Sul onde a soja obteve maior êxito a partir da década de 1960, após sua introdução em 1901, devido à semelhança de latitude com a região sul dos EUA, de onde era

proveniente a maior parte do material genético disponível no País (EMBRAPA, 2004; MULLER, 1981).

Na década de 1970, a soja começou a expandir-se, sendo cultivada mais ao norte, em latitudes inferiores a 20°, abrangendo os Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Distrito Federal, Bahia e Maranhão. Um dos avanços imprescindíveis para esta expansão foi o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a estas regiões, através da incorporação de genes que atrasam o florescimento sob fotoperíodo indutor, ou seja, cultivares com período juvenil longo (CAMPELO; KIIHL; ALMEIDA, 1999).

Nas décadas seguintes, a cultura da soja consolidou-se como principal cultura do agronegócio brasileiro, sendo que o melhoramento genético desempenhou papel crucial nesta cultura, permitindo ganhos na produtividade e também na superação de vários obstáculos que surgiram, como o nematoide de cisto da soja. Toledo et al. (1990) relataram que, de 1981 a 1986, o ganho genético de produtividade de grãos da soja no Estado do Paraná foi de 1,8%, para genótipos de maturação precoce, e de 1,3%, para genótipos de maturação tardia. Assim, estes e outros esforços levaram o Brasil a ocupar a posição de segundo maior produtor mundial de soja, com uma produção de 66,38 milhões de toneladas na safra de 20011/2012 (CONAB, 2012).

2.2. Importância da soja para o agronegócio no Brasil

No Brasil, nos últimos 50 anos, a cultura da soja avançou, tornando-se a cultura líder do agronegócio. Atualmente, é a cultura mais importante no Brasil, com uma área prevista entre 26,43 milhões a 27,38 milhões de hectares para a safra de 2012/2013 o que corresponde a um crescimento entre 5,5 e 9,3% em relação à safra de 2011/2012 que foi cultivada em 25,04 milhões de hectares.

A CONAB (2012) aponta um incremento em área cultivada em todas as Unidades da Federação que produzem a oleaginosa, destacando-se o Estado de Mato Grosso, onde se prevê um crescimento sobre a safra anterior de 7,0 e 12,0%, seguido do Rio Grande do Sul, entre 4,0 e 7,0%, e de Goiás, com crescimento previsto entre 7,0 e 10,0%. Esse crescimento deve-se aos excelentes preços de

comercialização observados na safra de 2011/2012, que bateram recordes históricos decorrentes da quebra de produção nos principais países produtores. Tal crescimento dar-se-á em áreas cultivadas na safra anterior, de acordo com a região, principalmente com algodão (*Gossypium hirsutum* L.), milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e pastagens.

A produção nacional estimada para a safra de 2012/2013 está entre 80,1 e 83,0 milhões de toneladas, representando um acréscimo entre 20,6 e 25,0 milhões de toneladas, superior à safra de 2011/2012 que foi de 66,38 milhões de toneladas.

Na região Centro-Oeste, onde se concentra a maior área de soja plantada no País, o crescimento ficará de 7,6 a 11,8%, ou seja, passa de 11,5 milhões de hectares plantados na safra anterior, para 12,37 milhões a 12,86 milhões de hectares na safra atual. Destaque para o Estado de Mato Grosso, com a área estimada entre 7,47 milhões e 7,82 milhões de hectares, representando um acréscimo entre 488,6 mil e 837,7 mil hectares, seguido de Mato Grosso do Sul e de Goiás.

O Estado de Mato Grosso lidera a produção nacional com um volume entre 23,15 e 24,24 milhões de toneladas, seguido do Paraná com 14,79 e 15,37 milhões de toneladas e do Rio Grande do Sul com 11,79 e 12,13 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

Os principais produtores mundiais desse grão são Estados Unidos, Brasil, Argentina e China. Brasil e Estados Unidos são os maiores exportadores mundiais de soja. Com o recuo de safra norte-americana para apenas 72 milhões de toneladas, conforme estimativas do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos), os norte-americanos colocarão apenas 29 milhões de toneladas de soja em grão no mercado externo durante a safra de 2012/2013. Enquanto o Brasil, cuja previsão está entre 80,1 e 83,0 milhões de toneladas, deverá exportar pelo menos 37,5 milhões de toneladas, segundo estimativa da Secex (Secretaria de Comércio Exterior). No cenário mundial, as importações chinesas estão estimadas em 61 milhões de toneladas, com um aumento de 1,5 milhão de toneladas. A produção do país deverá ficar em 12,6 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

2.3. Nematoides na cultura da soja

A revolução socioeconômica e tecnológica protagonizada pela soja no Brasil, nos últimos 30 anos, pode ser comparada ao fenômeno ocorrido com a cana-de-açúcar no Brasil Colônia e do café no Brasil Império. A soja responde por uma receita cambial direta para o Brasil de mais de oito bilhões de dólares anuais e, muitas vezes, esse valor, se considerados os benefícios que gera ao longo de sua extensa cadeia produtiva (AGRIANUAL, 2012; CONAB, 2012).

Na medida em que aumentam os tamanhos dos estratos de área, aumentam, também, as produtividades obtidas, inferindo-se que, provavelmente, esse fato seja decorrente de maiores níveis de tecnologias aplicadas e de melhor gestão das propriedades rurais. Contudo, por contrapartida, os problemas de ordem fitossanitárias são, também, crescentes (LIMA; FERRAZ, 1993).

Há mais de 50 doenças de soja identificadas no Brasil, muitas das quais já controladas pelo desenvolvimento de cultivares resistentes. No entanto, as doenças causadas por nematoides ainda provocam perdas econômicas bastante significativas. Há cinco espécies de nematoides de importância primária que atacam a soja no Brasil: o nematoide de cisto da soja (*H. glycines*), os nematoides de galha (*M. incognita* e *M. javanica*), o nematoide reniforme (*R. reniformis*) e o nematoide das lesões radiculares (*P. brachyurus*), conforme menção de Ferraz (2001).

A importância econômica de cada doença pode variar de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra (EMBRAPA, 2000). No caso da soja, as perdas anuais de produção devido às doenças são estimadas em cerca de 15 a 20%. Entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (EMBRAPA, 2007). Entre os fatores que contribuem para a queda do rendimento na cultura da soja, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, estão as causadas por nematoides. Estima-se que 10,6% das perdas anuais da produção agrícola mundial são causadas pelo parasitismo desses organismos (BARKER, 1998).

O parasitismo exercido por nematoides apresenta sintomas comuns em plantas doentes, como a formação de reboleiras, devido à baixa mobilidade desses organismos no solo. Nesses locais, são observados gradientes crescentes de atrofiamento e clorose das plantas do centro para os bordos das reboleiras. Geralmente, as plantas no centro da reboleira exibem danos mais severos, podendo

ocorrer morte das plantas, em função da maior densidade da população do nematoide nesses pontos (DIAS et al., 2007). Apesar de as reboleiras serem sintomas típicos de ataque de nematoides, são facilmente confundidas com outros fatores. Do mesmo modo, é comum confundir as cloroses causadas pelos nematoides com deficiência de alguns elementos. Todos os problemas que dificultam o pleno desenvolvimento do sistema radicular, como presença de camada compactada de solo, excesso ou falta de calagem e ocorrência de períodos de escassez hídrica, agravam os sintomas causados pelos nematoides. A interação com outros organismos patogênicos, em especial fungos de solo, como *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp. e *Rizoctonia solani* Kuhn, também, contribuem para o aumento dos danos à planta (GOOD, 1973).

No Brasil, levantamentos sistemáticos de perdas de produtividade causadas por nematoides, envolvendo diversas instituições de pesquisa, não estão disponíveis, como ocorre nos Estados Unidos (WRATER; KOENNING; ANDERSON, 2003). Com certa frequência, os pesquisadores tomam conhecimento de casos pontuais de perdas em visitas a lavouras ou atendendo a consultas de técnicos e produtores. As referências mais atuais sobre perdas por nematoides em soja no País restringem-se aos dados levantados por Yorinori (2000), para safras de 1994 e 1998. Segundo os dados desse mesmo autor, os prejuízos em 1994 e 1998 foram, respectivamente, de US\$ 78.204.540,00 e US\$ 159.997.860,00. Esses números podem não refletir a situação atual, pois não se dispõe de informações recentes sobre áreas infestadas, e a utilização de cultivares resistentes aumentou, consideravelmente, nos últimos 10 anos.

Heterodera Schmidt, juntamente com outros gêneros de nematoides formadores de cistos, como *Globodera* (Skarbilovich) Behrens e *Punctodera* Mulvey e Stone, constitui um dos grupos de fitopatógenos mais prejudiciais à agricultura mundial. Inicialmente, acreditava-se que as espécies de *Heterodera* fossem patógenos quase restritos às regiões temperadas da Europa e da América do Norte. Porém, sabe-se que as cinquenta e sete espécies descritas deste gênero se encontram distribuídas em todo o mundo (CARES; BALDWIN, 1995).

No Brasil, esse nematoide ocupa posição de destaque entre os vários patógenos que reduzem a produtividade da soja. Sua detecção foi na safra de

1991/1992 (LIMA; FERRAZ; SANTOS, 1992; LORDELLO; LORDELLO; QUAGGIO, 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992) nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul e, em seguida, no Estado de Mato Grosso (MENDES; DICKSON, 1992). Mais tarde, o nematoide de cisto da soja foi detectado nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná (SILVA, 1997). Atualmente, estima-se que mais de 2 milhões de hectares estejam infestados pelo nematoide de cisto da soja (ALZATE-MARIN et al., 2005).

Sua área de predominância no Brasil é a região do Cerrado, onde a soja, com algumas exceções, é cultivada em monocultura (MENDES; DICKSON, 1992). Especula-se também sua introdução por meio de agricultores retornando de viagens aos Estados Unidos ou do Japão; ou mesmo da Colômbia, onde foi detectado em 1983 (NOEL; MENDES, MACHADO, 1994).

Os nematoides de galha (*Meloidogyne* spp.) têm maior ocorrência nos países tropicais e subtropicais por causa da temperatura e umidade adequadas para seu desenvolvimento, além da presença de vasta gama de hospedeiros (LUC; SIKORA; BRIDGE, 1990). Constituem um dos grupos de nematoides mais importantes para soja no Brasil, cuja distribuição geográfica, polifagia e variabilidade fisiológica dificultam o estabelecimento de controle, especialmente a rotação de culturas e resistência varietal, consideradas as estratégias mais viáveis e eficientes. Apesar de ser reconhecido como problema para a cultura da soja no País há mais de 40 anos (LORDELLO; ZAMITH; ARRUDA, 1958), os nematoides de galha ainda representam um sério problema em determinadas regiões produtoras, e o uso de variedades resistentes, embora seja uma prática eficiente e econômica para o controle, muitas vezes, torna-se impraticável pela inexistência de variedades resistentes adaptadas à região onde o problema ocorre (DALL'AGNOL; ANTONIO; BARRETO, 1984; ASMUS; ANDRADE, 1996; JAEHN; MENDES; SILVA, 1998).

Em *Rotylenchulus*, são conhecidas dez espécies com hábito semiendoparasito, com ampla distribuição em países tropicais e subtropicais (FORTUNER, 1987; LEHMANN; INSERRA, 1990; VAN DEN BERG, 1990). Com efeito, *R. reniformis* encontra-se associada a mais de 140 espécies de plantas de mais de 115 gêneros de 46 famílias botânicas. Desta ampla gama de hospedeiros, 57 espécies são culturas de importância econômica (JATALA, 1991).

A habilidade de reproduzir-se em espécies vegetais, como mamona (*Ricinus communis* L.), algodoeiro, soja e várias outras, é um fator limitante para a utilização da rotação de culturas como medida de manejo de populações desse nematoide (DASGUPTA; SESHADRI, 1971; McGAWLEY; OVERSTREET, 1995; NAKASONO, 1983).

O nematoide reniforme é um nematoide polífago que causa perdas expressivas a muitas de nossas culturas, sendo o algodoeiro a principal delas. Dependendo da cultivar e da densidade populacional do nematoide no solo, também, pode ocorrer danos à cultura da soja (DIAS et al., 2007). No Mato Grosso, já foram relatados danos à cultura da soja causados por esse nematoide nos municípios de Rondonópolis, Itiquira, Campo Verde e Primavera do Leste (INOMOTO; ASMUS; SILVA, 2008). Em geral, cultivares de soja resistentes ao nematoide de cisto da soja, também, apresentam resistência ao nematoide reniforme, com exceção daquelas que descendem de PI88788. Embora alguns híbridos de milho multipliquem *R. reniformis*, em geral, a rotação/sucessão da soja com o milho contribui para reduzir a população do nematoide no solo (DIAS et al., 2007).

Os nematoides das lesões radiculares são considerados o segundo grupo de nematoides de maior importância econômica. Dentro do gênero, *P. brachyurus* é uma das espécies mais destacadas em todo o mundo, sendo considerada a mais problemática para a agricultura. Dado que possui uma expressiva gama de hospedeiros, seu controle torna-se difícil. No Estado de Mato Grosso, ocorre na maioria das áreas produtoras, tanto em solos arenosos como em argilosos (GOULART, 2008). A real extensão dos danos e perdas causadas por *P. brachyurus*, no caso da soja, especialmente no Brasil Central, começou a ser quantificada com apontamento de reduções de produtividades de até 21% (ANTONIO et al., 2012). Sabe-se, contudo, que as perdas devidas a este nematoide têm aumentado muito nas últimas safras.

O nematoide das lesões radiculares sempre foi negligenciado pela quase totalidade dos sojicultores brasileiros. Entretanto, com o passar dos anos, o monocultivo de cultivares muito suscetíveis, combinado com a semeadura, na entressafra, de milho ou algodão (hospedeiros muito favoráveis do nematoide), resultou em aumento das populações do parasita no solo. Outro fator que, também,

contribuiu para aumentar os danos por esse nematoide, foi a semeadura da soja em solos com textura arenosa (<15% de argila). Nesse tipo de solo, a soja fica mais vulnerável ao parasitismo, sobretudo em anos com má distribuição de chuvas (DIAS et al., 2007).

Pelo fato de a interação de *P. brachyurus* com a soja ser menos complexa, não havendo necessidade de formação de nenhuma célula especializada de alimentação, como ocorre com os nematoides de cisto, de galha e reniforme, as chances de se encontrar fontes de resistência são menores (TOWNSHEND, 1990). Todavia, avaliações em casa de vegetação e em área naturalmente infestada mostraram que, embora as principais cultivares brasileiras de soja indicadas no Brasil Central não sejam resistentes ($FR < 1,0$) a *P. brachyurus*, as mesmas diferem bastante com relação à capacidade de multiplicá-lo (RIBEIRO et al., 2007) e de tolerá-lo (DIAS et al., 2008). Cultivares de soja mais resistentes e/ou mais tolerantes são as mais indicadas para semeadura em áreas infestadas e, também, para uso como parentais em programas de melhoramento. Considerando que, na maioria das lavouras de soja afetadas do Brasil Central, normalmente as populações de *P. brachyurus* no solo estão muito elevadas, o uso da cultivar de soja resistente e/ou tolerante deverá ser sempre precedido de rotação/sucessão com uma espécie vegetal não hospedeira ou que, pelo menos, contribua para reduzir a população do parasita no solo.

2.3.1. *Pratylenchus brachyurus*, o nematoide das lesões radiculares da soja no Brasil

O primeiro registro do nematoide desse grupo foi em 1880, encontrado em um prado na Inglaterra, sendo essa espécie denominada *Tylenchus pratensis* De Man. Em 1865, já havia sido estudado um nematoide desse grupo, nomeado *Tylenchus obtusus* Bastian. Porém, a descrição e as figuras apresentadas não permitiram uma identificação específica. Dessa forma, a primeira espécie a ser reconhecida pela ciência foi a de De Man, em 1880, recebendo o nome de *Pratylenchus pratensis* (LORDELLO, 1988).

A distribuição geográfica das espécies de *Pratylenchus* apresenta uma relação direta com a presença da planta hospedeira e com condições abióticas que suportem sua sobrevivência, como textura e umidade do solo e a temperatura do ar e do solo. Entre os fatores abióticos, a temperatura tem grande destaque nessa influência ao nematoide (CASTILHO; VOVLAS, 2007). No entanto, a distribuição de *Pratylenchus* parece ser mundial, pois ocorre em todos os continentes, incluindo a Antártica, onde *Pratylenchus andinus* Lordello, Zamith e Boock é a espécie presente (LORDELLO; ZAMITH; BOOCK, 1961; RYSS; BOSTRÖM; SOHLENIUS, 2005). Algumas espécies apresentam uma distribuição em que o clima aponta ser o fator decisivo para sua ocorrência, pois ocorrem somente nos trópicos, enquanto outras espécies estão presentes em zonas temperadas. A maior biodiversidade do gênero ocorre na Ásia, onde 40 espécies têm sido relatadas, seguida pela Europa com 32, América do Norte com 27, América Central e América do Sul com 22, a África com 16, Oceania com 12 e Antártica com uma única espécie (RYSS; BOSTRÖM; SOHLENIUS, 2005). As espécies mais amplamente distribuídas e mais comuns são *P. neglectus* (Rensch) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, *P. penetrans* (Cobb) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, *P. thornei* Sher e Allen e *P. vulnus* Allen e Jensen, que têm sido relatadas em todos os continentes, com a exceção da Antártica (CASTILHO; VOVLAS, 2007).

O nome comum destes nematoides, nematoide das lesões radiculares, é derivado das lesões necróticas ocasionadas por eles nas raízes de seus hospedeiros. Anteriormente, o termo nematoide dos prados foi usado pela sua presença constante nesses ambientes. Esses nematoides penetram e migram nos tecidos do córtex das raízes, preferencialmente as radículas, diminuindo a absorção e o transporte de água e nutrientes, com consequente redução no desenvolvimento e produtividade da cultura.

A primeira espécie a ser encontrada no Brasil foi *Pratylenchus brachyurus* atacando soja, algodão, batata (*Solanum tuberosum* Lineu) e milho, entre outras importantes culturas. Essa é uma das mais destacadas em todo o mundo (FERRAZ, 2006). Tal fato deve-se à associação de algumas características mostradas por esse nematoide, como ampla distribuição geográfica; alto grau de polifagia e ação patogênica pronunciada em várias culturas de grande interesse agrônomo, anuais

e perenes, podendo causar danos marcantes e grandes perdas econômicas, principalmente na cultura da soja, podendo chegar a 21% de redução na produtividade (ANTONIO et al., 2012).

Os nematoides das lesões radiculares são endoparasitos migradores que entram nas raízes do hospedeiro para alimentação e reprodução, movendo-se livremente dentro do tecido. Passam grande parte de seu ciclo de vida dentro das raízes da planta hospedeira e são encontrados no solo, em grandes números, somente quando o hospedeiro entra em senescência ou é estressado por condições ambientais, seja pelo ataque severo por outra praga, seja no caso da colheita da planta hospedeira (STIRLING, 1991).

No gênero, não ocorre dimorfismo sexual, onde machos e fêmeas são vermiformes, mudando apenas seus sistemas reprodutores. Em *P. brachyurus*, os machos são raros, devido à reprodução partenogenética. Assim, as populações são constituídas quase exclusivamente por fêmeas e juvenis. As fêmeas depositam seus ovos isoladamente, no solo ou no interior das radículas parasitadas, sendo mais comuns no interior dos tecidos parasitados. Desses eclodem juvenis (J2) que, como os posteriores estádios juvenis (J3 e J4), estarão prontos para iniciar o parasitismo. É difícil de se determinar o número total de ovos produzidos, já que estes são depositados um a um no solo e/ou nos tecidos radiculares (CASTILHO; VOVLAS, 2007).

A penetração e a migração nos tecidos do hospedeiro, provavelmente, são facilitadas pela combinação de um forte estilete e a liberação de substâncias enzimáticas nas paredes das células. Embora os nematoides deste gênero possam também ser encontrados parasitando externamente seus hospedeiros, os maiores danos estão diretamente ligados à sua atividade no interior do tecido vegetal. Em ambos os casos, as espécies de *Pratylenchus* assumem uma estratégia parasitária de alimentação migratória através de seu ciclo de vida. Sua vasta gama de hospedeiros sugere que seu parasitismo é pouco especializado. Contudo, o endoparasitismo das espécies de *Pratylenchus* sugere uma coevolução com uma alta gama de hospedeiros. Esse hábito, também, pode ser considerado uma vantagem em relação ao ectoparasitismo, ou seja, o nematoide encontra-se

protegido em um ambiente relativamente estável no interior das raízes (CASTILHO; VOVLAS, 2007).

Os juvenis e adultos entram nas raízes, penetrando entre as células ou através das células do córtex, alimentando-se do conteúdo celular enquanto migram pelos tecidos. O parênquima cortical fica bastante desorganizado, devido à destruição de numerosas células durante a movimentação dos espécimes. Uma geração completa-se em 4 a 8 semanas. Em temperaturas entre 30-35°C, o ciclo completa-se em 28 dias (CASTILHO; VOVLAS, 2007). *Pratylenchus* spp., frequentemente, causa ferimentos nas raízes através dos quais outros organismos patogênicos, como bactérias e fungos, penetram (BRINKMAN; DUYTS; VAN DER PUTTEN, 2005).

A interação desses agentes resulta na formação de lesões que finalmente destroem os tecidos da raiz. As plantas tornam-se pequenas, com ramos finos, devido à completa destruição das raízes e radículas. A parte aérea de plantas afetadas pode apresentar clorose ou murcha durante períodos secos. A desfolha total pode ocorrer quando o ataque é severo. Como endoparasitos migradores, estes nematoides destroem os tecidos do sistema radicular, causando lesões, como rachaduras na superfície e galerias internas nos tecidos corticais. Sintomas de danos causados por *Pratylenchus* spp. não são específicos, podendo ser facilmente confundidos com danos causados por outros tipos de patógenos do solo ou atribuídos a outras causas, como deficiência nutricional ou estresse hídrico (HACKENBERG et al., 2000; BACK; HAYDOCK; JENKINSON, 2002).

As espécies de *Pratylenchus* spp., usualmente, não estão uniformemente distribuídas na área toda, no campo. Ao invés disso, são observadas reboleiras de plantas subdesenvolvidas, frequentemente exibindo clorose e acentuadas necroses de raízes e mais predispostas ao ataque de outras pragas e doenças. Por outro lado, questões de natureza ecológica do local, tais como a textura do solo, temperatura, umidade, pH, estação do ano e profundidade do perfil do solo, são decisivas para a explosão populacional e estabelecimento da epidemia da doença (CASTILHO; VOVLAS, 2007).

Em regiões produtoras de batata, variações na distribuição das espécies foram associadas a diferentes tipos de solo. *Pratylenchus crenatus* é normalmente

encontrada em solos argilosos e siltosos, enquanto *P. penetrans*, em solos arenosos (FLORINI; LORIA; KOTCON, 1987). Similarmente, Sundararaju e Jeyabaskaran (2003) observaram que o tipo de solo apresenta significativa influência na infecção e na severidade das necroses causadas nas raízes de bananeira por *P. coffeae*. O máximo de severidade de lesões em raízes e de reprodução do nematoide foi observado em solos silto-argilosos e aluviais, enquanto o mínimo ocorreu em solos com baixa porosidade. Contudo, não foi possível detectar nenhuma correlação entre os dois tipos de solo e a população do nematoide no solo ou nas raízes.

Sher e Bell (1965) encontraram *P. vulnus* reproduzindo-se em roseiras, em temperaturas variando entre 18 e 32°C. Porém, estas populações desenvolveram-se mais rapidamente na faixa de 24 a 29°C. Em estudo conduzido por Dickerson (1979), a melhor temperatura para reprodução de *P. scribneri* e *P. allenii* foi de 35°C, em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e soja. No entanto, essas espécies reproduziram-se a baixas temperaturas em tomateiro. Este fato sugere que a limitação de temperatura depende também da interação nematoide-hospedeiro e não somente do nematoide. Segundo Koen (1967), populações de *P. brachyurus* no solo diminuem durante o inverno devido às baixas temperaturas (10 - 18°C) e são mantidas a altas temperaturas (20 - 37°C).

Koen e Hogewind (1987) mencionaram que baixas temperaturas podem ser letais às espécies de *Pratylenchus* e, em geral, podem levar a acentuadas reduções em suas populações em épocas frias. Observaram que populações de *P. brachyurus* em batata foram reduzidas drasticamente após 15 semanas, em amostras armazenadas a 5°C. Em outro estudo, sob condições controladas, a mortalidade de *P. penetrans* a 4°C foi em torno de 90%, após 4 semanas, e em torno de 92% a 2°C, após 4 horas de exposição (KIMPINSKI; DUNN, 1985).

A sobrevivência de *Pratylenchus* spp. ao longo das estações do ano varia entre as diferentes culturas ou entre áreas colhidas e sob pousio (OLTHOF, 1971). O declínio da densidade populacional de *P. scribneri* no inverno, em variedades de milho, foi de 50 - 63% (MAcGUIDWIN; FORGE, 1991). Reduções similares (43 - 68%) foram relatadas para *P. penetrans* associado com cravo-vermelho (*Tagetes* sp.) (KIMPINSKI; DUNN, 1985) e para *P. penetrans* associado com centeio (40 - 65%), no Canadá (OLTHOF, 1971). Contudo, a sobrevivência de *P. scribneri* em batata foi

mais variável (15 - 84%) e menor em relação ao milho (MACGUIDWIN; FORCE, 1991).

Verschoor et al. (2001) relataram que, no inverno, a maior parte da população de *P. crenatus* e de *P. fallax* foi encontrada no interior das raízes de gramíneas, onde pareceram ser menos afetados pelas condições adversas. Nombela; Navas e Bello (1993), em campos arados, encontraram densidades de *P. brachyurus* mais elevadas em camadas mais profundas do solo durante o inverno. Estes autores deduziram que essa migração do nematoide para camadas mais profundas do solo ocorria para escapar das baixas temperaturas.

MacGuidwin e Forge (1991) demonstraram mortalidade de aproximadamente 50% em populações de *Pratylenchus* spp. no período do inverno, em plantas anuais, em clima temperado. Dados similares foram apresentados por Kimpinski e Dunn (1985) para plantas perenes em clima tropical.

O gênero *Pratylenchus* spp. apresenta grande capacidade de adaptação a grandes variações das condições do solo e apresenta muitas adaptações para a produção de grãos em baixos valores de pH. De qualquer forma, diferentes estudos sobre este assunto mostram que o pH ideal para as espécies de *Pratylenchus* spp. varia de acordo com a espécie e o hospedeiro. Uma população de *P. brachyurus* não foi afetada com valores de pH entre 5,0-7,3. Porém, pH igual a 1,0 foi letal. Com pH 3,0, apenas 39% de espécimes sobreviveram, em comparação com 95% no controle (KOEN, 1967). Populações de *P. brachyurus* em abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) foram reduzidas quando o pH do solo aumentou para 6,0 (OSSENI; SARAH; HUGON, 1997). Estudos realizados por Morgan e MacLean (1968) e Willis (1972) em ervilhaca e alfafa, respectivamente, indicaram que *P. penetrans* atua melhor com pH entre 5,2 e 6,4, apresentando queda em sua reprodução com pH próximo a 7,0.

A distribuição vertical de *Pratylenchus* no solo é altamente variável e pode sofrer influências de diversos fatores bióticos e abióticos. A distribuição das raízes, solução do solo, temperatura, textura do solo, chuvas e a profundidade do solo influenciam diretamente no padrão de distribuição vertical. Wallace (1973) sugeriu que a distribuição das raízes era o principal fator na distribuição vertical de nematoides fitoparasitos, e os fatores físicos apresentam importância secundária.

Conhecer a distribuição vertical das espécies de *Pratylenchus* em solos cultivados possui grande importância para mostrar quanto profundamente os nematicidas, produtos orgânicos ou agentes de controle biológico devem ser aplicados para obter-se máxima eficiência e qual deve ser a profundidade para coleta de amostras de solo durante estudos de populações com diferentes finalidades.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2012: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2012. 482 p.

ANTONIO, S. F.; MENDES, F. L.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P.; RAMOS-JR, E. U.; GOULART, A. M. C.; SILVA, J. F. V. Perdas de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares em Vera, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA: Soja, 2012. p. 1-4.

ALZATE-MARIN, A. L.; CERVIGNI, G. D. L.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 333-342, 2005.

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**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 74-79. 1996.

ASMUS, G. L. Ocorrência de nematoides fitoparasitos em algodoeiro no Estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 77-86, 2004.

BACK, M. A.; HAYDOCK, P. P. J.; JENKINSON, P. Nematodes and soilborne pathogens disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. **Plant Pathology**, v. 51, p. 683-697, 2002.

BARKER, K. R. Introduction. In: BARKER, K. R.; PEDERSON, G. A.; WINHAN, G. L. (Ed.). **Plant and nematodes interactions**. Madison: American Society of Agronomy, 1998. p. 1-120.

BRINKMAN, E. P.; DUYTS, H.; VAN DER PUTTEN, W. H. Competition between endoparasitic nematodes and effect on biomass of *Ammophila arenaria* (marram grass) as affected by timing of inoculation and plant age. **Nematology**, New Delhi, v. 7, n. 2, p. 169-178, 2005.

CAMPELO, G. J. A.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Características agronômicas e morfológicas das cultivares de soja desenvolvidas para as regiões de baixas latitudes. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina-PE: EMBRAPA Semiárido/Brasília-DF: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.EMBRAPA.br>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

CARES, J. E.; BALDWIN, J. G. Nematoides formadores de cistos do gênero *Heterodera*. In: LUZ, W.C. ; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Gráfica UPF, 1995. v. 3. p. 29-84.

CARNIELLE, A.; SOUZA, M. I. F. **Nematoides em soja**. Dourados: Embrapa: Uepae de Dourados, 1989. 169 p. (EMBRAPA: Centro-Oeste. Resumos Informativos).

CASTILHO, P.; VOVLAS, N. ***Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae):** Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. Leiden: Brill, 2007. 529 p.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

CONAB. 2012: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Terceiro levantamento dezembro 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab. 2012.

COSTA, D. C.; FERRAZ, S. Avaliação da resistência de cultivares e linhagens de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 13, p. 4-5, 1989.

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

DASGUPTA, D. R.; SESHADRI, A. R. Races of the reinform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940. **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v. 1, p. 21-24, 1971.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides de importância para a soja no Brasil. **Boletim de Pesquisa de Soja**, Rondonópolis, n. 11, p. 173-183, 2007.

DIAS, W.P.; RIBEIRO, N.R.; PIVATO, A.; MOLINA, D. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30, 2008. Rio Verde-GO. **Anais...** Rio Verde: COMIGO/EMBRAPA Soja, 2008. p. 137-139.

DICKERSON, O. J. The effects of temperature on *Pratylenchus scribneri* and *P. alleni* populations on soybeans and tomatoes. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 11, n. 1, p. 23-26. 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **A Cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2000. p. 238.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA / Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2004**: a soja no Brasil. Disponível em: <<http://www.cnpso.EMBRAPA.br/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 24 set. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja**: região central do Brasil – 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

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

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

FERRAZ, L. C. C. B. Reações de 46 cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 18., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas/Sociedade Brasileira de Nematologia, 1994. p. 7-11.

FLORINI, D. A.; LORIA, R.; KOTCON, J. B. Influence of edaphic factors and previous crop on *Pratylenchus* spp. population densities in potato. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 19, p. 85-92, 1987.

FORTUNER, R. A reappraisal of the Tylenchina (Nemata). 8. The family Hoplolaimidae Filip'ev, 1934. **Revue de Nématologie**, Paris, v. 10, n. 2, p. 219-232, 1987.

GIELFI, F. S.; SANTOS, J. M.; ATHAYDE, M. L. F. Reconhecimento das espécies de nematoides associados ao algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: FIALGO e EMBRAPA Algodão, 2003.1 CD-ROM.

GOOD, J. M. Nematodes. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improved, production and uses**. Winconsin: American Society of Agronomy, 1973. p. 527-543.

GOULART, A. M. C. **Aspectos Gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. 30 p (Documentos - ISSN 1517-5111; 219).

HACKENBERG, C.; MUEHLCHEN, A.; FORGE, T.; VRAIN, T. *Pseudomonas chlororaphis* strain sm3, bacterial antagonist of *Pratylenchus penetrans*. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 32, p. 183-189, 2000.

HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. In: BOERMA, H.R.; SPECHT, J.E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. 4. ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 2004. cap. 4, p. 97-136.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L.; SILVA, R. A. Manejo de nematoides na cultura da soja no Mato Grosso. **Boletim de Pesquisa de Soja**, Rondonópolis, n. 12, p. 161-169, 2008.

JAHEN, A.; MENDES, M. L.; SILVA, M. F. A. Nematoides fitoparasitos associados à cultura da soja, *Glycine Max* (L.) Merrill., no Vale do Paranapanema-SP. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 79-81. 1998.

JATALA, P. Reniform and false root-knot nematodes, *Rotylenchulus* and *Nacobbus* spp. In: NICKLE, W.R.(Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 509-528.

KIMPINSKI, J.; DUNN, R. A. Effect of low temperatures in the field and laboratory on survival of *Pratylenchus penetrans*. **Plant Disease**, Beltsville, v. 69, n. 6, p. 526-527, 1985.

KOEN, H. Notes of the host range, ecology and population dynamics of *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologica**, v. 13, p. 118-124, 1967.

KOEN, H.; HOGWIND, W. L. Symptons and characteristics of *Pratylenchus brachyurus* infestation on stored potatoes. **South Africa Journal of Agricultural Science**, Nairobi, v. 10, p. 543-550, 1987.

LEHMANN, P. S.; INSERRA, R. N. Morphometric variation of *Rotylenchulus parvus* and *Rotylenchulus reniformis* populations in the southern United States. **Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings**, Gainesville, v. 49, p. 220-226, 1990.

LIMA, R. D.; FERRAZ, S. Reprodução de *Heterodera glycines* em algumas plantas usadas em rotação e sucessão na cultura da soja. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 17., Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1993. p. 8-8.

LIMA, R. D.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Heterodera* sp., em soja no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., Lavras, **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1992. p. 101-102.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A.; QUAGGIO, J. A. *Heterodera* sp. reduz produção de soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., Lavras, **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1992. p. 67-68.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1988, 314 p.

LORDELLO, L. G. E.; ZAMITH, A. P. L.; ARRUDA, H. V. Nematodes parasites of soybean and cotton roots and its implication in crop rotation. **Revista de Agricultura** Piracicaba, v. 33, n. 3, p. 161-166, 1958.

LORDELLO, L. G. E.; ZAMITH, A. P. L.; BOOCK, O. J. Two nematodes found attacking potato in Cochabamba, Bolivia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Bolívia, v. 33, p. 209-215. 1961.

LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. London: CAB International, 1990. 629 p.

McGAWLEY, E. C.; OVERSTREET, C. Reproduction and pathological variation in populations of *Rotylenchulus reniformis*. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 27, p. 508, 1995.

MACGUIDWIN, A. E.; FORGE, T. A. Winter survival of *Pratylenchus scribneri*. **Journal of Nematology**, Gainesville, v. 23, n. 2, p. 198-204, 1991.

MENDES, M. L.; DICKSON, D. W. *Heterodera glycines* found on soybean in Brazil. **Journal of Nematology**, College Park, v. 24, n. 4, p. 506-506, 1992.

MONTEIRO, W. A.; MORAIS, S. R. A. C. Ocorrência do nematoide do cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., Lavras, **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1992. p. 101-101.

MORGAN, G. T.; MACLEAN, A. A. Influence of soil pH on introduced population of *Pratylenchus penetrans*. **Nematologica**, Wageningen, v. 14, p. 311-312, 1968.

MULLER, L. Taxonomia e Morfologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL., p. 65-108, 1981, 1.062 p.

NAKASONO, K. Studies on morphological and physio-ecological variation of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford ; Oliveira, 1940 with an emphasis on differential geographical distribution of amphimictic and parthenogenetic populations in Japan. **Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences**, Ibaraki, v. 38, p. 63-67, 1983.

NOEL, G. R.; MENDES, M. L.; MACHADO, C. C. Distribution of *Heterodera glycines* races in Brazil. **Nematopica**, Bradenton, v. 24, n. 1, p. 63-68, 1994.

NOMBELA, G.; NAVAS, A.; BELLO, A. Spatial and temporal variation of the nematode fauna in representative soils of the central region of Iberian Peninsula. **Nematologica**, Leiden, v. 39, n. 1-4, p. 81-91, 1993.

OLTHOF, T. H. A. Seasonal fluctuations densities of *Pratylenchus penetrans* under a ryegrass-tobacco rotation in Ontario. **Nematologica**, Leiden, v. 17, n. 1, p. 453-459, 1971.

OSSENI, B.; SARAH, J. L.; HUGON, R. Effect of soil pH on the population development of *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) in pineapple roots and the growth and yield of the plant. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 425, p. 423-433, 1997.

REBOIS, R. V.; GOLDEN, A. M. Nematode occurrences in soybean fields in Mississippi and Louisiana. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 62, p. 433-437, 1978.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2007, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA: Soja. p. 62-63.

RYSS, A.; BOSTRÖM, S.; SOHLENIUS, B. *Tylenchid* nematodes found on the Nunatak Base, East Antarctica. **Annales Zoologici**, Warszawa, v. 55, p. 315-324, 2005.

SHER, S. A.; BELL, A. H. The effect of soil type and soil temperature on root lesion nematode diseases of roses. **Plant Disease Reporter**, Riverside, v. 49, n. 10, p. 849-851, 1965.

SILVA, A. T. **Estudo da variabilidade genética do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinoe, 1952) por meio de marcadores RAPD e hospedeiros diferenciadores. 1997. 61f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.**

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; GOMES, A. C.; BORGES, D. C.; SOUZA, A. A.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 29, n. 3, p. 337-337, 2004.

STIRLING, G. R. **Biological control of plant parasitic nematodes**. Brisbane: CAB International, 1991. 282 p.

SUNDARARAJU, P.; JEYABASKARAN, K. J. Evaluation of different soil types on multiplication of *Pratylenchus coffeae* and growth of banan seedlings var, Nendran. **Nematologica Mediterranea**, Bari, v. 31, p. 151-153, 2003.

TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 89-94, 1990.

TOWNSHEND, J.L. Methods for evaluating resistance to lesion nematodes, *Pratylenchus* species. In: STARR, J.L. (Ed.). **Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes**. Hyattsville, Maryland: The Society of Nematologists. 1990. p. 33-41.

VAN DEN BERG, E. Two new and one known species of the Tylenchoidea (Nemata) from Southern Africa. **Phytophylactica**, Pretoria, v. 22, p. 23-34, 1990.

VERSCHOOR, B. C.; DE GOEDE, R. G. M.; DE HOOP, J. W.; DE VRIES, F. W. Seasonal dynamics and vertical distribution of plant-feeding nematode communities in grasslands. **Pedobiologia**, Goettingen, v. 45, p. 213-233, 2001.

YORINORI, J. T. Risco de surgimento de novas doenças na cultura da soja. In: CONGRESSO DE TECNOLOGIA E COMPETIVIDADE NO MERCADO GLOBAL, 1., 2000, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Fundação MT, 2000. p.165-169.

WALLACE, H. R. **Nematode ecology and plant disease**. London: Edward Arnold, 1973, 228 p.

WILLIS, C. B. Effects of soil pH on reproduction of *Pratylenchus penetrans* and forage yield of alfafa. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 4, p. 291-295, 1972.

WRATHER, J. A.; KOENNING, S. R.; ANDERSON, T. R. **Effect of diseases on soybean yields in the United States an Ontario (1999 a 2002)**. 2003. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/search/asp>>. Acesso em: 10 set. 2012.

CAPÍTULO 2 - Influência de fatores do ambiente, períodos de duração do ensaio e genótipos de soja na reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em casa de vegetação e elaboração de uma escala de notas para a avaliação da resistência de genótipos

RESUMO – O melhoramento genético, visando à resistência a pragas e doenças, é uma estratégia eficaz, de baixo custo e baixo impacto ambiental para se manejar nematoides bem como outras pragas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da textura do substrato, densidade inicial do inóculo, duração do ensaio e fases do ano na reprodução de *P. brachyurus* em soja, tendo em vista a escolha das condições adequadas para a avaliação da resistência de genótipos de soja a este nematoide. Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação da Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO, durante a safra de 2010/2011. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, seguindo o esquema fatorial 4 x 4 x 3 x 3 x 2 (4 texturas do substrato x 4 densidades iniciais do inóculo x 3 períodos de duração do ensaio x 3 hospedeiros x 2 fases do ano), com cinco repetições. Ao final de 60; 90 e 120 dias, os ensaios foram submetidos a duas avaliações. A primeira com atribuição de notas ao sistema radicular, de acordo com a percentagem da área de raízes com necrose, e a segunda o cálculo do fator de reprodução obtido pelo quociente entre a população final (somatório da população recuperada do substrato e das raízes) pela população inicial (inoculada). Os dados obtidos no presente estudo confirmam que a época mais adequada para avaliação seria entre os meses de janeiro e abril; as melhores densidades do substrato (% areia) entre 50 e 75%; as densidades iniciais de inóculo de 500 a 1.000 espécimes/planta e o período de avaliação de 90 dias após a inoculação. Além disso, o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) valida a escala de notas delineada no presente estudo.

Palavras-chave: coeficiente de Pearson (r), ecologia de nematoides, estudo em condições controladas, metodologia de avaliação

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem grande importância para o Brasil, tanto do ponto de vista econômico quanto do social. Atualmente, ocupa lugar de destaque no mercado de commodities, e a crescente demanda mundial por proteínas para a produção de carne, assim como por óleos vegetais, tem dado suporte para o seu crescimento no cenário internacional (AGRIANUAL, 2012).

A produção de soja, no entanto, sofre riscos fitossanitários, como a interferência de plantas daninhas e o ataque de pragas e doenças. Os danos causados por nematoides tem-se destacado entre os problemas fitossanitários da cultura no Brasil, e as perdas que lhes são atribuídas representam grande preocupação nas principais áreas produtoras (ASMUS, 2004; KUBO et al., 2004; MACHADO et al., 2006; BORTOLINI et al., 2012; DIAS et al., 2012; FALEIRO et al., 2012; NOETZOLD et al., 2012).

Mais de 100 espécies de nematoides já foram relatadas em associação à soja, em todo o mundo (ROBBINS, 1982). Dentre as espécies de importância para a cultura da soja, no Brasil, destaca-se *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, considerado, nos últimos anos, uma das espécies mais daninhas do gênero e de ocorrência comum no Brasil (GIELFI; SANTOS; ATHAYDE, 2003; ASMUS, 2004; SILVA et al., 2004).

A ocorrência de *P. brachyurus* tem assumido importância cada vez maior, tanto pelos danos causados à cultura quanto pela ampla disseminação e alta incidência do patógeno em áreas produtoras. A alta frequência de *P. brachyurus* tem ocupado a atenção dos pesquisadores devido à escassez de informações sobre as relações entre esse nematoide e as grandes culturas, o que salienta a importância da obtenção de informações básicas a fim de fundamentar as recomendações de manejo (SILVA et al., 2004).

As espécies de *Pratylenchus* estão entre os grupos mais importantes de nematoides em todo o mundo, englobando mais de 68 espécies válidas (CASTILHO; VOVLAS, 2007). No Brasil as espécies mais comuns são *P. brachyurus*, *P. coffeae* (Zimmermann) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, *P. jaehni* Inserra, Duncan, Troccoli, Dunn, dos Santos, Kaplan e Vovlas, *P. penetrans* (Cobb) Filipjev e

Schuurmans Stekhoven, *P. vulnus* Allen e Jensen e *P. zeae* Graham (GONZAGA, 2006).

Em função dos sintomas da infecção que esse nematoide causa nas raízes, as espécies de *Pratylenchus* são conhecidas como 'nematoides das lesões radiculares' (LORDELLO, 1988) e dentro do gênero, *P. brachyurus* é uma das espécies de maior importância econômica. De acordo com Ferraz (1995), sua relevância está associada à ampla distribuição geográfica, ao alto grau de polifagia e à ação patogênica. A longevidade da espécie em solos em pousio, também, configura uma característica relevante (TIHOHOD, 1993).

Na opinião de Ferraz (2006), os danos causados por *P. brachyurus* às raízes das plantas hospedeiras são os resultados da associação da ação mecânica decorrente da migração inter e intracelular nos tecidos corticais das raízes; ação tóxica resultante da injeção de secreções esofagianas no citoplasma das células selecionadas para o parasitismo e da ação espoliativa representada pela remoção do conteúdo citoplasmático modificado das células atacadas pelo nematoide.

A forma mais eficaz e econômica de controle das doenças em plantas é por meio da resistência genética do hospedeiro (TIHOHOD, 1993; YORINORI, 1997). Segundo Ferraz (1996), a utilização de uma variedade de soja resistente a *P. brachyurus* seria a prática ideal de manejo da praga.

Segundo Roberts (2002), em Nematologia, o termo resistência é utilizado para descrever a habilidade da planta em suprimir o desenvolvimento ou a reprodução do nematoide. Pode variar de baixa a moderada resistência (parcial ou intermediária) a alta resistência. A planta totalmente resistente ou altamente resistente não permite a reprodução do nematoide ou permite uma mínima reprodução, enquanto a planta parcial ou moderadamente resistente permite uma multiplicação mediana da população. Já o conceito de planta suscetível é o oposto da resistente. Isto é, permite o desenvolvimento normal do nematoide e a expressão de qualquer doença associada.

O termo tolerância e seu oposto, intolerância, são usados para descrever a habilidade da planta em escapar ou não à infecção do nematoide. Plantas intolerantes são injuriadas e crescem menos ou frequentemente morrem quando infectadas, quando comparadas com as tolerantes (ROBERTS, 2002).

A reprodução dos nematoides pode ser avaliada estimando-se o número dos nematoides (ovos, juvenis e/ou adultos, conforme o gênero envolvido) extraídos do sistema radicular da planta e do substrato e, em seguida, determinando-se a taxa de reprodução ou fator de reprodução do patógeno (FR), indicando plantas boas hospedeiras ($FR \geq 1$) ou más hospedeiras ao nematoide ($FR < 1$), conforme Oostenbrink (1966).

As variáveis mais utilizadas em ensaios de estudos da resistência de genótipos para classificar clones e variedades são a massa da matéria fresca ou seca da parte aérea, representando o desenvolvimento da planta e a população de nematoides nas raízes, representando o desenvolvimento do parasito (DROPKIN; NELSON, 1960).

Ferraz (1995) ressalta a dificuldade de se estabelecer generalizações e os riscos da extrapolação de dados quando se trata de estudos da resistência de cultivares de soja a *P. brachyurus*, sendo necessários constantes esforços para obtenção de alternativas de manejo, principalmente considerando-se sua elevada frequência nas áreas de cultivo de soja no Brasil. Dessa forma, a necessidade de obtenção de cultivares que associem resistência a *P. brachyurus* e elevadas produtividades são etapas importantes para garantir a viabilidade agrícola nas áreas infestadas por este nematoide (GIELFI; SANTOS; ATHAYDE, 2003; ASMUS, 2004).

Considerando que os fatores edafoclimáticos influenciam marcadamente nas atividades biológicas e patogênicas dos nematoides (WALLACE, 1973), este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da textura do substrato, densidade inicial do inóculo, duração do ensaio e fases do ano na reprodução de *P. brachyurus* em soja, tendo em vista a escolha das condições adequadas para a avaliação da resistência de genótipos de soja a este nematoide.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação da Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO (17° 53' 45.68" N | 49° 14' 31.26" W), durante a safra de 2010/2011.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, seguindo o esquema fatorial 4 x 4 x 3 x 3 x 2 (4 texturas do substrato x 4 densidades iniciais do inóculo x 3 períodos de duração do ensaio x 3 hospedeiros x 2 fases do ano), com cinco repetições, conforme tratamentos descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no estudo da influência de fatores do ambiente, períodos de duração do ensaio e genótipos de soja na reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em casa de vegetação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Textura do substrato (% de areia)	Densidade inicial do inóculo (espécimes/planta)	Dias após a inoculação (dias)	Hospedeiros	Fases do ano (meses)
25	250	60	TMG 115 RR	janeiro a abril
50	500	90	BRS GO Chapadões	junho a setembro
75	1.000	120	<i>Crotalaria spectabilis</i>	
100	1.500			

As cultivares de soja BRS GO Chapadões e TMG 115 RR foram usadas, respectivamente, como padrões de resistência e suscetibilidade, em função de resultados de pesquisas apontarem BRS GO Chapadões com os mais baixos valores do fator de reprodução e a TMG 115 RR como mais suscetível (altos valores de FR), conforme Dias et al. (2007) e Ribeiro (2009), embora esses autores tenham encontrado valores do fator de reprodução para BRS GO Chapadões ligeiramente maiores do que um. Além disso, ambos os materiais pertencem ao grupo de maturação 8.6 (MAPA, 2013). A *Crotalaria spectabilis* Roth foi usada como padrão de resistência absoluta, tanto para o critério de atribuição de notas quanto para o cálculo do fator de reprodução.

Instalação e condução dos ensaios

Os ensaios foram instalados em duas fases do ano, a saber: durante os meses de janeiro a abril e de junho a setembro.

As diferentes classes de textura dos substratos foram preparadas seguindo a relação volume/volume de areia e material de solo argiloso para a obtenção das classes de 25; 50; 75 e 100% de areia. As classes texturais pretendidas foram confirmadas pela metodologia do triângulo de classificação textural de solos, proposta por Lemos e Santos (1984), e apresentadas no Apêndice A (Tabela 1A).

Uma porção de solo argiloso foi usado para a adequação da textura do substrato proveniente de solo de barranco da classe textural muito argilosa, removida a 1 m de profundidade, com auxílio de máquina retroescavadeira, na Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO (17° 53' 38.09" N | 49° 13' 33.16" W). A mistura foi autoclavada a 120°C por 15 min, em autoclave vertical Eletrolab[®], modelo 503/4, com 70 L de capacidade.

Cinco sementes de cada hospedeiro foram semeadas diretamente em vasos plásticos com capacidade de 1 L, nas dimensões de 12,5 cm de diâmetro e 10,5 cm de altura, preenchidos com o substrato nas diferentes texturas, de acordo com cada tratamento.

O desbaste, deixando-se apenas uma plântula por vaso, foi feito quando as plântulas estavam com aproximadamente 8-10 cm de altura e 7 dias da emergência, entre os estádios fenológicos de VC (Vegetativo Cotiledonar) e V1 (Vegetativo 1), conforme Fehr e Caviness (1977), em que VC corresponde a cotilédones completamente abertos e expandidos, e as bordas de suas folhas unifolioladas não mais se tocam (Figura 1A). O estágio fenológico V1 corresponde a folhas unifolioladas completamente desenvolvidas, e os bordos dos folíolos da primeira folha trifoliolada não mais se tocam (Figura 1B).

As plantas foram irrigadas diariamente, com uma lâmina de 17,5 mm dividida em três turnos de rega, durante os meses de janeiro a abril, e quatro turnos nos meses de junho a setembro. Quinzenalmente, foram aplicados 50 mL da solução nutritiva de Hoagland (TUITÉ, 1969), modificada, no substrato de cada vaso. As modificações constaram de diferentes concentrações dos micronutrientes boro,

cobre e molibdênio, que foram fornecidos nas quantidades de 0,88 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,99 g de $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, e 2,6 g de $\text{H}_3\text{BO}_3 \text{ L}^{-1}$; e o ferro foi fornecido como EDTA-férrico, na dose de $7,54 \text{ g.L}^{-1}$.



Figura 1. Estádios fenológicos de plântulas de soja. A) VC - cotilédones completamente abertos e expandidos, e as bordas de suas folhas unifolioladas não mais se tocam. B) V1 - folhas unifolioladas completamente desenvolvidas e os bordos dos folíolos da primeira folha trifoliolada não mais se tocam.

As médias das temperaturas máximas e mínimas do ar, no interior da casa de vegetação, durante o período de condução dos ensaios, foram aferidas com o auxílio de termômetro de mínima de álcool e termômetro de máxima de mercúrio, instalados no interior de um miniabrigo meteorológico de madeira, pintado de branco, instalado à altura das bancadas onde estavam os vasos com as plantas (0,75 m). As temperaturas do solo foram aferidas com o uso de um geotermômetro, instalado no solo de um dos vasos do ensaio.

No horário das 7 h às 8 h da manhã, foram anotadas as temperaturas mínimas e máximas do ar, e mínima para o solo. A temperatura máxima no solo foi aferida entre o horário das 16 h às 17 h.

Ao final de 60; 90 e 120 dias após a inoculação, a soma térmica diária (STd, °C dia) (GILMORE; ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960) foi calculada para as temperaturas do ar e do solo, utilizando-se da fórmula: $STd = [(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2 - T_b] \times 1 \text{ dia}$, em que $T_{\text{máx}}$ é a temperatura máxima diária (°C), $T_{\text{mín}}$ é a temperatura mínima diária (°C) e T_b é a temperatura base para o desenvolvimento normal dos nematoides (°C), em que $T_b = 10^\circ\text{C}$ (TYLER, 1933).

A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da inoculação foi obtida pelo somatório das STd, tanto para a temperatura do ar quanto para o solo, após 60; 90 e 120 dias após a inoculação: $STa = \sum STd$.

Obtenção, preparo do inóculo e inoculação

A população inicial de *P. brachyurus* usada para a multiplicação do inóculo foi coletada em lavoura de soja da cultivar P98Y11, no município de Chapadão do Sul-MS (19° 09' 98.02" N | 52° 78' 46.27" W).

A população foi previamente identificada com base em caracteres morfológicos, conforme Gonzaga (2006) e, em seguida, mantida em plantas de milho e sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], em casa de vegetação da Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO.

A extração de ovos, juvenis e adultos das raízes foi feita pela técnica de Coolen e D'Herde (1972), baseada na flotação centrífuga em solução de sacarose, com adição de caulim, sendo as raízes cortadas em fragmentos de aproximadamente 2 cm e transferidas para um copo de liquidificador doméstico. Logo em seguida, as raízes foram trituradas em água por 20 segundos. A suspensão obtida foi vertida em peneira de 20 mesh (0,85 mm), sobreposta a uma de 500 mesh (0,025 mm). Os nematoides retidos na peneira de 500 mesh foram recolhidos em suspensão aquosa, com auxílio de uma pisseta, para um copo de béquer de 500 mL e, em seguida, adicionou-se caulim (1 cm³ de caulim para cada 40 mL da suspensão aquosa). A suspensão aquosa foi transferida para tubos de centrifuga e centrifugada por 5 min a 1.750 rpm. Após essa centrifugação, descartou-se o sobrenadante e, ao resíduo de cada tubo, adicionou-se solução de sacarose (454 g de açúcar para cada litro de água) e procedeu-se a uma nova centrifugação por 1 min, na mesma velocidade. Após essa operação, o sobrenadante foi vertido em uma peneira de 500 mesh, removendo-se o excesso da solução de sacarose com água de torneira e recuperando-se os nematoides em suspensão aquosa, para um copo de béquer de 500 mL. A população do nematoide na suspensão foi estimada com o auxílio da câmara de contagem de Peters, ao microscópio fotônico (SOUTHEY, 1970), e as

concentrações do inóculo corresponderam aos níveis de 25; 50; 100 e 150 ovos, juvenis e/ou adultos de *P. brachyurus*/mL, ajustados com a adição de água.

A inoculação foi feita com pipetador automático, Pipeting Helper[®], modelo Maneus, com ajuste de 0 a 10 mL, distribuindo-se 10 mL da suspensão em três orifícios feitos no substrato, a 2 cm da base da plântula e com 2 cm de profundidade, para que as densidades iniciais dos inóculos atingissem 250; 500; 1.000 e 1.500 ovos, juvenis e/ou adultos de *P. brachyurus*/planta (população inicial).

Variáveis avaliadas

Ao final de 60; 90 e 120 dias após a inoculação, foi realizada a coleta da parte aérea para a obtenção da massa da matéria fresca e seca da parte aérea. As raízes foram coletadas do substrato para a determinação da massa de matéria fresca das raízes. A avaliação da massa da matéria fresca da parte aérea e das raízes foi efetuada logo em seguida à coleta das plantas, e os procedimentos de pesagem, em balança semianálitica, Gehaka[®], modelo BG8000, com precisão de duas casas decimais. Em seguida, foi feita a secagem da parte aérea até massa constante em estufa com ventilação forçada, Fabbe[®], modelo 171, a 45°C, para a determinação da massa da matéria seca da parte aérea (DÔRES, 2007).

As raízes foram imersas em água e ligeiramente agitadas para a remoção do excesso do substrato aderido. A água utilizada na lavagem de cada sistema radicular foi empregada no processo de extração dos nematoides da amostra do substrato correspondente. Em seguida, avaliou-se o grau de infecção das raízes, conforme a escala elaborada e ilustrada na Figura 2. A referida escala contém seis categorias, de acordo com a percentagem da área das raízes lesionadas, a saber:

Nota 0: 0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 1: 0,1 - 15,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 2: 15,1 - 25,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 3: 25,1 - 50,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 4: 50,1 - 85,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 5: > 85,0% de segmentos de raízes lesionadas.

Escala de Notas					
0	1	2	3	4	5
					
0% de segmentos de raízes lesionadas	0,1 - 15,0% de segmentos de raízes lesionadas	15,1 - 25,0% de segmentos de raízes lesionadas	25,1-50,0% de segmentos de raízes lesionadas	50,1 - 85,0% de segmentos de raízes lesionadas	> 85,0% de segmentos de raízes lesionadas

Figura 2. Escala proposta para a avaliação, a campo, do grau de infecção de raízes de soja por *Pratylenchus brachyurus*, contendo seis categorias, de acordo com a percentagem da área das raízes lesionadas. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Em seguida, o volume total do substrato de cada vaso foi homogeneizado e utilizado para extração dos nematoides, pela técnica de Jenkins (1964), onde, no processamento, uma alíquota de 150 cm³ do substrato foi colocada em balde plástico e adicionaram-se aproximadamente 2 L de água. O material foi agitado manualmente, seguindo-se um período de repouso por 15 s. Essa suspensão foi vertida em peneira de 20 mesh, sobreposta a uma peneira de 400 mesh (0,038 mm), e, com auxílio de jatos de água de uma pisseta, os nematoides foram recolhidos em suspensão aquosa, juntamente com partículas do substrato, para um copo de bquer de 100 mL. A suspensão foi transferida para tubos de centrifuga e centrifugada por 5 min a uma velocidade de 1.750 rpm. Após essa centrifugação, descartou-se o sobrenadante, e ao resíduo de cada tubo, adicionou-se solução de sacarose (454 g de açúcar para cada litro de água), procedendo-se a uma nova centrifugação por 1 min, na mesma velocidade. Após essa operação, o sobrenadante foi vertido em uma peneira de 500 mesh, removendo-se o excesso da solução de sacarose com água de torneira, e a suspensão de nematoides foi recolhida em suspensão aquosa para um copo de bquer de 50 mL. Os nematoides foram extraídos das raízes, pela técnica de Coolen e D'Herde (1972), conforme descrita para a obtenção do inóculo.

As densidades populacionais do nematoide nas suspensões aquosas obtidas do substrato e das raízes foram estimadas ao microscópio fotônico, com auxílio da câmara de contagem de Peters (SOUTHEY, 1970).

Cálculo do Fator de Reprodução

A população final (Pf) foi obtida através da soma das estimativas da população do nematoide nas amostras do substrato e das raízes. O fator de reprodução do nematoide (Pf/Pi) foi estimado para cada repetição, dividindo-se a população final (Pf solo + Pf raízes) pela inicial (Pi, inoculada), conforme proposto por Oostenbrink (1966). Ao final, calculou-se a média para cada tratamento.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Anderson-Darling (STEPHEN, 1974), e os resultados, submetidos à análise de variância, pelo Teste F, utilizando o programa SISVAR® (FERREIRA, 2008). A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os dados da massa de matéria fresca e seca da parte aérea e da massa da matéria fresca do sistema radicular, fator de reprodução e as notas visuais foram comparados, calculando-se o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r), adotando a interpretação qualitativa, segundo Callegari-Jacques (2003), mencionada a seguir:

- se $0,00 < r < 0,30$, existe fraca correlação linear;
- se $0,30 \leq r < 0,60$, existe moderada correlação linear;
- se $0,60 \leq r < 0,90$, existe forte correlação linear;
- se $0,90 \leq r < 1,00$, existe correlação linear muito forte.

Resultados e discussão

A população de *P. brachyurus* foi previamente confirmada com base nos caracteres morfológicos ilustrados na Figura 3, conforme Gonzaga (2006).

Os dados das médias das temperaturas máximas e mínimas e a soma térmica acumulada do ar e do substrato (°C) no interior da casa de vegetação, nos períodos de duração dos ensaios, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Médias das temperaturas máximas e mínimas, e soma térmica acumulada do ar e do substrato (°C) no interior da casa de vegetação, após 60; 90 e 120 dias da inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Dias após a inoculação (dias)	janeiro a abril						junho a setembro					
	AR			SUBSTRATO			AR			SUBSTRATO		
	mx*	mn**	STa °C***	mx	mn	STa °C	mx	mn	STa °C	mx	mn	STa °C
60	38,2	21,2	1.398,0	24,6	20,3	618,6	33,6	16,8	1.248,8	22,3	19,6	536,4
Média	29,7	---	---	22,4	---	---	25,2	---	---	20,9	---	---
90	36,6	19,8	2.136,0	27,8	22,4	988,5	31,4	14,6	1.922,6	20,4	17,6	770,1
Média	28,2	---	---	25,1	---	---	23,0	---	---	19,0	---	---
120	37,4	20,3	2.877,0	26,4	21,6	1.362,3	34,1	17,8	2.631,7	25,4	18,3	1.004,1
Média	28,8	---	---	24,0	---	---	25,95	---	---	21,8	---	---
Média geral	28,9	---	2.137,0	23,8	---	989,8	24,7	---	1.934,3	20,6	---	770,2

* mx: média das temperaturas máximas

** mn: média das temperaturas mínimas

*** STa (°C): média das somas térmicas acumulada (°C)

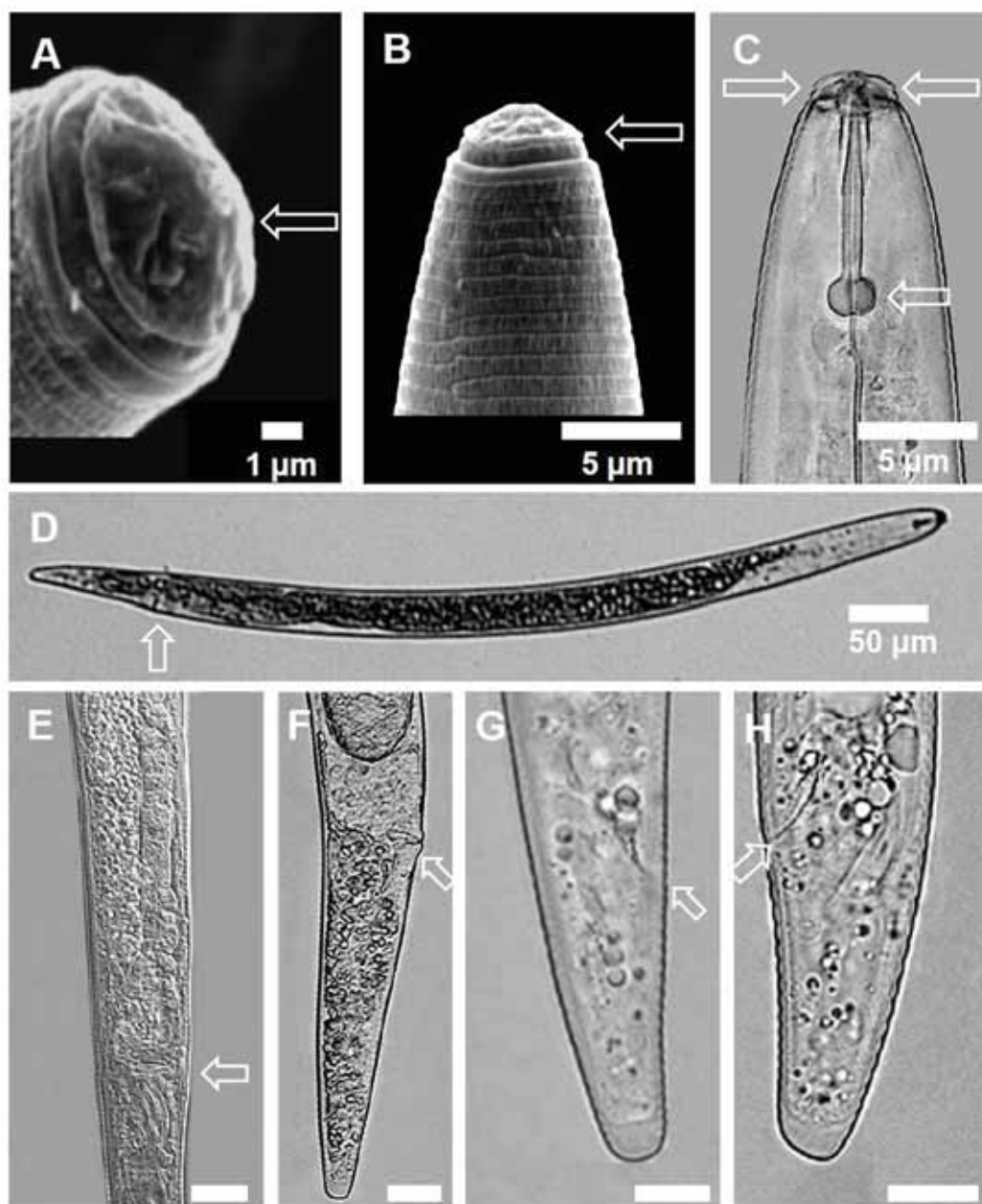


Figura 3. Principais caracteres morfológicos para identificação de *Pratylenchus brachyurus*. A) Eletromicrografia de varredura da placa labial indivisa (seta). B) Eletromicrografia de varredura da região labial angulosa, exibindo dois anéis (seta), sendo o anel da base de menor diâmetro que o primeiro anel do corpo. C) Fotomicrografia da região anterior, exibindo o estilete (seta) com nódulos basais esféricos. D) Fotomicrografia da fêmea, exibindo a posição da vulva (seta). E) Gônada desprovida de espermateca funcional (a seta indica a posição da vulva). F) Saco pós-uterino (seta). G) Cauda hemisférica com término liso, característica da espécie. H) Variação na forma da cauda (as setas em ambas indicam o ânus). Barra das escalas = 10 μm ou outro valor, conforme indicado. Fonte: GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação *in vitro* das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus* Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil**, 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

Os dados submetidos ao teste de normalidade de Andreson-Darling (STEPHEN, 1974) apresentaram distribuição normal nos histogramas dos resíduos, conforme Figuras 4; 5; 6 e 7, indicando que o conjunto de dados suporta a análise de variância (STEEL; TORRIE, 1997).

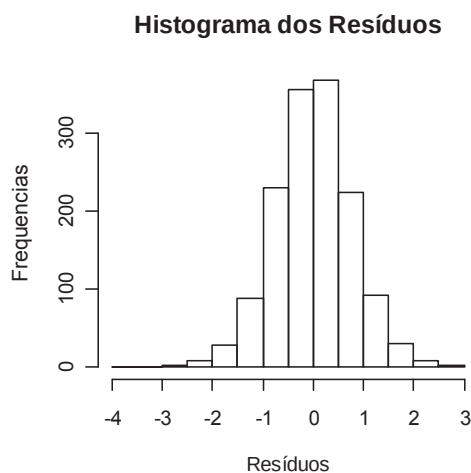


Figura 4. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às massas de matéria fresca da parte aérea de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de *Pratylenchus brachyurus*/planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

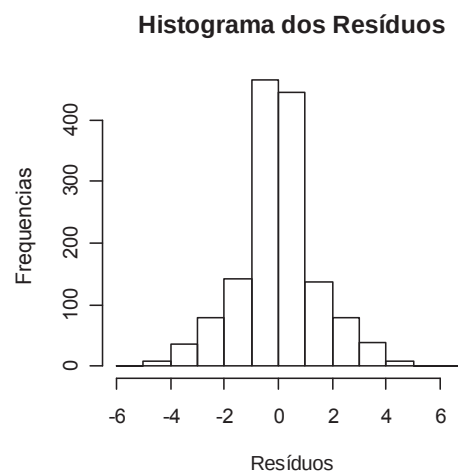


Figura 5. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às massas de matéria seca da parte aérea de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de *Pratylenchus brachyurus*/planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

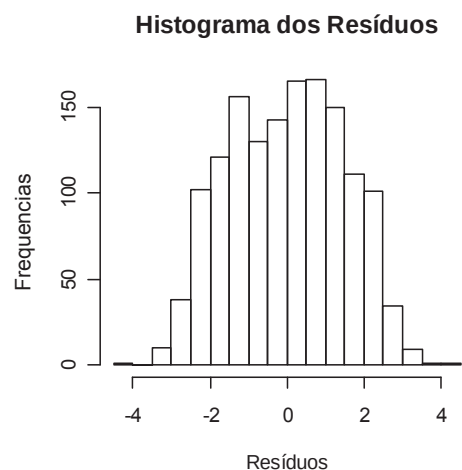


Figura 6. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às massas de matéria fresca do sistema radicular de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de *Pratylenchus brachyurus*/planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

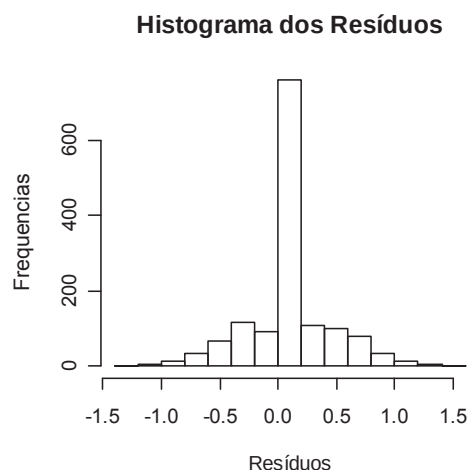


Figura 7. Normalidade dos resíduos dos dados relativos às notas visuais da percentagem de raízes lesionadas no sistema radicular de plantas de soja inoculadas com 250; 500; 1.000 e 1.500 juvenis e adultos de *Pratylenchus brachyurus*/planta, em casa de vegetação, avaliadas aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

A análise de variância dos dados pelo Teste F evidenciou interação significativa entre todas as variáveis consideradas, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Quadro da análise de variância dos dados referentes às variáveis avaliadas, em esquema fatorial, com cinco repetições. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Variáveis avaliadas	GL**	QM***	Fc****	Pr>Fc*****
Fases do ano	1	989,394	1690,628	0,000*
Hospedeiros	2	1502,439	2567,293	0,000*
Períodos de duração do ensaio	2	279,559	477,698	0,000*
Textura do substrato	3	78,476	134,097	0,000*
Densidade inicial do inóculo	3	29,233	49,953	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros	2	428,712	732,562	0,000*
Fases do ano x Períodos de duração do ensaio	2	36,988	63,204	0,000*
Fases do ano x Textura do substrato	3	78,276	133,755	0,000*
Fases do ano x Densidade inicial do inóculo	3	30,738	352,524	0,000*
Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio	4	214,313	366,208	0,000*
Hospedeiros x Textura do substrato	6	84,247	143,957	0,000*
Hospedeiros x Densidade inicial do inóculo	6	23,534	40,215	0,000*
Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato	6	53,608	91,603	0,000*
Períodos de duração do ensaio x Densidade inicial do inóculo	6	19,497	33,316	0,000*
Textura do substrato x Densidade inicial do inóculo	9	5,907	10,094	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio	4	50,459	86,222	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros x Textura do substrato	6	81,413	139,116	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros x Densidade inicial do inóculo	6	23,971	40,961	0,000*
Fases do ano x Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato	6	54,801	93,642	0,000*
Fases do ano x Períodos de duração do ensaio x Densidade inicial do inóculo	6	18,587	31,761	0,000*
Fases do ano x Textura do substrato x Densidade inicial do inóculo	9	4,818	8,233	0,000*
Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato	12	58,011	99,127	0,000*
Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio x Densidade inicial do inóculo	12	15,931	27,223	0,000*
Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato x Densidade inicial do inóculo	18	6,842	11,693	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato	12	7,138	97,635	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio x Densidade inicial do inóculo	12	16,048	27,423	0,000*
Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato x Densidade inicial do inóculo	36	6,513	11,13	0,000*
Fases do ano x Hospedeiros x Períodos de duração do ensaio x Textura do substrato x Densidade inicial do inóculo	36	4,943	8,447	0,000*
CV ¹ (%) 44,02				

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste F;

** Graus de liberdade

*** Quadrados Médios

**** F calculado;

***** Probabilidade>F calculado;

^{NS} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F;

¹ Coeficiente de Variação;

Os valores médios dos fatores de reprodução foram influenciados pelas fases do ano (janeiro a abril e junho a setembro), conforme consta na Tabela 4. No período mais quente (janeiro a abril), a temperatura média do substrato foi de 23,8°C, e no período mais frio (junho a setembro) de 20,6°C (Tabela 2). A variação do valor médio do fator de reprodução na cultivar BRSGO Chapadões do período mais quente para o período mais frio foi de 2,30 para 1,04, enquanto na cultivar TMG 115 RR foi de 5,39 para 1,67 (Tabela 4). Portanto, a variação do valor dessa variável foi mais acentuada na cultivar TMG 115 RR, sabidamente suscetível. Essa variação observada em ambas as cultivares denota a influência da temperatura na expressão fenotípica das plantas. Ribeiro (2009) considerou BRSGO Chapadões, entre outros, como tolerante. Mesmo em materiais com certos graus de tolerância, os dados obtidos evidenciam que a temperatura tem significativa interferência nos valores do fator de reprodução, também, em climas tropicais.

Tabela 4. Valores médios da massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA) e do sistema radicular (MMFSR), massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), número de nematoides por grama de raízes (NNGR) e fator de reprodução nas cultivares de soja BRS Chapadões e TMG 115 RR e na *Crotalaria spectabilis*, em duas fases do ano. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Hospedeiros	Fases do ano									
	janeiro a abril					junho a setembro				
	MMFPA	MMFSR	MMSPA	NNGR	FR	MMFPA	MMFSR	MMSPA	NNGR	FR
BRSGO	20,35	18,86	7,22	102,00	2,30	20,09	20,21	7,13	43,00	1,04
Chapadões	Ab	Ab	Aa	Ab	Ab	Aa	Ba	Aa	Bb	Bb
TMG 115 RR	21,72	20,54	7,05	204,00	5,39	19,06	17,05	7,05	82,00	1,67
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Bb	Bb	Aa	Ba	Ba
<i>Crotalaria</i>	19,46	17,48	7,07	0,00	0,00	18,19	11,87	7,04	0,00	0,00
<i>spectabilis</i>	Ab	Ab	Aa	Ac	Ac	Ab	Bc	Aa	Ac	Ac

FR ≥ 1,0: bom hospedeiro; FR < 1,0: mau hospedeiro

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna, ambas por variável, não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

A fase do ano é substancialmente importante para o desenvolvimento de *Pratylenchus* spp., já que são organismos pecilotérmicos e, conseqüentemente, a temperatura exerce influência na velocidade dos processos fisiológicos, bem como na movimentação, desenvolvimento, reprodução, diferenciação sexual e abundância

relativa de alimento, assim como na expressão dos danos às plantas (FRECKMAN; CASWELL, 1985).

A temperatura ótima para o desenvolvimento das populações pode variar entre as espécies de *Pratylenchus*. Segundo Acosta e Malek (1979), a temperatura ótima para *P. alleni* Ferris, *P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. neglectus* (Rensch) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, *P. scribneri* Steiner e *P. zae*, em soja, foi de 30°C, enquanto para *P. penetrans* e *P. vulnus* foi de 25°C. As duas últimas foram as únicas espécies que se reproduziram em uma temperatura relativamente baixa (15°C). Populações de todas as espécies possuem um incremento em seu desenvolvimento, com temperaturas entre 20 a 30°C. Somente *P. brachyurus*, *P. neglectus*, *P. scribneri* e *P. zae* se reproduziram a 35°C (ACOSTA; MALEK, 1979). Essas informações indicam que as fases do ano para a instalação de ensaios, visando à avaliação da resistência de genótipos a *P. brachyurus*, também devem ser criteriosamente escolhidas.

Crotalaria spectabilis, usada como padrão de resistência absoluta, não exibiu qualquer sintoma da infecção por *P. brachyurus* (Tabela 4).

Graus-dia ou graus-hora são unidades de calor usadas para medir o desenvolvimento animal, inclusive o de nematoides. Tyler (1933) considerou que cada grau Celsius agindo durante uma hora pode ser considerado uma unidade de calor. Para cada unidade de calor, são somadas as temperaturas horárias ou diárias superiores a uma temperatura-base específica para cada espécie, obtendo-se assim os graus-dia ou graus-hora (JAEHN, 1991). Entretanto, a temperatura de 10°C tem sido considerada a temperatura base para as espécies de nematoides em geral (JAEHN, 1991; DONALD; HAYES; WALKER, 2007; GHINI et al., 2008).

No presente estudo, a soma térmica acumulada (Σ graus-dia) nas fases do ano, em relação ao ambiente do ar e do substrato, foi consideravelmente distinta (Tabela 2). Os valores dessa variável para o ambiente do substrato, no período mais quente do ano (janeiro a abril), foram de 618,6; 988,5 e 1.362,3 graus-dia nos respectivos períodos de duração dos ensaios (60; 90 e 120 dias). Esses valores para o período mais frio do ano foram de 536,4; 770,1 e 1.004,0 graus-dia. Mizukubo e Adachi (1997) observaram que apenas para a conclusão de um ciclo de vida de *P.*

penetrans houve uma demanda da soma acumulada de 200; 548 e 564 graus-dia para as fases de eclosão, emergência da fêmea e oviposição, respectivamente.

O pronunciado efeito da temperatura sobre o desenvolvimento do nematoide também está evidenciado na Tabela 4. Com efeito, o número de nematoides por grama de raízes na cultivar BRSGO Chapadões (menos suscetível) variou, do período mais quente para o período mais frio, de 102 para 43 nematoides por grama de raízes, respectivamente. Na cultivar suscetível (TMG 115 RR), observou-se a mesma tendência para o efeito da temperatura. A variação nesse caso foi de 204 para 82 nematoides por grama de raízes, respectivamente.

A textura do solo é um dos fatores mais frequentemente relacionados à distribuição de espécies de *Pratylenchus* spp. Algumas delas são mais associadas a solos arenosos (alto teor de oxigênio) do que a solos mais argilosos (baixo teor de oxigênio), conforme menção de Wallace (1973).

Verificou-se que os valores médios dos fatores de reprodução das cultivares de soja BRSGO Chapadões e TMG 115 RR variam com as diferentes texturas do substrato, independentemente da fase do ano em que o ensaio foi conduzido, a exemplo da temperatura (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios dos fatores de reprodução nas cultivares de soja BRSGO Chapadões e TMG 115 RR e na *Crotalaria spectabilis*, nas texturas do substrato a 25; 50; 75 e 100% de areia, nas densidades iniciais de inóculo de 250; 500; 1.000 e 1.500 *Pratylenchus brachyurus*/planta e aos 60; 90 e 120 dias após a inoculação, entre janeiro e abril e de junho a setembro. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Variáveis avaliadas		Fases do ano					
		janeiro a abril			junho a setembro		
		BRSGO Chapadões	TMG 115 RR	<i>Crotalaria spectabilis</i>	BRSGO Chapadões	TMG 115 RR	<i>Crotalaria spectabilis</i>
Textura do substrato (% de areia)	25	2,51 Aa	2,25 Ab	0,00 Aa	1,05 Ba	1,69 Ba	0,00 Aa
	50	2,35 Aa	7,43 Aa	0,00 Aa	1,02 Ba	1,61 Ba	0,00 Aa
	75	2,23 Aa	8,14 Aa	0,00 Aa	1,04 Ba	1,77 Ba	0,00 Aa
	100	2,12 Aa	3,74 Ab	0,00 Aa	1,07 Ba	1,63 Ba	0,00 Aa
Densidade inicial do inóculo	250	2,10 Aa	3,92 Ab	0,00 Aa	1,05 Ba	1,64 Bab	0,00 Aa
	500	2,37 Aa	7,38 Aa	0,00 Aa	1,01 Ba	1,58 Bab	0,00 Aa
	1.000	2,49 Aa	5,96 Aa	0,00 Aa	1,62 Ba	1,81 Ba	0,00 Aa
	1.500	2,24 Aa	4,30 Ab	0,00 Aa	1,05 Ba	1,66 Bab	0,00 Aa
Dias após a inoculação (dias)	60	2,09 Aa	3,31 Ab	0,00 Aa	1,01 Ba	0,94 Bb	0,00 Aa
	90	2,38 Aa	8,83 Aa	0,00 Aa	1,41 Ba	3,05 Ba	0,00 Aa
	120	2,43 Aa	4,03 Ab	0,00 Aa	0,72 Bb	1,03 Bb	0,00 Aa

FR $\geq$ 1,0: bom hospedeiro; FR $<$ 1,0: mau hospedeiro

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna, ambas por variável, não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

A variação na textura do substrato, na cultivar suscetível (TMG 115 RR), também propiciou valores médios mais altos do fator de reprodução que na menos suscetível (BRSGO Chapadões), conforme a Tabela 5. Na cultivar BRSGO Chapadões, embora as variações dos valores absolutos do fator de reprodução tenham sido menores, a atividade do nematoide foi inversamente proporcional ao teor de areia do substrato. Os dados apontam que, nas texturas do substrato entre 50 e 75% de areia, os valores do fator de reprodução na cultivar TMG 115 RR foram os mais altos. Contudo, mais próximos entre si, se comparados aos valores extremos do teor de areia do substrato (Tabela 5). Com efeito, Endo (1959) mostrou que os solos argilo-arenosos favoreciam a infecção e a reprodução de *P. brachyurus*, enquanto solos argilosos mostraram-se menos favoráveis. Esse fato decorre das condições mais favoráveis à atividade do nematoide nesses casos. De fato, o nematoide é aeróbico e movimenta-se entre os espaços do solo. Um solo arenoso poderia ser mais favorável para o nematoide. No entanto, parte da população poderia ser perdida por percolação nos experimentos em vasos.

No período mais frio (junho a setembro), o efeito da variação da textura do substrato foi menos pronunciado nos valores do fator de reprodução, em ambos os materiais. Na cultivar BRSGO Chapadões, as variações foram muito mais sutis, de 1,05 a 1,07 nos teores de areia de 25 a 100%, respectivamente, indicando maior controle genético dessa característica na cultivar em questão. Os dados indicam que a textura do solo também influencia na expressão fenotípica do genótipos (Tabela 5).

As variações nas densidades iniciais do inóculo também influenciaram sobre os valores do fator de reprodução, em ambos os genótipos testados. Na fase mais quente (janeiro a abril), essa influência foi muito mais acentuada para a cultivar TMG 115 RR, sabidamente suscetível, para a qual a influência da densidade de inóculo foi muito mais pronunciada. Os maiores valores do fator de reprodução foram obtidos nas densidade de inóculo intermediárias (500 e 1.000 espécimes/planta), conforme dados da Tabela 5. Os valores extremos da densidade de inóculo propiciaram valores menores do fator de reprodução. Entretanto, a cultivar menos suscetível (BRSGO Chapadões) não mostrou alteração apreciável nos valores dessa variável com o aumento da densidade de inóculo, demonstrando mais uma vez a maior

estabilidade do controle genético dessa variável na cultivar em questão. Mesmo assim, em valores absolutos, os maiores valores do fator de reprodução nessa cultivar também foram obtidos nas densidades intermediárias de inóculo, salientando-se a importância da densidade do inóculo nos estudos de avaliação de resistência de genótipos de soja a *P. brachyurus*.

Para a fase mais fria do ano, como nos casos das variáveis anteriores, não houve variação acentuada do valor do fator de reprodução para nenhuma das cultivares em análise. Entretanto, em valores absolutos, os fatores de reprodução foram mais altos na cultivar suscetível TMG 115 RR.

Há de se considerar, ainda, que pode haver autocompetição do inóculo. Segundo Perry e Moens (2006), pequenas densidades de nematoides, ao infectar as raízes das plantas, encontram espaços suficientes para todos os indivíduos, e a competição não é fator importante nesse momento. Em maiores densidades, a multiplicação do nematoide é limitada pela competição e pela quantidade total de alimento que o hospedeiro pode suprir, além da limitação do espaço vital, resultando numa correlação negativa entre a população inicial e a quantidade total de alimento disponível.

Altas concentrações de nematoide em raízes de plantas cultivadas, que as levaram rapidamente à morte, são registradas na literatura. DI VITO et al. (1997) relataram que todas as plântulas de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) germinadas em solo de microparcels infestado com *M. incognita*, na concentração de 256 ovos e $J2.cm^{-3}$ de solo, morreram em 4 semanas. A massa total da parte aérea, altura das plantas e diâmetro do tronco foram fortemente afetados pelo nematoide. Almeida (2008) também constatou autocompetição do inóculo em goiabeiras inoculadas em microparcels com *M. enterolobii*.

Densidades populacionais de espécies de *Pratylenchus* geralmente declinam, independentemente da densidade inicial da população entre as estações do ano, em regiões com as estações marcadas por diferenças significativas na temperatura. Consequentemente, informações sobre índices e decréscimos populacionais demonstram declínio durante o inverno, e estes números podem ser utilizados para estimar-se o número de nematoides para a estação seguinte, sendo uma informação de importância relevante no momento do planejamento do manejo.

Os períodos de duração dos ensaios, também, influenciaram nos valores dos fatores de reprodução (Tabela 5). A cultivar mais suscetível (TMG 115 RR) apresentou o maior fator de reprodução aos 90 dias após a inoculação, independentemente da fase do ano, enquanto para os demais períodos (60 e 120 dias), os valores foram menores. Na fase mais fria do ano, essa cultivar exibiu um fator de reprodução de 0,94 para o período de condução de 60 dias, o que a classificaria como resistente. Aos 90 dias, o fator de reprodução foi de 3,05, que a classificaria como suscetível, enquanto aos 120 dias foi de 1,03, que a colocaria numa classificação muito próxima de resistente (Tabela 5).

Além das variáveis consideradas no presente estudo, nas condições de campo, McSorley e Dickson (1990a,b) mencionaram que as taxas de reprodução de *P. brachyurus* variam também com o volume radicular, solução do solo, temperatura, textura do solo, chuvas e a profundidade do perfil arável do solo.

O volume radicular, também, determina largamente a distribuição e a dinâmica da população de espécie de *Pratylenchus*. Em milho, a reprodução *P. brachyurus* é paralela ao crescimento das raízes do hospedeiro e sua distribuição (KOEN, 1967).

Crotalaria spectabilis não foi influenciada por nenhuma das variáveis consideradas no estudo (Tabela 5).

As correlações entre as notas visuais atribuídas à percentagem de área do sistema radicular com lesões (Figura 2) e o fator de reprodução estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Correlações pelo coeficiente de Pearson (r) entre escala de notas atribuída à percentagem de área do sistema radicular com lesões e fator de reprodução e variáveis ecológicas de *Pratylenchus brachyurus* em soja. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

Variáveis avaliadas	MMFPA	MMFSR	MMSPA	NV	FR
MMFPA	1,0000 p = --	0,9508 p = 0,000	0,1990 p = 0,450	0,7978 p = 0,000	0,4477 p = 0,000
MMFSR	0,9508 p = 0,000	1,0000 p = --	0,2120 p = 0,422	0,7840 p = 0,000	0,4639 p = 0,000
MMSPA	0,0199 p = 0,450	0,2120 p = 0,422	1,0000 p = --	0,0003 p = 0,992	0,0135 p = 0,610
NV	0,7978 p = 0,000	0,7840 p = 0,000	0,0030 p = 0,992	1,0000 p = --	0,6669 p = 0,000
FR	0,4477 p = 0,000	0,4639 p = 0,000	0,0135 p = 0,610	0,6669 p = 0,000	1,0000 p = --

MMFPA: massa da matéria fresca da parte aérea

MMSPA: massa da matéria fresca da parte do sistema radicular

MMFSR: massa da matéria seca da parte aérea

NV: nota visual

FR: fator de reprodução

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) entre a nota visual e o fator de reprodução foi de 0,6669. Conforme Callegari-Jacques (2003), o valor do coeficiente de Pearson (r) entre 0,60 e 0,90 indica forte correlação linear. Por conseguinte, a escala de notas delineada no presente estudo correlacionou-se fortemente aos valores do fator de reprodução, segundo Oostenbrink (1966), indicando que pode ser um instrumento valioso na avaliação de genótipos de soja a campo quanto à resistência a *P. brachyurus*. Tomando como exemplo uma nota igual a 3 e substituindo-se esse valor na equação ilustrada na Figura 8, obtém-se um valor para o fator de reprodução equivalente a 4. Tanto pela escala delinada no presente estudo quanto pelo fator de reprodução, esse material hipotético teria sido classificado como suscetível. No caso de um material ao qual tenha sido atribuído uma nota 1 (um), a equação indicaria um fator de reprodução igual a 0,95, que teria sido classificado como resistente, configurando uma estreita equivalência entre ambas as ferramentas.

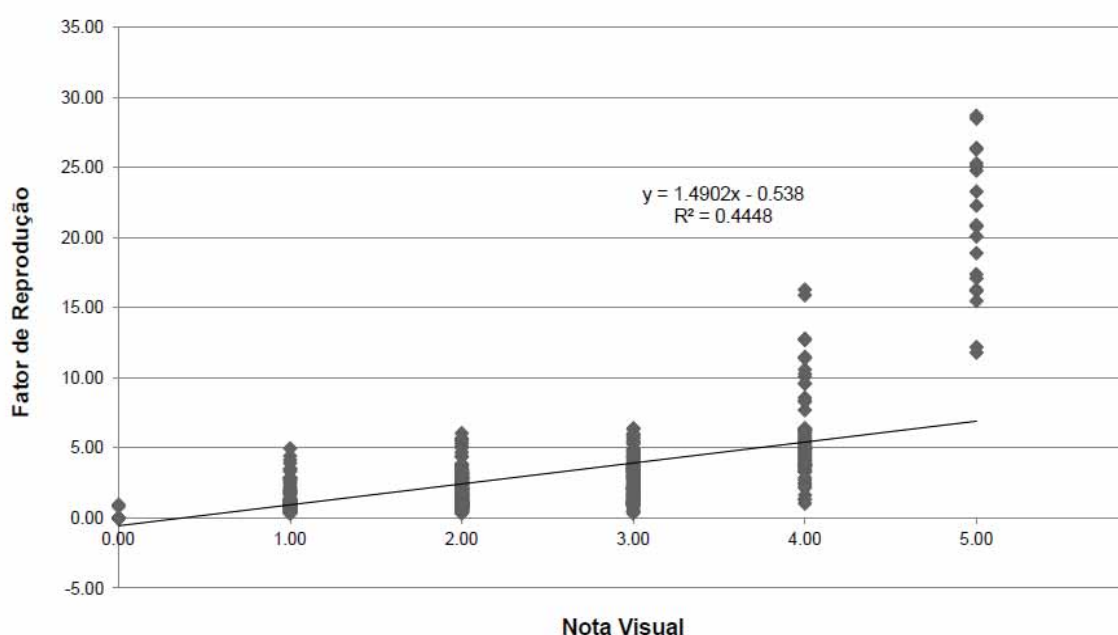


Figura 8. Modelo linear da correlação entre as notas visuais da porcentagem de área do sistema radicular com lesões e o fator de reprodução demonstrada pelo coeficiente de Pearson (r). Morrinhos-GO, janeiro 2011.

CONCLUSÕES

- A) Os dados obtidos confirmam que a textura do substrato, a densidade inicial do inóculo, os dias após a inoculação e as fases do ano (período quente e período frio) influenciam marcadamente na reprodução de *P. brachyurus* em soja. Por conseguinte, todos esses fatores devem ser considerados no planejamento de ensaios, visando à avaliação da resistência de genótipos a *P. brachyurus* em soja, onde a época mais adequada para avaliação está entre os meses de janeiro e abril; as melhores texturas do substrato entre 50 e 75% de areia; as densidades iniciais de inóculo de 500 a 1.000 espécimes/planta e o período de avaliação de 90 dias após a inoculação.
- B) O coeficiente de correlação de Pearson (r) valida a proposta da escala de notas visuais de lesões nas raízes.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, N.; MALEK, R. B. Influence of temperature on population development of eight species of *Pratylenchus* on soybean. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 11, n. 3, p. 229-232, 1979.
- AGRIANUAL 2012: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2012. 482 p.
- ALMEIDA, E.J **O nematoide de galha da goiabeira (*Meloidogyne mayaguensis* Ramah e Hirschmann, 1988): identificação, hospedeiros e ação patogênica sobre giabeiras**, 2008. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.
- ARNOLD, C. Y. Maximum-Minimum temperature as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Boston, v. 76, n. 1, p. 682-692, 1960.
- ASMUS, G. L. Ocorrência de nematoides fitoparasitos em algodoeiro no Estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 77-86, 2004.

BORTOLINI, G. L.; ARAÚJO, D. V.; PIZZATO, J. A.; ROMANO JÚNIOR, J.; MATTOS, A. N. A.; GILIO, T. A. S. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA: Soja, 2012. p. 114-114.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255 p.

CASTILHO, P.; VOVLAS, N. ***Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management**. Leiden: Brill, 2007. 529 p.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Belgium: State Agricultural Research Centre - Ghent, 1972. 77 p.

DIAS, W. P.; ORSINI, I. P.; RIBEIRO, N. R.; PARPINELLI, N. M. B.; FREIRE, L. L. Efeito do cultivo de espécies de vegetais sobre a população de *Pratylenchus brachyurus* na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA: Soja, 2012. p. 113-113.

DIAS, W.P.; RIBEIRO, N.R.; PIVATO, A.; MOLINA, D. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande. **Resumos...** Rio Verde: COMIGO/EMBRAPA Soja, 2008. p.137-139.

DI VITO, M.; PICIONERI, I.; PACE, S.; ZACCHEO, G.; CATALANO, F. Pathogenicity of *Meloidogyne incognita* on Kenaf in microplots. **Nematologia Mediterranea**, Bari, v. 25, n. 2, p. 165-168, 1997.

DONALD, P. A.; HAYES, R.; WALKER, E. Potential for soybean cyst nematode reproduction on winter weeds and cover crops in Tennessee. **Plant Health Progress** Disponível em :<doi:10.1094/PHP-2007-0226-01-RS>

DÔRES, R. G. R. **Análise morfológica e fitoquímica da Fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)**. 2007. 374 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

DROPKIN, V. H.; NELSON, P. E. The histopathology of root-knot nematodes infections in soybeans. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 50, n. 6, p. 442-447, 1960.

ENDO, B. Y. Responses of root-lesion nematodes, *Pratylenchus brachyurus* e *P. zae*, to various plants and soil types. **Phytopatologia**, Saint Paul, v. 49, n. 7, p. 417-421, 1959.

FALEIRO, V. O.; FARIAS NETO, A. L.; BORGES, D. C.; SILVA, J. V. V.; DIAS, W. P.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; SILVA NETO, S. P. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA: Soja, 2012. p. 112-112.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology - Agriculture and Home Economics Experiment Station - Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

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

FERRAZ, L. C. C. B. Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* a três cultivares de soja. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 01-08, 1995.

FERRAZ, L. C. C. B. Reações de genótipos de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 20, n. 1, p. 22-31, 1996.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008.

FRECKMAN, D. W.; CASWELL, E. P. The ecology of nematodes in agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 23, p. 275-296, 1985.

GIELFI, F. S.; SANTOS, J. M.; ATHAYDE, M. L. F. Reconhecimento das espécies de nematoides associados ao algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: FIALGO e EMBRAPA Algodão, 2003. 1CD-ROM.

GILMORE JR., E. C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10 p. 611-615, 1958.

GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação *in vitro* das seis espécies mais comuns de *pratylenchus* Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil**, 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENGO, J. A.; GONÇALVES, R. R. V. Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 187-194, 2008.

JAEHN, A. Determinação da constante térmica das raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita* em cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.15, n. 2, p.135-142, 1991.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 48, n. 9, p. 692-692, 1964.

KOEN, H. Notes of host range, ecology and population dynamics of *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologica**, Leiden, v. 13, n. 1, p. 118-124, 1967.

KUBO, R. K.; OLIVEIRA, C. M. G.; MONTEIRO, A. R.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Ocorrência de nematoides do gênero *Pratylenchus* em cafezais do Estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 28, n. 2, p. 159-165, 2004.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984. 46 p.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1988, 314 p.

MACHADO, A. C. Z.; BELUTI, D. B.; SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; INOMOTO, M. M. Avaliação de danos causados por *Pratylenchus brachyurus* em algodoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 31, n. 1, p. 11-16, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Registro Nacional de Cultivares/RNC**. Disponível em: < http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php >. Acesso em: 16 out. 2012.

CSORLEY, R.; DICKSON, D. W. Vertical distribution of plant-parasitic nematodes in sandy soil under soybean. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 22, n. 1, p. 90-96, 1990a.

MCSORLEY, R.; DICKSON, D. W. Vertical distribution of plant-parasitic nematodes in sandy soil under corn. **Plant and Soil**, Bethlehem, v. 123, p. 95-100, 1990b.

MIZUKUBO, T.; ADACHI, H. Effect of temperature on *Pratylenchus penetrans* development. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 29, n. 3, p. 306-314, 1997.

NOETZOLD, R.; ALVES, M. C.; PIRES, A. P.; CASSETARI NETO, D.; PINTO, N. S. Variabilidade espacial de *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp. na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA: Soja, 2012. p. 114-114.

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

PERRY, N.; MOENS, M. **Plant Nematology**. Pondicherry: CAB International, 2006. 447 p.

RIBEIRO, N. R. **Avaliação de espécies vegetais e cultivares de soja para a composição de esquemas de rotação ou sucessão de culturas para o manejo *Pratylenchus brachyurus***. 2009. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

ROBBINS, R. T. Phytoparasitic nematodes associated with soybean in Arkansas. **Journal of Nematology**, Gainesville, v. 14, p. 466-466, 1982.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant Resistance to Parasitic Nematodes**. CABI Publishing: Oxon, 2002. p. 23-41.

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; GOMES, A. C.; BORGES, D. C.; SOUZA, A. A.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M.M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 29, n. 3, p. 337-337, 2004.

SOUTHEY, J.F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. 5 ed. London: Ministry Agriculture and Fisheries, 1970. 148 p. (Bulletin, 2).

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw, 1997, 672 p.

STEPHEN, M. A. EDF Statistics for goodness of fit and some comparisons. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 69, n. 347, p. 730-737, 1974.

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

TUITE, J. **Plant pathological methods: fungi and bacteria**. Minneapolis: Burgess, 1969. 239 p.

TYLER, J. **Development of the root-knot nematodes as effected by temperature**. Hilgardia, v. 7, n. 10, p. 391-415. 1933.

YORINORI, J. T. Soja: Controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: UFV, 1997. p. 953-1.024.

WALLACE, H. R. **Nematode ecology and plant disease**. London: Edward Arnold, 1973, 228 p.

CAPÍTULO 3 – Validação a campo da escala de notas para seleção preliminar de genótipos de soja a *Pratylenchus brachyurus*

RESUMO – *Pratylenchus brachyurus* causa danos severos à cultura da soja a ponto de matar as plantas, e sua ampla disseminação é uma ameaça à sojicultura nacional. Considerando-se que a utilização de cultivares resistentes ou tolerantes é uma medida de controle eficaz, o desenvolvimento de uma escala visual de notas, para avaliação da resistência de genótipos de soja, a campo, com base na quantidade de lesões nas raízes, que possa substituir a avaliação usual em Laboratório, baseada na determinação do fator de reprodução, seria uma ferramenta muito útil à otimização dos trabalhos de seleção de genótipos nos programas de melhoramento de soja. No presente estudo, o ensaio foi conduzido em condições de campo, com solo de textura arenosa, na Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO, durante a safra de 2011/2012. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 202 genótipos, com oito repetições. O ensaio foi instalado em uma área útil de 1.600 m², naturalmente infestada, que foi previamente amostrada, e a população do nematoide presente foi identificada com base em caracteres morfológicos. Cinco sementes de cada linhagem foram semeadas com auxílio de máquina de semeadura de parcela, em sistema de covas, com espaçamento de 0,5 metro entre covas. Ao final de 90 dias de condução do ensaio, o sistema radicular das linhagens foi coletado com o auxílio de um enxadão. Logo em seguida, o sistema radicular foi avaliado de acordo com os graus de infecção das raízes, atribuídos com base em uma escala delineada para o presente estudo. A escala de notas desenvolvida aumenta a eficiência na seleção preliminar de genótipos de soja para a resistência a *P. brachyurus*, nas avaliações a campo, com maior economia de tempo sem comprometer a qualidade dos dados. Dessa forma, constitui ferramenta eficaz para os programas de melhoramento quando envolve um grande número de genótipos a serem avaliados.

Palavras-chave: *Glycine max*, metodologia de avaliação, nematoide das lesões radiculares, resistência genética

INTRODUÇÃO

Dentre as estratégias de manejo, a utilização de resistência genética é, sem dúvida, uma das alternativas mais desejáveis, considerando sua compatibilidade com outras práticas de manejo e por não ser prejudicial ao meio ambiente. A resistência de uma planta a um nematoide é definida como a habilidade da planta em inibir a reprodução e/ou o desenvolvimento normal da praga (ROBERTS, 2002; RITZINGER; FANCELLI, 2006).

As espécies vegetais são imunes à grande maioria dos patógenos. Podem, portanto, apresentar resistência a certos patógenos, seja pelo fato de pertencer a um grupo taxonomicamente imune (resistência de não hospedeiro), seja por possuir genes para resistência contra os genes de virulência do patógeno (resistência verdadeira), seja porque, devido a várias razões, escapa à infecção ou tolera o ataque do patógeno, consistindo, então, em uma resistência aparente (ZAMBOLIM et al., 2004).

O desenvolvimento de plantas resistentes a nematoides é uma busca constante da pesquisa. Os programas de melhoramento de plantas visando à resistência a nematoides devem definir claramente o nematoide-alvo ou o conjunto de nematoides, para fornecer fontes de resistência, estabelecer critérios válidos para o julgamento, determinar a herança da resistência, fazer cruzamentos e retrocruzamentos visando, à inserção da resistência e boas qualidades agronômicas, testar as variedades resistentes no campo, em vários locais, e verificar a influência do ambiente na resistência (TIHOHOD, 1993).

O uso de cultivares resistentes no controle do nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus* spp., é ainda muito restrito se comparado à resistência aos nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) e ao nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe), para os quais as pesquisas na área de melhoramento genético foram bem mais intensas no passado (FERRAZ, 1999). O fato de a interação patógeno-hospedeiro de *P. brachyurus* com a soja não exigir uma relação especializada envolvendo a formação de sítios de alimentação, a exemplo dos nematoides sedentários, torna a resistência a esses nematoides mais difícil de ser encontrada, dificultando os trabalhos dos melhoristas (GOULART,

2008).

Nos casos em que fontes de resistência já são conhecidas, elas usadas nos cruzamentos ou em tecnologias modernas para a transferência dos genes responsáveis pela resistência de cultivares com outras características agronômicas desejáveis. Nos casos em que tais fontes de resistência não são conhecidas, o primeiro passo é testar os genótipos já existentes e em uso, no intuito de se identificar possíveis fontes de resistência ou tolerância. Usualmente, a avaliação da resistência é feita com base no fator de reprodução, segundo Oostenbrink (1966), com variações a exemplo de Cook e Evans (1987). Essas técnicas envolvem o processamento do sistema radicular de plantas individuais em laboratório pela técnica de Coolen e D'Herde (1972), que requer a trituração das raízes de cada planta em liquidificador doméstico e a centrifugação em solução de sacarose com caulim, para a recuperação do nematoides cuja densidade populacional é determinada ao microscópio fotônico, calculando-se, a seguir, o fator de reprodução. Materiais com fator de reprodução ≥ 1 são considerados suscetíveis, e aqueles com fator de reprodução < 1 são considerados resistentes. Essa prática não é exequível para programas de melhoramento de grandes companhias, em função da grande quantidade de materiais envolvidos, o que inviabiliza a avaliação por essa técnica. Por conseguinte, este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a resistência de 200 genótipos de soja a *P. brachyurus*, a campo, por meio de uma escala visual de notas baseada na percentagem da área lesionada nas raízes delineada para este propósito.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em condições de campo, na Estação Experimental da Monsanto do Brasil, em Morrinhos-GO (17° 53' 45.68" N | 49° 14' 31.26" W), durante a safra de 2011/2012, em área naturalmente infestada, entre os meses de dezembro de 2011 e fevereiro de 2012. Na primeira amostragem antes da instalação de experimento foram encontrados 568 espécimes.150 cm⁻³ de solo. Na segunda amostragem aos 90 dias após a instalação do experimento, quando 80% das plantas

estavam no estágio reprodutivo de R5-R6 foram encontradas as densidades de 2.833 espécimes. 10 g^{-1} de raízes e 1.274 espécimes. 150 cm^{-3} de solo.

A área útil de instalação do ensaio foi constituída de 1.600 m^2 , delimitada com base no histórico de reboleiras monitoradas em safras anteriores. O solo da área do ensaio foi classificado como Argisolo Vermelho, cuja análise física revelou um teor de silte + argila igual a 11%. Segundo EMBRAPA (2006), os valores da classe textural arenosa correspondem ao teor de argila + silte $\leq 15\%$.

Antes da instalação do ensaio, foram coletadas vinte amostras simples de solo para a composição de uma amostra composta da qual se estimou a população inicial de *P. brachyurus* na área do ensaio. A extração dos nematoides da amostra foi feita pela técnica de Jenkins (1964), e a população foi estimada na suspensão aquosa obtida com o auxílio da lâmina de contagem de Peters (SOUTHEY, 1970), ao microscópio fotônico. A identificação de *P. brachyurus* foi efetuada com base em caracteres morfológicos, conforme Gonzaga (2006).

Na implantação do experimento, utilizou-se de uma máquina de plantio de parcela, Almaco[®], em sistema de semeadura em covas, contendo 5 sementes por cova, espaçadas de 0,5 m, ilustradas na Figura 1.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 202 tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram em 200 linhagens do Programa de Melhoramento de Soja da Monsanto do Brasil (Apêndice B – Tabela 1B) e as cultivares BRSGO Chapadões e TMG 115 RR como padrões, respectivamente, de resistência e suscetibilidade (DIAS et al., 2007; RIBEIRO, 2009).

Os tratos culturais foram os normalmente empregados na cultura para a região 3 na microrregião sojícola 302. Para a condução do ensaio, nenhum produto químico e/ou biológico foi utilizado no tratamento de sementes.

Ao final de 90 dias após a instalação do ensaio, estando as plantas entre os estádios reprodutivos R5 e R6, o sistema radicular das plantas foi coletado com o auxílio de um enxadão. Durante a coleta das plantas, tomou-se o cuidado de evitar a fragmentação do sistema radicular. Em seguida, atribuiu-se uma nota representando a média da percentagem de lesões nos sistemas radiculares das cinco plantas, de acordo com a escala ilustrada na Figura 2 e utilizada no ensaio em casa de

vegetação (Capítulo 2). Três avaliadores avaliaram as mesmas plantas, sendo que a média das notas visuais foi considerada na atribuição das notas. A referida escala contém cinco categorias, de acordo com a percentagem da área das raízes lesionadas, a saber:

Nota 0: 0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 1: 0,1 - 15,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 2: 15,1 - 25,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 3: 25,1 - 50,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 4: 50,1 - 85,0% de segmentos de raízes lesionadas;

Nota 5: > 85,0% de segmentos de raízes lesionadas.

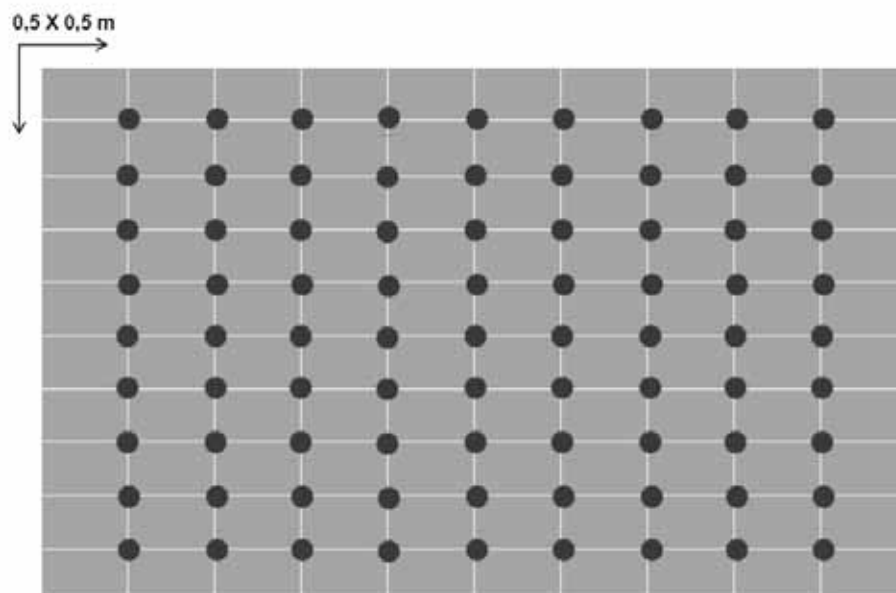


Figura 1. Vista esquemática da instalação do ensaio para a elaboração de uma escala de notas com base na percentagem de área lesionada nas raízes, para a avaliação da resistência de genótipos de soja à *Pratylenchus brachyurus*, a campo, na Estação Experimental da Monsanto do Brasil, Morrinhos-GO, março 2012.

Em seguida, calcularam-se a frequência de ocorrência de cada categoria de infecção e a frequência relativa para o conjunto de dados, com o objetivo de conhecer quantas plantas do universo amostral se enquadravam em cada categoria.

Escala de Notas					
0	1	2	3	4	5
					
0% de segmentos de raízes lesionadas	0,1 - 15,0% de segmentos de raízes lesionadas	15,1 - 25,0% de segmentos de raízes lesionadas	25,1-50,0% de segmentos de raízes lesionadas	50,1 - 85,0% de segmentos de raízes lesionadas	> 85,0% de segmentos de raízes lesionadas

Figura 2. Escala proposta para a avaliação, a campo, do grau de infecção de raízes de soja por *Pratylenchus brachyurus*, contendo seis categorias, de acordo com a percentagem da área das raízes lesionadas. Morrinhos-GO, janeiro 2011.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados indicaram que 11 genótipos se enquadraram na categoria 0 (zero), 5 na categoria 1 (um), 14 na categoria 2 (dois), 56 na categoria 3 (três), 51 na categoria 4 (quatro) e 63 genótipos na categoria 5 (cinco), correspondentes à frequência relativa de 5,5%, 2,5%, 7,0%, 28,0%, 25,5% e 31,5%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Escala de notas atribuídas às raízes das plantas com base na percentagem da área das raízes lesionadas, frequência de ocorrência de cada categoria e frequência relativa (%) em 200 linhagens do Programa de Melhoramento de Soja da Monsanto do Brasil. Morrinhos-GO, março 2012.

Escala de notas visuais	Frequência (valores absolutos)	Frequência relativa (%)
0	11*	5,5%
1	5	2,5%
2	14	7,0%
3	56	28,0%
4	51	25,50%
5	63	31,50%
total	200	100%

* Número de genótipos.

Em termos práticos, a escala de notas delineada no presente estudo aplica-se às fases iniciais dos programas de melhoramento, quando um grande número de genótipos estão sendo avaliados. A escala em questão permite excluir com segurança o maior número de genótipos suscetíveis. Os demais permaneceriam no programa para avaliações em fases subsequentes. Isso porque os menores graus de infecção observados na fase anterior poderiam ser oriundos de escape. Aqueles com mais altos graus de infecção já teriam revelado seu potencial e, por isso, já poderiam ser removidos do programa para seleção de plantas resistentes a *P. brachyurus*. Com segurança, no universo amostral de 200 genótipos utilizados no presente estudo, 86 foram retidos (43%), conforme indicado pela escala de notas, e os demais foram excluídos (114 genótipos). Os materiais retidos foram os que ficaram entre os graus 0 (zero) e 3, cujo discernimento, com segurança, pode ser facilmente alcançado no campo. Já as plantas classificadas entre os graus 4 e 5

apresentam maior possibilidade de erro na classificação. Entretanto, como já estavam na zona de exclusão, não implicam risco elevado para o programa, pois são indubitavelmente suscetíveis.

Em condições de campo, naturalmente infestado, Dias et al. (2007) e Andrade et al. (2009) avaliaram a tolerância de genótipos de soja a *P. brachyurus*, no Estado do Mato Grosso, atribuindo notas aos sintomas de raízes lesionadas. As notas variaram de zero (ausência de escurecimento) a três (escurecimento máximo). Em ambos os estudos, não identificaram cultivares de soja com ausência de escurecimento, mas somente com baixo grau de lesão. Portanto, nenhum dos genótipos foi considerado resistente.

Souza (2009), em estudos de correlação de sintomas de parte aérea, sistema radicular e reprodução de *P. brachyurus* em soja, em condições de campo com infestação natural, observou que nenhuma correlação para essas variáveis foi possível dentro do conjunto de dados.

CONCLUSÕES

A escala de notas desenvolvida aumenta a eficiência na seleção preliminar de genótipos de soja para a resistência a *P. brachyurus*, nas avaliações a campo, com maior economia de tempo e sem comprometer a qualidade dos dados. Dessa forma, constitui ferramenta eficaz para os programas de melhoramento quando envolve um grande número de genótipos a serem avaliados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, V.; CELLA, V.; DAROIT, L.; SILVA, J. F. Reação de diferentes genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5., 2009; MERCOSOJA, 2009, Goiânia. **Anais...**Londrina: EMBRAPA Soja, 2009. 1 CD-ROM.

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

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Belgium: State Agricultural Research Centre - Ghent, 1972. 77 p.

DIAS, W.P.; RIBEIRO, N.R.; PIVATO, A.; MOLINA, D. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande. **Resumos...** Rio Verde: COMIGO/EMBRAPA Soja, 2008. p.137-139.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* – Os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 7, p. 158 -195, 1999.

GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação *in vitro* das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus* Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil**, 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

GOULART, A. M. C. **Aspectos Gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. 30 p (Documentos - ISSN 1517-5111; 219).

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 48, n. 9, p. 692-692, 1964.

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

RIBEIRO, N. R. **Avaliação de espécies vegetais e cultivares de soja para a composição de esquemas de rotação ou sucessão de culturas para o manejo *Pratylenchus brachyurus***. 2009. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

RITZINGER C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo Integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant Resistance to Parasitic Nematodes**. CABI Publishing: Oxon, 2002. p. 23-41.

SOUTHEY, J.F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. 5. ed. London: Ministry Agriculture and Fisheries, 1970. 148 p. (Bulletin, 2).

SOUZA, R. A. **Quantificação de *Pratylenchus brachyurus* em genótipos de soja (*Glycine max* L.) Merrill, em Tapuira-TO**, 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

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

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H.; JULIATTI, F. C. Manejo integrado – Medidas de Controle. In: VALE, F. X. R.; JESUS JÚNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Perfil, 2004. v. 1, cap.12, p. 465-520.

APÊNDICES

Apêndice A

Tabela 1A. Laudo de textura granulométrica dos substratos usados na instalação dos ensaios, em casa de vegetação. Morrinhos-GO, janeiro 2011.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
 LABORATÓRIO DE MANEJO DE SOLOS - LAMAS
 Av. Amazonas, s/n - Câmpus Umuarama; C.P 593
 Bloco 2E, Sala 5 - Fone/Fax (034) 3218-2225 Ramal 239
 E-mail - elias@ufu.br

PRODUTOR: Monsanto do Brasil

PROPRIEDADE: Estação Experimental | Unidade Morrinhos

MUNICÍPIO: Morrinhos-GO

SOLICITANTE: Adriana Figueiredo

DATA: 27-11-2009

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		Teores (g.kg ⁻¹)				Classe Textura
Código	NÍVEL DE AREIA	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
1 - LAMAS 10/2009	100%	564	420	6	10	Arenosa
2 - LAMAS 11/2009	75%	532	218	100	150	Areia Franca
3 - LAMAS 12/2009	50%	326	174	300	280	Franca
4 - LAMAS 13/2009	25%	186	64	480	270	Franco Siltosa
5 - LAMAS 14/2009	0%	102	218	3	650	Muito Argilosa

Observações: Para obter textura em %, basta dividir os resultados por 10. % = g kg⁻¹/10; NI = não identificado pelo produtor.

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges
 Responsável Técnico
 CREA 34425/D

Apêndice B

Tabela 1B. Relação dos genótipos do Programa de Melhoramento de Soja da Monsanto do Brasil utilizados no estudo da elaboração de uma escala de notas aplicada às raízes para a avaliação a campo da resistência de genótipos a *Pratylenchus brachyurus*. Morrinhos-GO, março 2012.

Tratamento	Teste	Entrada	Linhagem	Nota Visual
1	P48B1	1	linhagem 1	3*
2	P48B1	6	linhagem 2	4
3	P48B1	7	linhagem 3	3
4	P48B1	8	linhagem 4	3
5	P48B1	9	linhagem 5	4
6	P48B1	10	linhagem 6	3
7	P49B1	16	linhagem 7	2
8	P50B1	1	linhagem 8	5
9	P50B1	2	linhagem 9	2
10	P52B1	13	linhagem 10	4
11	P56B1	1	linhagem 11	3
12	P56B4	24	linhagem 12	0
13	P59B1	9	linhagem 13	0
14	P59B1	10	linhagem 14	1
15	P59B1	11	linhagem 15	0
16	P61B2	15	linhagem 16	5
17	P61B3	13	linhagem 17	0
18	P62B1	13	linhagem 18	5
19	P64B4	2	linhagem 19	4
20	P64B4	5	linhagem 20	0
21	P64B4	7	linhagem 21	4
22	P64B4	9	linhagem 22	3
23	P64B4	11	linhagem 23	2
24	P64B5	13	linhagem 24	4
25	P65B1	12	linhagem 25	3
26	P65B1	15	linhagem 26	0
27	P65B2	23	linhagem 27	5
28	P66B1	19	linhagem 28	1
29	P66B2	1	linhagem 29	4
30	P66B3	9	linhagem 30	0
31	P66B3	10	linhagem 31	0
32	P67B1	4	linhagem 32	5
33	P67B1	17	linhagem 33	1
34	P67B2	23	linhagem 34	1
35	P67B2	26	linhagem 35	0
36	P67B3	1	linhagem 36	3
37	P67B3	9	linhagem 37	4
38	P67B3	12	linhagem 38	1

39	P68B1	11	linhagem 39	5
40	P68B1	18	linhagem 40	4
41	P68B1	24	linhagem 41	4
42	P68B2	16	linhagem 42	2
43	P68B4	19	linhagem 43	5
44	P69B1	10	linhagem 44	3
45	P69B1	24	linhagem 45	5
46	P70B3	16	linhagem 46	5
47	P71B1	22	linhagem 47	3
48	P72B1	2	linhagem 48	1
49	P72B1	3	linhagem 49	1
50	P72B2	13	linhagem 50	5
51	P72B4	1	linhagem 51	2
52	P72B4	2	linhagem 52	3
53	P72B4	3	linhagem 53	1
54	P72B4	5	linhagem 54	5
55	P72B4	10	linhagem 55	0
56	P72B4	11	linhagem 56	4
57	P72B4	12	linhagem 57	4
58	P72B4	13	linhagem 58	2
59	P72B4	15	linhagem 59	5
60	P72B4	18	linhagem 60	2
61	P72B4	20	linhagem 61	0
62	P74B1	1	linhagem 62	2
63	P74B1	2	linhagem 63	1
64	P74B1	3	linhagem 64	1
65	P74B1	6	linhagem 65	0
66	P74B1	7	linhagem 66	0
67	P74B1	11	linhagem 67	3
68	P74B1	15	linhagem 68	3
69	P74B1	16	linhagem 69	3
70	P74B2	17	linhagem 70	3
71	P74B2	18	linhagem 71	4
72	P75B5	4	linhagem 72	3
73	P75B5	7	linhagem 73	3
74	P75B5	10	linhagem 74	3
75	P75B5	11	linhagem 75	3
76	P75B5	12	linhagem 76	1
77	P75B5	13	linhagem 77	0
78	P75B5	16	linhagem 78	5
79	P75B5	18	linhagem 79	5
80	P75B6	1	linhagem 80	1
81	P75B6	6	linhagem 81	4
82	P75B6	7	linhagem 82	3

83	P75B6	9	linhagem 83	0
84	P75B6	13	linhagem 84	4
85	P75B6	14	linhagem 85	4
86	P75B6	15	linhagem 86	3
87	P75B6	16	linhagem 87	3
88	P75B6	17	linhagem 88	4
89	P75B6	18	linhagem 89	0
90	P49B1	6	linhagem 90	5
91	P49B1	8	linhagem 91	0
92	P49B1	9	linhagem 92	2
93	P49B1	10	linhagem 93	0
94	P55B1	15	linhagem 94	3
95	P56B1	3	linhagem 95	1
96	P56B1	4	linhagem 96	3
97	P56B1	5	linhagem 97	3
98	P56B3	19	linhagem 98	4
99	P56B3	20	linhagem 99	5
100	P56B3	22	linhagem 100	2
101	P56B3	24	linhagem 101	5
102	P56B3	26	linhagem 102	5
103	P56B4	2	linhagem 103	0
104	P56B4	4	linhagem 104	3
105	P56B4	6	linhagem 105	2
106	P58B1	1	linhagem 106	5
107	P58B2	24	linhagem 107	0
108	P58B2	26	linhagem 108	2
109	P59B1	6	linhagem 109	0
110	P59B2	11	linhagem 110	4
111	P59B3	2	linhagem 111	4
112	P59B3	4	linhagem 112	2
113	P59B3	5	linhagem 113	1
114	P59B3	6	linhagem 114	2
115	P59B3	9	linhagem 115	2
116	P59B3	16	linhagem 116	1
117	P59B3	17	linhagem 117	3
118	P59B3	18	linhagem 118	5
119	P59B3	24	linhagem 119	5
120	P59B4	2	linhagem 120	3
121	P59B4	4	linhagem 121	4
122	P60B6	13	linhagem 122	2
123	P60B6	14	linhagem 123	1
124	P60B6	15	linhagem 124	5
125	P60B6	17	linhagem 125	0
126	P60B6	19	linhagem 126	3

127	P60B7	1	linhagem 127	2
128	P60B7	2	linhagem 128	1
129	P60B7	5	linhagem 129	4
130	P60B7	6	linhagem 130	4
131	P60B7	10	linhagem 131	0
132	P60B7	11	linhagem 132	3
133	P60B7	13	linhagem 133	4
134	P60B7	14	linhagem 134	3
135	P60B7	15	linhagem 135	0
136	P60B7	16	linhagem 136	1
137	P60B7	17	linhagem 137	4
138	P60B7	18	linhagem 138	1
139	P60B7	19	linhagem 139	1
140	P60B7	21	linhagem 140	2
141	P60B7	23	linhagem 141	3
142	P60B8	2	linhagem 142	5
143	P60B8	3	linhagem 143	3
144	P60B8	4	linhagem 144	0
145	P60B8	6	linhagem 145	3
146	P60B8	7	linhagem 146	4
147	P60B8	8	linhagem 147	2
148	P60B8	10	linhagem 148	3
149	P60B8	13	linhagem 149	4
150	P60B8	14	linhagem 150	4
151	P60B8	15	linhagem 151	3
152	P60B8	19	linhagem 152	0
153	P60B8	22	linhagem 153	0
154	P60B8	26	linhagem 154	4
155	P60B9	25	linhagem 155	2
156	P61B2	8	linhagem 156	1
157	P61B2	9	linhagem 157	3
158	P61B3	23	linhagem 158	2
159	P61B4	3	linhagem 159	5
160	P61B4	14	linhagem 160	4
161	P61B4	15	linhagem 161	2
162	P62B1	1	linhagem 162	4
163	P62B1	4	linhagem 163	5
164	P62B1	7	linhagem 164	4
165	P62B1	8	linhagem 165	5
166	P62B1	15	linhagem 166	4
167	P62B1	17	linhagem 167	3
168	P62B2	3	linhagem 168	0
169	P62B2	5	linhagem 169	2
170	P64B1	3	linhagem 170	5

171	P64B1	4	linhagem 171	2
172	P64B1	5	linhagem 172	1
173	P64B1	6	linhagem 173	5
174	P64B1	7	linhagem 174	2
175	P64B1	8	linhagem 175	3
176	P64B1	11	linhagem 176	4
177	P64B1	14	linhagem 177	3
178	P64B1	16	linhagem 178	5
179	P64B1	19	linhagem 179	0
180	P64B2	1	linhagem 180	4
181	P64B2	4	linhagem 181	5
182	P64B2	10	linhagem 182	0
183	P64B4	13	linhagem 183	1
184	P64B4	15	linhagem 184	0
185	P64B4	18	linhagem 185	0
186	P65B1	19	linhagem 186	3
187	P65B2	3	linhagem 187	3
188	P66B1	2	linhagem 188	1
189	P66B1	3	linhagem 189	4
190	P66B1	5	linhagem 190	2
191	P66B2	5	linhagem 191	1
192	P66B2	6	linhagem 192	2
193	P66B2	8	linhagem 193	0
194	P66B2	10	linhagem 194	4
195	P66B2	12	linhagem 195	4
196	P66B2	13	linhagem 196	1
197	P66B2	17	linhagem 197	5
198	P66B2	18	linhagem 198	4
199	P66B3	1	linhagem 199	3
200	P66B3	13	linhagem 200	0

* Média das notas visuais de três avaliadores.