

ANDERLI DIVINA FERREIRA RIOS

**REACÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA, MILHO E ARROZ DE TERRAS ALTAS A**  
*Pratylenchus brachyurus*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientadora:

**Prof. (a) Dr. (a) Mara Rúbia da Rocha**

Goiânia, GO – Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Rios, Anderli Divina Ferreira

Reação de genótipos de soja, milho e arroz de terras altas a  
*Pratylenchus brachyurus* [manuscrito] / Anderli Divina Ferreira Rios. -  
2014.

0 87 f.

Orientador: Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia (EA) , Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,  
2014.

Bibliografia.

Inclui abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. *Glycine max*. 2. *Zea mays*. 3. *Oryza sativa*. 4. Resistência. I.  
Rocha, Mara Rúbia da, orient. II. Título.



**Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFG**

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

1. Identificação do material bibliográfico:  Dissertação  Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor(a):	Anderli Divina Ferreira Rios				
CPF:	841021601-91	E-mail:	anderlidf@hotmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não					
Vínculo Empregatício do(a) Autor(a):					
Agência de fomento:			Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás	Sigla:	FAPEG
País:	Brasil	UF:	GO	CNPJ:	08.156.102/0001-02
Título:	Reação de genótipos de soja, milho e arroz de terras altas a <i>Pratylenchus brachyurus</i>				
Palavras-chave: <i>Glycine max, Zea mays, Oryza sativa</i> , resistência					
Título em outra língua: Reaction of soybean, corn and upland rice genotypes <i>Pratylenchus brachyurus</i>					
Palavras-chave em outra língua: <i>Glycine max, Zea mays, Oryza sativa</i> , resistance					
Área de concentração: Produção Vegetal					
Data defesa: 28/09/2014					
Programa de Pós-Graduação: Agronomia					
Orientador(a):		Mara Rúbia da Rocha			
CPF:	324042711-72	E-mail:	mararocha@agro.gov.br		
Co-orientador(a):					
CPF:		E-mail:			

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?<sup>1</sup>  total  parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: \_\_\_\_\_

Outras restrições: \_\_\_\_\_

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

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

  
Anderli Divina Ferreira Rios

Nome - assinatura

Data, 27/07/2015.

<sup>1</sup> Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força suprema nos momentos difíceis desta minha caminhada.

À minha família, meus pais Maria Salvadora Rios Brito e Manoel Marciano Ferreira, minha filha Júlia Soares Rios e em especial ao meu amor Alan Soares Machado pelo apoio, carinho e compreensão.

À Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Agronomia.

À professora Dra. Mara Rúbia da Rocha, pela orientação acadêmica, ensinamentos, atenção e dedicação, contribuindo para a minha formação profissional.

À equipe do laboratório de Nematologia da Escola de Agronomia da UFG pelas colaborações técnicas, especialmente Gleina Costa, Diego Barbara, Lucas Lobo, Kassia Barbosa e Renato Teixeira.

À equipe do Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, pelo apoio na condução dos experimentos ou análises estatísticas: Wilian Buso, Fagner Machado, Hellismar Silva, Lidiane Oliveira, Taiz Borges, Halef Pereira, Pedro Cruz, Renato Silva e Marco Aurélio.

Aos amigos da Agencia Goiana de Defesa Agropecuária- AGRODEFESA que me apoiaram durante o curso, em especial, Osires Mariano da Silva (in memoriam), Natanael Silva, Pedro Paiva, Lilian Rosana Rabelo, Juliano Barbosa e Jales Alves Barreto.

Aos amigos da pós-graduação em Agronomia da EA/UFG, Maria Lucia Martins, Camila Queiroz, Fernanda Faganello e André Pereira pela agradável convivência.

Aos agricultores Daniel, Marcos e Valter pela cessão das áreas experimentais e pelo apoio durante o período de realização da pesquisa.

Ao escritório Victor Vieira Consultoria e Assessoria Agropecuária LTDA em nome dos engenheiros agrônomos, Marcos A. Vieira e Sharlene Finholdt em Paraúna, Goiás pelo apoio na condução dos experimentos.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	7
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	9
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS GRANDES CULTURAS.....	12
2.1.1 A cultura da soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. ).....	12
2.1.2 A cultura do Milho.....	13
1.1.3 A cultura do Arroz.....	15
2.2 NEMATOIDES NAS CULTURAS DA SOJA, DO MILHO E DO ARROZ.....	16
2.2.1 Nematóide de cisto da soja ( <i>Heterodera glycines</i> ).....	16
2.2.2 O gênero <i>Meloidogyne</i> .....	18
2.2.3 O gênero <i>Pratylenchus</i> .....	19
2.3 MANEJO DE NEMATOIDES POR MEIO DA RESISTÊNCIA GENÉTICA.....	21
<b>3 REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA A <i>Pratylenchus brachyurus</i></b>	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	26
3.1 INTRODUÇÃO.....	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.2.1 Experimento I.....	30
3.2.2 Experimento II.....	32
3.2.3 Experimento III.....	33
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.4 CONCLUSÕES.....	48
<b>4 REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO A <i>Pratylenchus brachyurus</i></b>	49
RESUMO.....	49
ABSTRACT.....	49
4.1 INTRODUÇÃO.....	50
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
4.2.1 Experimento I.....	52
4.2.2 Experimento II.....	53
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.4 CONCLUSÕES.....	64
<b>5 REAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS A <i>Pratylenchus brachyurus</i></b> .....	65
RESUMO.....	65
ABSTRACT.....	65
5.1 INTRODUÇÃO.....	66
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	67
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
5.4 CONCLUSÕES.....	75
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	76
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	78

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** Densidade populacional de *P. brachyurus* em doze cultivares de soja em função das épocas de avaliação (Dias após semeadura)..... 45
- Figura 4.1** Densidade populacional de *P. brachyurus* em doze cultivares de soja em função das épocas de avaliação (Dias após semeadura)..... 61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b>	Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Paraúna, Goiás. 2011.....	30
<b>Tabela 3.2</b>	Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Campinorte, Goiás. 2013.....	34
<b>Tabela 3.3</b>	Densidade populacional de <i>Pratylenchus brachyurus</i> aos 30 e 75 dias após a semeadura (DAS) em área naturalmente infestada no município de Paraúna, Goiás. 2011.....	37
<b>Tabela 3.4</b>	Densidade populacional e Fator de reprodução (FR) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> aos 60 dias após a inoculação (DAI) de 300 espécimes sob condições semi-controladas de estufa, Ceres, GO. 2011.....	39
<b>Tabela 3.5</b>	Densidade populacional de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em área naturalmente infestada e Produtividade da cultura da soja. Campinorte, Goiás. 2013.....	42
<b>Tabela 4.1</b>	Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Campinorte, Goiás. 2013.....	54
<b>Tabela 4.2</b>	Densidade populacional e Fator de reprodução (FR) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> ao nematoide aos 60 dias após a inoculação sob condições semi-controladas de estufa, Ceres, GO. 2011.....	57
<b>Tabela 4.3</b>	Densidade populacional de <i>Pratylenchus brachyurus</i> aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura do milho em área naturalmente infestada e produtividade. Campinorte, Goiás. 2013.....	59
<b>Tabela 5.1</b>	Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Campinorte, Goiás. 2013.....	69
<b>Tabela 5.2</b>	Densidade populacional e Fator de reprodução (FR) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> , em condições controladas nos experimentos I, II, III e em condições de área naturalmente infestada em Campinorte, Goiás, no experimento IV.....	72

## RESUMO GERAL

RIOS, A. D. F. **Reação de genótipos de soja, milho e arroz de terras altas a *Pratylenchus brachyurus***. 2014. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014<sup>2</sup>.

A estimativa nacional de grãos para a safra 2013/2014 é de 193,9 milhões de toneladas. A área a ser colhida em 2014, de 55 milhões de hectares, apresenta acréscimo de 4,2% frente à de 2013 que foi de 52,8 milhões de hectares. O arroz, o milho e a soja são os três principais produtos em volume deste grupo, que somados representam 92,5% da produção e respondem por 85,5% da área colhida na safra 2013/2014. Juntas essas três culturas produzirão em torno de 177 milhões de toneladas na safra 2013/2014. Dentre as principais doenças da cultura da soja atualmente na região dos Cerrados, destacam-se aquelas causadas por nematoides, principalmente *Heterodera glycines* e *Pratylenchus brachyurus*. O milho e o arroz são utilizados em rotação ou sucessão com a cultura da soja e são culturas hospedeiras de *P. brachyurus* dificultando o manejo das áreas infestadas com esse patógeno. A utilização de resistência é uma das estratégias de controle mais importantes devido à sua compatibilidade com outras práticas de manejo e por não ser prejudicial ao meio ambiente. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a reação de genótipos de soja, milho e arroz ao nematoide das lesões radiculares *P. brachyurus* a fim de obter fontes de resistência, que possam ser usadas em programas de melhoramento genético ou imediatamente por agricultores em áreas infestadas pelo nematoide. Foram realizados nove experimentos no presente estudo. Para a cultura da soja foram realizados três experimentos, o primeiro (Experimento I) em condições de campo com setenta cultivares (tratamentos) em delineamento inteiramente casualizado e seis repetições. O segundo experimento (experimento II) foi realizado em condições semi-controladas, com delineamento inteiramente casualizado, com 26 cultivares e sete repetições, e avaliação aos 60 dias após inoculação (DAI). O terceiro experimento (Experimento III) foi realizado em campo naturalmente infestado, em delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos (cultivares) e seis repetições, com avaliações aos 30, 60 e 90 dias após semeadura (DAS), e colheita dos grãos aos 131 DAS. Para o milho foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro em condições semi-controladas, com 30 tratamentos (genótipos), sete repetições e avaliação aos 60 DAI. O segundo (experimento II) foi conduzido em condições de campo com dez tratamentos (genótipos), seis repetições e avaliação aos 30, 60 e 90 DAS e a colheita dos grãos foi realizada aos 119 DAS. Para a cultura do arroz foram conduzidos quatro experimentos, sendo três em condições controladas (experimentos I, II e III) e um em condição de campo (experimento IV) todos em delineamento inteiramente casualizado e seis repetições. Nos experimentos I, II e III as avaliações foram realizadas aos 45, 55 e 76 DAI. No experimento IV avaliou-se aos 86 DAS. No presente estudo, não foram encontrados genótipos de soja, milho e arroz resistentes a *P. brachyurus*, mas, encontrou-se resultados promissores. As cultivares de soja TMG 132 RR, Emgopa 313 RR, M-Soy 8360 RR e CD 237 RR, as cultivares de arroz BRS 01600, BRS Primavera e BRS Monarca e os híbridos de milho, P 30K75 e P 30S31 foram promissores por apresentarem menores densidades populacionais ou FR para o nematoide. As cultivares de soja P 98Y11, BRSGO 8560 RR e P 98Y51e os híbridos de



milho AG 1051, P 3862H e SHS 3031 apresentaram tolerância a *P. brachyurus*. Diante dos resultados aqui apresentados, é necessário que os estudos sejam continuados com o intuito de se obter genótipos resistentes e também identificar outras culturas promissoras que possam ser usadas em rotação ou sucessão com a soja, em áreas com alta infestação por *P. brachyurus*, além de ser importante o estudo do comportamento desse nematoide nos ecossistemas onde essas culturas são produzidas. Os genótipos que proporcionaram menores densidades populacionais devem ser preferidos para investigações futuras visando à identificação de genótipos que possuam resistência a *P. brachyurus*.

*Palavras-chave: Glycine max, Zea mays, Oryza sativa, resistência.*

## GENERAL ABSTRACT

RIOS, A. D. F. **Reaction of soybean, corn and upland rice genotypes *Pratylenchus brachyurus***. 2014. 87 f. Thesis (Doctorate in agronomy: Crop Science)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014<sup>1</sup>.

The Brazilian production of grain crop is 193.9 million tonnes. The area harvested in 2014, was 55 million hectares, which represents an increase of 4.2 % compared to 2013 (52.8 million hectares). Rice, corn and soybean crops are the three main products that together accounted for 92.5 % of the grain production and accounted for 85.5 % of the harvested. Together these three crops produced around 177 million tonnes in the 2013/2014 season. Among the major diseases of soybean currently in the Cerrado region, we highlight those caused by nematodes, especially *Heterodera glycines* and *Pratylenchus brachyurus*. The maize and rice are used in rotation succession with soybean crops and are host to the nematode making the management of areas infested with this pathogen more complex. The use of resistance is one of the most important strategies for plant disease control due to its compatibility with other management practices and for not being harmful to the environment. The objective of this study was to evaluate the reaction of soybean, corn and rice genotypes to the root lesion nematode in order to obtain sources of resistance that could be included in plant breeding or be readily used by the farmers. Nine experiments were performed in the present study. Three experiments were conducted with soybeans in a completely randomized design. The first (experiment I) was conducted in field conditions with seventy cultivars (treatments) and six replications. The second experiment (experiment II) was conducted under controlled conditions with 26 cultivars and seven replications. The third experiment (experiment III) was conducted in a naturally infested field with 12 cultivars and six replications with assessments at 30, 60 and 90 DAS and harvest at 131 DAS. For corn, two experiments were conducted, the first with 30 genotypes and seven replications. The second (experiment II) was conducted in field conditions with ten genotypes and six replications evaluated at 30, 60 and 90 DAS and harvest at 119 DAS. For the rice crop, four experiments were conducted, three under controlled conditions (experiments I, II and III) and one in the field (experiment IV). All four experiments were set as a completely randomized design with six replications. In the present study no genotypes of soybean, corn or rice were found as resistant to *P. brachyurus* but some had promising results. The soybean cultivars TMG 132 RR, Emgopa 313 RR, M-Soy 8360 RR and CD 237 RR, rice cultivars BRS 01600, BRS Primavera and BRS Monarca and the corn hybrids, P30K75 and P30S31 presented lower nematode population densities or reproduction factors (RF). The soybean cultivars P 98Y11, BRSGO 8560 RR and P 98Y51 and the corn hybrids AG 1051, P3862H and SHS 3031 showed tolerance to the nematode. Given the results presented here, it is necessary for the studies to be continued in order to obtain resistant genotypes and to identify other promising crops that can be used in rotation with soybeans in areas with high infestation by the nematode. Also it is important to study the behavior of this nematode in ecosystems where these crops are cultivated. Genotypes that provided lower nematode population densities should be preferred for future research in order to identify resistance.

*Key words: Glycine max, Zea mays, Oryza sativa, resistance.*

<sup>1</sup>

Adviser: Prof. (a) Dr. (a) Mara Rúbia da Rocha. EA-UFG.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

*Pratylenchus brachyurus* é um fitonematoide polífago e está associado principalmente às gramíneas como a cana de açúcar, milho, sorgo e braquiárias. Mas também parasitam outras plantas como por exemplo o algodão e a soja (Schmitt & Barker, 1981; Motalaote et al., 1987; Gallaher et al., 1988; Inomoto, 2011; Machado et al., 2012; Barbosa et al., 2013). É um endoparasita migrador que penetra através ou entre as células do córtex, alimentando-se do conteúdo celular, matando as células e causando lesões necróticas ao longo das raízes que podem matar todo sistema radicular quando ocorre em alta infestação (Lordello, 1984).

Danos econômicos causados por nematoides do gênero *Pratylenchus* já foram relatados em estudos com trigo, arroz, milho, feijão, soja e sorgo (Lindsey & Cairns, 1970; Plowright et al., 1990; Nicol et al., 1999; Siqueira & Inomoto, 2008; Inomoto, 2011). A quantificação desses danos ainda é pouco estudada, e em alguns casos ocorrem outros patógenos associados que confundem os sintomas e causam danos juntamente com o nematoide como, por exemplo, fungos do gênero *Fusarium* (Hajihassani et al., 2013).

A região Centro-Oeste, maior produtora de grãos do Brasil (Conab, 2014), enfrentou nas últimas safras a ocorrência de *P. brachyurus* em densidade elevada na cultura da soja. Sharma (1996) já havia relatado essa elevada ocorrência (31.970 espécimes por 10 gramas de raízes) em soja ainda no final da década de 1980 (safra 1988/1989), em Ipameri, Goiás. Relatou-se, na época, redução de 41% na produção de grãos na área afetada pelo nematoide.

A rotação ou sucessão com culturas não hospedeiras, a limpeza de máquinas e implementos agrícolas, o cultivo de plantas antagonistas, o controle químico e o uso de plantas resistentes são os principais métodos de manejo de nematoides para a cultura da soja. Porém, para *P. brachyurus* existe uma ampla gama de hospedeiros e o emprego da rotação é dificultado. O milho que é a principal cultura utilizada em sucessão em área de soja, mas, essa cultura promove o aumento da densidade populacional de *P. brachyurus* na

área, pois é altamente suscetível ao nematoide prejudicando a próxima safra de soja (Gallaher et al., 1988; Inomoto et al., 2011). No caso de plantas antagonistas, como as crotalárias, o seu cultivo pode ser oneroso ao agricultor. O controle químico é pouco efetivo e ambientalmente incorreto. Assim, a utilização de resistência genética é uma das melhores alternativas para o manejo de nematoides em geral.

A resistência genética é compatível com outras práticas de manejo e não prejudica o meio ambiente. A obtenção de resistência ampla é difícil, às vezes, as plantas resistentes não possuem características agronômicas desejáveis. A definição mais utilizada de resistência de plantas à nematoide é a habilidade da planta em suprimir ou inibir a reprodução do patógeno (Freitas et al., 2001; Ritzinger & Fancelli, 2006).

Nematoides do gênero *Pratylenchus* completam todo o seu ciclo de vida dentro da raiz, mas, quando esta não oferece mais condições favoráveis, abandonam e passam para o solo iniciando uma migração à procura de outras raízes em melhor estado (Castilho & Vovlas, 2007). Essas características tornam o melhoramento genético de plantas a *Pratylenchus* difícil, pois, além de pouco especializados, primitivos, de hábito endoparasita e migradores, são espécies polípagas com ampla gama de hospedeiros (Goulart, 2008).

Assim, é importante investigar o potencial de diferentes genótipos comerciais de soja, milho e arroz para o plantio em áreas infestadas pelo nematoide que multipliquem pouco ou que sejam resistentes. O objetivo do presente estudo foi avaliar a reação de genótipos de soja, milho e arroz ao nematoide das lesões radiculares *P. brachyurus* visando identificar possíveis fontes de resistência genética que possam ser de uso imediato pelos produtores, ou inseridas em programas de melhoramento genético.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS GRANDES CULTURAS**

#### **2.1.1 A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.)**

O cultivo dessa planta iniciou-se na região Leste da Ásia há mais de mil anos. No início do século XX, por volta de 1909 a 1913, a China era responsável por cerca de 70% da produção mundial. Em 1930, os Estados Unidos começaram a emergir como o maior produtor e em 1956, como o líder da exportação mundial (Sediyama et al., 2009). Os maiores produtores de soja no mundo atualmente são os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina. Esses países produzem em torno de 80% da soja no mundo, em quarto lugar em produção está a China com 4,7% da produção mundial (USDA, 2014).

A soja é uma das principais oleaginosas do mundo e corresponde a 60% da produção mundial de óleos. O seu teor de óleo varia de 13 a 25%. As outras culturas de destaque são o dendê, girassol, canola, amendoim, algodão e mamona (Teixeira et al., 2009). Seu elevado teor em proteínas (40%) também faz dela a principal matéria prima na fabricação de rações para alimentação animal. Os principais produtos são a casca de soja, concentrado proteico, farelo de soja, óleo de soja, proteína isolada, soja extrusada, tostada e micronizada (Abreu et al., 2009).

No Brasil, a grande expansão da soja teve início a partir de 1970, sendo que em 1974, a sua produção foi maior do que a da China. Em 1975, a produção do Brasil e da Argentina ultrapassou a da Ásia. No final dos anos 70, mais de 80% da produção brasileira de soja estava concentrada nos estados da Região Sul, embora os estados da região central do país sinalizassem que participariam como importante ator neste processo produtivo, o que efetivamente ocorreu a partir da década de 80 (Reetz et al., 2008). A abertura dos solos sob vegetação de Cerrados proporcionou o crescimento em área e em rendimento por meio do cultivo de cultivares adaptadas a estas condições (Sediyama et al., 2009).

Atualmente, todos os estados brasileiros produzem a soja (Conab, 2015). A

região Centro-Oeste é a maior produtora de soja do Brasil e concentrou aproximadamente 48% da produção na safra 2013/2014, o equivalente a 41 milhões de toneladas. O Estado do Mato Grosso é o principal produtor brasileiro, com 26 milhões de toneladas na safra 2013/2014 seguido pelos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás. A produção brasileira de soja na safra 2013/2014 foi de 86,5 milhões de toneladas, representando um aumento de 6,2% em relação a safra anterior (Conab, 2014). A soja tornou-se matéria-prima diferenciada para a obtenção do biodiesel no Brasil devido à sua produção em grande escala. É a única cultura oleaginosa com produção suficiente para atender a demanda da fabricação nacional de biodiesel (Reetz et al., 2008).

Em 2013, a soja contribuiu com 30% da receita das exportações do agronegócio, que foi de 101 bilhões de dólares, valor 4% superior ao do ano anterior. Este crescimento das exportações de soja ocorreu pela demanda mundial e pela redução da produção nos Estados Unidos (EUA). A China foi o principal país importador da soja brasileira e a região Centro-Oeste foi a principal exportadora do grão (Barros et al., 2014).

O Estado de Goiás, quarto lugar no ranking nacional de produção da soja, obteve produção de 8,8 milhões de toneladas na safra 2013/2014, com área colhida de 3,1 milhões de hectares e produtividade de 2.856 kg por hectare (Conab, 2014). Neste estado, o complexo soja participou com 32,06 % das exportações no ano de 2012 e foi o produto mais exportado. Desta forma, a soja desempenha importante papel na economia goiana, pois produz matérias primas para as agroindústrias e impulsiona a balança comercial, além de gerar empregos diretos e indiretos (SEGPLAN, 2014).

### **2.1.2 A cultura do Milho**

O milho (*Zea mays* L.) teve origem na América, e é largamente cultivado no mundo inteiro (Embrapa, 2012). Segundo Guimarães (2007), estudos arqueológicos afirmam que o milho já existia como cultura, ou seja, em estado de domesticação, há cerca de quatro mil anos e que apresentava as principais características morfológicas que o definem botanicamente na atualidade.

Entre os maiores produtores de milho mundialmente, estão os Estados Unidos com participação de 36% da produção mundial, a China em segundo lugar com 22% e o Brasil em terceiro com 7%. Esses três países são também os maiores consumidores desse

grão. Nos últimos anos, os Estados Unidos tem reduzido a sua participação no mercado mundial, pois, aumentou o seu consumo interno com o uso do milho para a produção de etanol. Por outro lado o Brasil aumentou a sua participação, apesar da sua instabilidade cambial e da deficiência estrutural em estradas e portos. No ano de 2014 os principais países exportadores de milho foram os Estados Unidos e o Brasil (USDA, 2014).

No Brasil, o milho apresenta ampla adaptabilidade, sendo cultivado de norte a sul, em todos os meses do ano, além de ser uma das culturas mais usadas e recomendadas em sistemas de rotação. É a cultura com a maior frequência de plantio no país, e praticamente todos os municípios brasileiros são produtores. Do total de milho produzido no país, 80% é destinado para a produção de ração animal (Embrapa, 2012).

A produtividade do milho no Brasil ainda é baixa quando comparada com outros países como os Estados Unidos e a França que possuem as maiores produtividades oito toneladas  $ha^{-1}$  e nove toneladas  $ha^{-1}$  respectivamente (USDA, 2014). No Brasil, a produtividade do milho na safra 2013/2014 foi de 5 toneladas/ha. A baixa produtividade dos Estados do Nordeste e Norte, o plantio de subsistência e o atraso tecnológico contribuem para reduzir a média nacional da produtividade (Conab, 2014).

A produção de milho tem-se caracterizado pela divisão em duas épocas de plantio. Os plantios de verão, ou primeira safra, que são realizados durante o período chuvoso, variando entre fins de agosto na região Sul até os meses de novembro no Sudeste e no Centro-Oeste e a segunda safra ou safrinha que, se refere ao cultivo de milho plantado em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (Embrapa, 2012).

A safrinha aumentou a sua importância nos últimos anos e hoje responde por 59% da produção total do milho no Brasil, segundo estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento para a safra 2013/2014 (Conab, 2014). Desta forma, o milho vem se reafirmando como a principal cultura para a sucessão com a soja na região Centro-Oeste, aumentando o lucro do produtor, pois essa segunda safra aproveita resíduos de adubos incorporados no solo, além de ainda melhorar as condições fitossanitárias devido à interrupção do ciclo de algumas pragas e doenças como, por exemplo, o nematoide de cisto da soja que não é hospedado pelo milho. No entanto, o milho é hospedado por nematoides em comum com a cultura da soja, que são: *M. javanica*, *M. incognita* e *P. brachyurus* (Henning et al., 2005). Desta forma, o milho como opção de rotação para solucionar o

problema do nematoide de cisto da soja pode aumentar a população de outras espécies dificultando o seu manejo para ambas culturas.

### **2.1.3 A cultura do Arroz**

O arroz (*Oryza sativa* L.) tem sua origem e sua maior produção no continente asiático, que responde por aproximadamente 90% da produção mundial, seguida das Américas, África, Europa e Oceania. O consumo também está concentrado nos maiores países produtores, e conseqüentemente, o nível de transação internacional é baixo, limitado em cerca de 6% da produção total (Embrapa, 2012).

De acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos- USDA, na safra 2013/2014 a produção mundial de arroz foi em torno de 471 milhões de toneladas. A China foi o maior produtor com 141 milhões de toneladas, seguidos pela Índia e Indonésia com 103 e 37 milhões de toneladas, respectivamente. O Brasil ficou em nono lugar com a produção de 12 milhões de toneladas. É importante destacar a importância desse cereal no cenário mundial de alimentos, diante da grande área cultivada e do volume de produção. Como principal componente da dieta básica da população mundial, é um alimento de extrema importância (USDA, 2014) e, em função disso, aspectos relacionados à sua produção e consumo devem ser continuamente monitorados e avaliados em profundidade, para que o seu suprimento seja garantido.

No Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz. Na safra 2013/2014 a produção do Rio Grande do Sul foi de 8 milhões de toneladas. Em segundo lugar destaca-se o estado de Santa Catarina com produção em torno de 1 milhão de toneladas. O Estado de Goiás ocupa a nona posição com a produção de 151 mil toneladas (Conab, 2014). O arroz no Brasil é cultivado em dois sistemas básicos de produção: arroz irrigado, predominante nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Tocantins e, o arroz de terras altas com semeadura principalmente nos Estados do Mato Grosso, Maranhão, Pará, Goiás e a outra parte do Tocantins.

No sistema de arroz de terras altas, o uso de genótipos melhorados tornou o arroz uma cultura importante no Cerrado (Wander, 2006). O arroz de terras altas deixou de ser cultivado apenas nas áreas recém desmatadas, onde geralmente se adota baixo nível de tecnologia, para participar de sistemas de produção mais tecnificados, como os sistemas de integração lavoura-pecuária. Neste sistema, associa-se a produção de grãos como arroz e



milho com a produção animal na mesma área, em plantio simultâneo ou rotacionado com pastagens dos gêneros Panicos e Braquiárias. Esse sistema permite o uso racional de insumos, máquinas e a diversificação da produção (et al., 2000; Macedo, 2009; Karan et al., 2009). A produtividade do arroz de terras altas pode chegar a 4.000 kg ha<sup>-1</sup> quando as condições climáticas são favoráveis, as cultivares são adaptadas para o local e o manejo fitotécnico é adequado (Guimarães et al., 2003a ).

## 2.2 NEMATOIDES NAS CULTURAS DA SOJA, DO MILHO E DO ARROZ

Essas culturas são suscetíveis a espécies em comum de nematoides, principalmente os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*. As espécies *P. brachyurus*, *M. javanica* e *M. incognita* parasitam e causam danos às três culturas, enquanto que, a espécie *P. zae* parasita as culturas do milho e do arroz. Para a cultura da soja, além das espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne* e a espécie *P. brachyurus*, merece destaque devido a sua importância econômica o nematoide de cisto, *H. glycines* (Dias et al., 2010).

Outros nematoides possuem importância secundária ou podem estar associados aos principais nematoides dessas culturas. A espécie *Rotylenchulus reniformis* tem importância para a cultura da soja e os gêneros *Helicotylenchus*, *Criconemella*, *Xiphinema* e *Paratrichodorus* possuem importância secundária para a soja e para o milho (Ferraz et al., 2001; Casela et al., 2006). Para a cultura do arroz, além dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, se destacam também os gêneros *Heterodera*, *Hirschmanniella*, *Ditylenchus* e *Aphelenchoides* parasitando o arroz em diversos países (Fortuner & Merny, 1979).

### 2.2.1 Nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*)

O nematoide de cisto da soja, *H. glycines*, é uma importante praga da cultura da soja no mundo. Essa doença tem grande importância econômica na Ásia (China, Japão) e nos Estados Unidos. No Brasil, a espécie foi encontrada pela primeira vez na safra 1991/92 (Lima et al., 1992). Nos últimos anos, a sua presença foi constatada em aproximadamente 150 municípios, distribuídos em 10 Estados (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA). A variabilidade do nematoide de cisto da soja no Brasil é maior que nos Estados Unidos, já foram identificadas 11 raças (1, 2, 3, 4, 4+, 5, 6, 9, 10, 14, 14+). As

raças 4+ e 14+ apresentam habilidade em parasitar a cultivar Hartwig, que é o padrão de resistência no Brasil juntamente com a cultivar PI437654 (Dias et al., 2009).

Estima-se que a área infestada com o nematoide *H. glycines* no Brasil seja superior a 3,0 milhões de hectares. Entretanto, existem muitas propriedades isentas do patógeno, localizadas em municípios infestados (Dias et al., 2010). Em Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul ocorreram nos últimos anos a evolução de raças de *H. glycines*, com número mais elevado de genes de virulência. Existindo também poucas cultivares resistentes ao nematoide de cisto, as disponíveis são na maioria resistentes às raças 1 e 3. Essas cultivares, nem sempre são adaptadas a todas as regiões, e, muitas são de ciclo tardio, e hoje com a ocorrência da ferrugem asiática e a vontade de fazer safrinha, o produtor tem procurado cada vez mais as cultivares precoce (Dias et al., 2009).

Com relação aos sintomas do ataque desse nematoide em plantas de soja, observa-se a penetração do nematoide nas raízes, dificultando a absorção de água e nutrientes, causando a redução de porte e do número de vagens, clorose e baixa produtividade. Os sintomas aparecem em reboleira e as plantas atacadas podem morrer prematuramente. O sistema radicular fica reduzido, apresentando minúsculas fêmeas com formato de limão ligeiramente alongado, de coloração branca a amarelada. Quando a fêmea morre, seu corpo se transforma numa estrutura resistente, com coloração marrom escura, cheia de ovos, denominada “cisto”, que pode se desprender da raiz e permanecer no solo (Henning et al., 2005; Dhingra et al., 2009).

A duração do ciclo de vida do nematoide de cisto da soja é muito influenciada pela temperatura e umidade do solo. O ciclo de vida desse nematoide apresenta ovo, juvenis e adultos e varia de 21 dias a 24 dias à temperatura de 23°C a 25°C (Tihohod, 1993), desta forma, em uma cultivar de soja de ciclo tardio é possível ter de seis a sete gerações do patógeno (Dias et al., 2009). Estas fêmeas, após serem fertilizadas, têm a capacidade de produzir cada uma de 100 ovos a 250 ovos. Este nematoide tem como fontes de disseminação os implementos agrícolas, as sementes mal beneficiadas contendo pedregulhos de solo, o vento e a água (Dhingra et al., 2009).

Para a prevenção da infestação do nematoide de cisto deve ser feita a limpeza de máquinas e implementos agrícolas e o uso de sementes livres do nematoide. As estratégias de manejo incluem a rotação de culturas com espécies não hospedeiras, o manejo do solo e a utilização de cultivares resistente (Henning, et al., 2005). Contudo, a semeadura de cultivares resistente não deve ser a única opção, pois, sob pressão de seleção,

o nematoide pode desenvolver novas raças. No Brasil, existe carência de cultivares de soja resistente a *H. glycines*. A maioria das cultivares disponíveis, que possuem resistência ao nematoide, são adequadas apenas às raças 1 e 3, e, mesmo para estas duas raças, ainda não existe material adaptado para todas as regiões de cultivo no Brasil (Dias et al., 2010).

### 2.2.2 O gênero *Meloidogyne*

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são importantes fitoparasitas e possuem grande distribuição no mundo. Plantas monocotiledôneas, dicotiledôneas, anuais ou perenes são hospedeiras desse nematoide. Estes patógenos reduzem a produção das plantas infectadas, afetando-as tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos (Cordeiro et al., 2008). O gênero *Meloidogyne* compreende um grande número de espécies. Entretanto, no Brasil, as espécies de importância econômica para as culturas da soja, do milho e do arroz são *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*. A espécie *M. javanica* é a espécie mais agressiva para a soja e sua ocorrência é maior na região Centro-Oeste (Asmus, 2001).

Os sintomas do ataque de *Meloidogyne* para essas culturas são o aparecimento de galhas nas raízes primárias e secundárias, o atrofiamento e a redução do sistema radicular, e a presença de galhas. Observa-se na cultura da soja que, o ataque do nematoide na raiz principal é comum, mas, entretanto, esse comportamento nem sempre é observado em outras culturas (Morales, 2007). Pode não ocorrer redução no tamanho das plantas, mas, por ocasião do florescimento, nota-se intenso abortamento das flores, vagens com amadurecimento prematuro. Em anos em que acontecem veranicos na fase de enchimento de grãos, o dano tende a ser maior (Dias et al., 2010). Um aspecto importante a ser observado é que em milho o nematoide *Meloidogyne* nem sempre forma galhas nas raízes da planta. Observam-se, de maneira geral, apenas leves engrossamentos e poucas galhas evidentes, que dificultam a verificação da meloidoginose no campo (Asmus et al., 2000).

O ciclo de vida de *Meloidogyne* inicia-se com a fêmea depositando seus ovos em um local da raiz, formando uma massa de ovos envolta em uma matriz gelatinosa. Cada massa de ovos contém em média 400 ovos a 500 ovos. O ciclo completa-se em torno de 22 a 30 dias, sendo diretamente influenciado pela temperatura do solo. Para as espécies de *M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria*, as temperaturas ótimas estão entre 25°C a 30°C. Acima de 40°C ou abaixo de 5°C, qualquer espécie reduz as suas atividades vitais, podendo cessá-las por completo (Ferraz et al., 2001). A primeira ecdise ocorre no interior do ovo,

transformando-se em juvenis de segundo estágio (J2), que eclodem e passam a migrar no solo à procura de raízes de plantas que possam hospedá-los. Depois de passar por mais estágios juvenis (J3 e J4), atingem a fase adulta. Quando a fêmea jovem é formada, inicia-se a fase sedentária do nematoide, a qual durará até o final de seu ciclo de vida com o amadurecimento da fêmea, a formação e liberação de ovos (Ferraz, 1995).

Para o controle dos nematoides de galhas podem ser utilizadas várias estratégias. Entretanto, as mais eficientes são a rotação/sucessão com culturas não hospedeiras ou hospedeiras desfavoráveis e a utilização de resistência. A rotação de culturas deve ser bem planejada, uma vez que a maioria das espécies cultivadas multiplicam os nematoides de galhas. A escolha das culturas para a rotação deve se basear também na viabilidade técnica e econômica na região, sendo bastante variável de um local para outro (Dias et al., 2010).

### 2.2.3 O gênero *Pratylenchus*

O gênero *Pratylenchus* é um dos mais importantes grupos de nematoides fitoparasitas no mundo. Possui várias espécies, sendo muitas delas polífagas. É o mais conhecido entre os pertencentes a família Pratylenchidae. Esse gênero causa problemas a culturas de importância econômica, tanto em países de clima tropical, como temperado (Tihohod, 1993). No Brasil, o gênero *Pratylenchus* também é considerado o segundo grupo de fitonematoides mais importante à agricultura. A primeira espécie constatada e bastante difundida foi *Pratylenchus brachyurus*. Esta é uma espécie polífaga que ataca diversas espécies de plantas como milho, arroz, soja e algodão (Lordello, 1984).

O nematoide *P. brachyurus* aumentou a sua ocorrência em áreas de soja no Brasil, principalmente na região Centro-Oeste, com destaque para os Estados do Mato Grosso e Goiás. Estudos mostram a capacidade de *P. brachyurus* hospedar a soja e diminuir a produtividade de grãos quando semeada em áreas infestadas (Lindsey & Cairns, 1970; Schmitt & Barker 1981; Koenning et al. 1985; Alves et al., 2011). Os relatos da ocorrência de *P. brachyurus* no Brasil parasitando a cultura da soja, são na maioria dos casos, em áreas em que o milho é usado em sucessão, sendo semeado em safrinha após o cultivo da soja. O cultivo do milho em áreas infestadas pode promover o aumento da densidade populacional desse nematoide na área a ponto de prejudicar ambas as culturas do milho e da soja (Jordaan & Waele, 1988; Inomoto et al., 2011; Chiamolera et al., 2012).

O gênero *Pratylenchus* é o mais importante para o milho devido à patogenicidade, distribuição e alta densidade populacional, com destaque para as espécies de *P. brachyurus* e *P. zae* (Lordello, 1984). Outras espécies do gênero *Pratylenchus* merecem destaque em outros países parasitando o milho, como *P. hexincisus*, *P. scribneri* e *P. penetrans* (Smolik & Wicks, 1987; Jordaan et al., 1989; Qing & Potter, 1997). No Brasil, a suscetibilidade do milho à espécie *P. brachyurus* já foi comprovada em diversos (Inomoto et al., 2006; Dias-Arieira et al., 2009; Inomoto, 2011; Chiamolera et al., 2012).

Para a cultura do arroz são poucos os relatos no Brasil de nematoide do gênero *Pratylenchus* parasitando a cultura. Rack et al. (2013) realizaram estudos em condições controladas, com o objetivo de avaliar a reação de cultivares de arroz a *P. brachyurus*. Esses autores observaram que, apenas uma cultivar, a Ecco foi resistente ao nematoide entre dez cultivares avaliadas. Para as demais cultivares o FR variou de 1,22 a 2,94, com avaliação aos 60 dias após a inoculação.

Em outros países, existem vários estudos sobre a reação de cultivares de arroz à *Pratylenchus*. Na Costa Rica, Guzmán-Hernández et al. (2011) realizaram levantamento em áreas produtoras de arroz e concluíram que em 99% das amostras foi encontrado o gênero *Pratylenchus*. *P. zae* é comumente associada ao arroz de terras altas nas Filipinas (Plowright et al., 1990). Pankaj et al. (2012) observaram em estudos em área produtora de arroz na Índia que nematoides do gênero *Pratylenchus* podem causar danos à cultura, o que ficou comprovado em ensaios em áreas com infestação natural por *P. thorney*. As plantas atacadas apresentaram crescimento retardado, folhas cloróticas e lesões necróticas nas raízes quando a densidade populacional foi de 32 espécimes por 0,5 gramas de raízes.

Os principais sintomas do ataque de nematoides do gênero *Pratylenchus* em plantas são os ferimentos nas raízes resultando na formação de lesões. Ocorre o ataque às células do parênquima cortical, onde o parasita injeta toxinas durante o processo de alimentação. Sua movimentação na raiz também desorganiza e destrói a célula, deixando-a reduzida e escurecida, podendo, posteriormente, ser invadida por fungos e bactérias (Henning et al., 2005). As plantas tornam-se pequenas e com ramos finos devido à completa destruição de suas raízes. A parte aérea das plantas afetadas pode apresentar clorose ou murchamento durante a estação seca. A desfolha total pode ocorrer quando o ataque é severo (Tihohod, 1993).

O ciclo de vida desse nematoide compreende o ovo, quatro estádios juvenis (J1 a J4) e a forma adulta. Os ovos são colocados no interior dos tecidos vegetais e todo ciclo

biológico ocorre na planta, migrando para o solo quando as condições das raízes tornam-se desfavoráveis. Uma geração completa seu ciclo, em média, com quatro a oito semanas. Dessa forma, podem ocorrer várias gerações durante o ciclo vegetativo das culturas (Tihohod, 1993). O primeiro estágio juvenil ocorre no interior do ovo e não é infectivo; todos os outros estágios juvenis (J2, J3 e J4) e adultos são infectivos (Lordello, 1984).

O manejo do nematoide *Pratylenchus* é complexo, e deve considerar os diferentes aspectos do desenvolvimento das culturas, associado a práticas que visem diminuir os danos, procurando interromper a dispersão e acompanhando o seu desenvolvimento. Técnicas empregadas no manejo de outros fitonematoídeos em geral, se aplicam ao controle de *Pratylenchus*, como rotação de culturas, cultivos com plantas antagonistas, emprego de resistência genética e controle químico (Freitas et al., 2001).

### 2.3 MANEJO DE NEMATOÍDES POR MEIO DA RESISTÊNCIA GENÉTICA

Para o manejo de nematoídeos é importante utilizar uma associação de métodos, de forma que essas práticas mantenham o nível populacional do nematoídeo em níveis que não causem danos (Tihohod, 1993). A rotação ou sucessão com culturas não hospedeiras, os cuidados com a limpeza de máquinas e implementos agrícolas, o cultivo de plantas antagonistas, o uso do controle químico e principalmente a utilização de genótipos resistentes são medidas que auxiliam no manejo de nematoídeo (Freitas et al., 2001).

Segundo Ritzinger & Fancelli (2006), a utilização de resistência genética é uma das melhores alternativas para o controle de nematoídeos, considerando sua compatibilidade com outras práticas de manejo e por não ser prejudicial ao meio ambiente. No entanto, é difícil ter resistência para todos os patógenos e, às vezes, as plantas resistentes não possuem características agronômicas desejáveis. A definição mais utilizada de resistência de plantas à nematoídeo é a habilidade da planta em suprimir ou inibir a reprodução do nematoídeo. A resistência de plantas a nematoídeos, de maneira geral, ocorre através da menor penetração nas raízes pelos nematoídeos, a incapacidade das fêmeas para atingirem a maturidade e o alongamento do seu ciclo de vida.

O desenvolvimento de plantas resistentes a nematoídeos é uma busca constante da pesquisa. Os programas de melhoramento de plantas devem definir claramente o nematoídeo alvo, ou o conjunto de nematoídeos para fornecer fontes de resistência, estabelecer critérios válidos para o julgamento da resistência, determinar a herança da

resistência, fazer cruzamentos e retrocruzamentos visando a resistência e as boas qualidades agronômicas, realizar testes em campos infestados em vários locais verificando a influência do ambiente na resistência (Tihohod, 1993).

Os estudos realizados para resistência de nematoides são em sua maioria para os nematoides das galhas, o gênero *Meloidogyne*, e os gêneros *Heterodera* e *Globodera*. Em patossistemas onde há relação mais especializada entre a planta hospedeira e o nematoide, como é o caso dos nematoides citados, o desenvolvimento de cultivares resistentes encontra-se mais adiantado. Entretanto, alguns fatores que afetam a expressão fenotípica da resistência devem ser considerados, como por exemplo a presença de comunidades poliespecíficas de nematoides (Silva, 2001).

Para o nematoide de cisto no Brasil, existe carência de cultivares de soja resistente ao nematoide. A quase totalidade das cerca de cinquenta cultivares disponíveis, atualmente, são adequadas apenas às raças 1 e 3 do nematoide. Mesmo para estas duas raças, ainda não existe material adaptado para todas as regiões de cultivo. Outra dificuldade é que, para facilitar o manejo da ferrugem asiática, o agricultor passou a optar por semear cultivares de soja precoce, o que não é o caso da maioria das cultivares resistentes a *H. glycines* (Dias et al., 2010).

Para o nematoide das galhas, estudos objetivando a resistência de cultivares de soja às espécies *M. javanica* e *M. incognita* tem sido conduzidos no Brasil (Dall' Agnol et al., 1984; Mendes & Rodriguez, 2000). Em torno de 80 cultivares de soja resistente ou moderadamente resistente a estas duas espécies estão disponíveis. Recomenda-se que, em condições de elevadas populações do nematoide no solo, a utilização da cultivar resistente deverá ser precedida de rotação com uma cultura não hospedeira (Dias et al., 2010).

Para o patossistema milho x *Meloidogyne*, vários estudos foram realizados objetivando a reação de genótipos de milho às espécies *M. incognita* e *M. javanica* (Lordello et al., 1994; Asmus & Andrade 1997; Moritz et al., 2003; Wilcken et al., 2006), pois a cultura do milho é altamente suscetível a esses nematoides. Campos & Rocha (1999) avaliaram a hospedabilidade de genótipos de milho à *M. incognita* e *M. javanica* sob condições controladas e observaram a suscetibilidade de todos os genótipos testados à *M. incognita*, com FR variando de 3,5 a 20,4. Para alguns genótipos, ocorreu resistência para *M. javanica* com  $FR < 1$ . O gênero *Meloidogyne* também é hospedeiro do arroz. No Brasil, as espécies do gênero *Meloidogyne* são as mais comuns encontradas parasitando plantas de arroz (Silva et al., 2011). Há vários estudos sobre a seleção de cultivares de arroz com

resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* (Sharma & Prabhu, 1983; Ferraz, 1993; Silva et al., 2011) e sendo as espécies mais estudadas *M. incognita* e *M. javanica*.

O uso de resistência no controle do nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus* spp. é ainda muito restrito se comparado aos nematoides das galhas e ao nematoide do cisto da soja, para os quais as pesquisas na área de melhoramento genético foram bem mais intensivas no passado (Ferraz, 1999). O melhoramento genético vegetal para resistência a espécies de *Pratylenchus* é considerado difícil, provavelmente porque são em geral parasitas polívoros e relativamente pouco especializados (mais primitivos), de hábito endoparasita e migrador, não se fixando na planta hospedeira e permanecem sempre móveis e não formam sítios de alimentação específico (Goulart, 2008).

Estudos objetivando a resistência de plantas a nematoides do gênero *Pratylenchus* no Brasil tem sido frequentes com várias culturas. Tomazini et al. (2005) estudaram a resistência de genótipos de cafeeiro a *P. coffeae* e observaram resistência dos genótipos Konillou IAC 4764 e Konilou IAC 4765, sendo recomendados como porta-enxerto em áreas com problemas com este nematoide. Calzavara et al. (2007) avaliaram a resistência de porta-enxertos cítricos a *P. jaehni*. Os porta-enxerto estudados foram o limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck), tangerina Cleopatra (*C. reshni* Hort. Ex Tanaka), tangerina Sunki (*C. sunki* Hort. Ex Tanaka), trifoliata [*P. trifoliata* (L.) Raf.], critumelo Swingle (*C. paradisi* x *Poncirus trifoliata*) e citrange Carrizo (*P. trifoliata* x *C. simensis*). Os autores concluíram que limão cravo é o porta-enxerto mais suscetível a *P. jaehni*.

Para a cultura da soja, a busca por genótipos resistentes a *Pratylenchus*, em específico a espécie *P. brachyurus* tem sido constante por diversos pesquisadores em diferentes locais no Brasil. No entanto, poucos avanços foram alcançados observando-se, em alguns casos, resultados contraditórios. Isto pode ser atribuído a metodologias de estudo diferentes em cada local de trabalho, ou mesmo a possível variabilidade do patógeno oriundo de diferentes localidades. Ribeiro et al. (2007) e Alves et al. (2011) analisaram genótipos de soja em condições controladas, mas não encontraram genótipos resistentes. Estes autores apresentaram divergências entre seus resultados como no caso do genótipo M-Soy 8757 que comportou-se como resistente em um dos trabalhos e multiplicou em torno de cinco vezes em outro. A cultivar BRSGO Araçú RR, que no trabalho de Ferreira et al. (2009a) se comportou como suscetível em condições de campo naturalmente infestado com avaliações aos 30 e 60 DAS, foi considerada resistente por Dias et al. (2008) em condições controladas e avaliação aos 90 DAI.



Ribeiro et al. (2007) avaliaram a reação de genótipos de soja a *P. brachyurus* e não encontraram nenhum genótipo com fator de reprodução abaixo de 1,0. As cultivares M-Soy 8360 RR e BRSGO Chapadões se destacaram por apresentarem os menores FR, corroborando com os resultados de Machado (2009), ambos em condições controladas.

Em condições de campo, naturalmente infestado, Dias et al. (2008) e Andrade et al. (2009) avaliaram a resistência 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). Nos dois experimentos, não identificaram cultivares de soja com ausência de escurecimento. Costa & Ferraz (1998) avaliaram 81 cultivares de soja seguindo critérios de classificação de Moura & Regis (1987) sob condições controladas com avaliação aos 50 DAI de 450 espécimes por planta. A hospedabilidade foi verificada em todas as cultivares testadas, com 18% dos genótipos apresentando reações de alta suscetibilidade, 45% reação de suscetibilidade, 34% pouca resistência e 1% de resistência moderada ao ataque de *P. brachyurus*.

Com relação a resultados da reação de genótipos de milho à *Pratylenchus*, observam-se poucos estudos realizados no Brasil. Em campo naturalmente infestado, Lordello et al. (1985), comprovaram a suscetibilidade do milho aos nematoides das lesões radiculares. Avaliaram a reação de 81 genótipos de milho a *P. zaeae* e *P. brachyurus* em três épocas de avaliação, aos 39, 59 e 90 dias após o plantio e observaram que todos os genótipos hospedaram o nematoide em todas as épocas de avaliação.

Inomoto (2011), em estudos sob condições controladas, observou a reação de híbridos de milho a *P. brachyurus* e verificou que nenhum foi resistente. O FR foi maior que 1 em todas as avaliações realizadas em diferentes condições de temperatura e duração do período experimental, mas, ocorreram variações entre os híbridos testados após 121 dias de inoculação sendo a variação dos FR de 4,0 a 15,4. Dias-Arieira et al. (2009) observaram a suscetibilidade do milho quando avaliaram a reação de diferentes gramíneas a *P. brachyurus*. O genótipo de milho BR 106 apresentou FR de 5,9 em condições controladas e 8.317 espécimes do nematoide por sistema radicular.

No Brasil, os estudos para a resistência da cultura do arroz à *Pratylenchus* são incipientes. Rack et al. (2013) realizaram estudos em condições controladas para avaliar a reação de dois isolados de *P. brachyurus*. As cultivares avaliadas foram o NA Cambará, BRS Cirad, BRSMG Curinga, NA Ipê, BRS Monarca, BRS Pepita, BRS Primavera, BRS Sertaneja e os híbridos Ecco Cl e Ecco. O resultado da avaliação mostrou que todas as

cultivares utilizadas e o híbrido Ecco CL foram suscetíveis a um dos isolados, com FR variando de 1,22 a 2,94. Enquanto que as cultivares BRSMG Curinga, BRS Ipê e BRS Setaneja foram resistentes ao segundo isolado e o híbrido Ecco foi resistente aos dois isolados aos 60 dias após a inoculação.

Ainda não existem genótipos de milho, soja e arroz resistentes à *P. brachyurus* no Brasil, algumas apresentam tolerância ou baixa multiplicação permitindo a redução do patógeno na área. Observa-se, portanto, que apesar do interesse crescente por estudos com o nematoide *P. brachyurus*, poucos resultados consistentes estão disponíveis, assim, a continuidade de tais estudos especialmente no que refere à resistência de hospedeiros é de extrema importância para o manejo de nematoides em áreas infestadas.

### 3 REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA A *Pratylenchus brachyurus*

#### RESUMO

O nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) tem crescido em importância em lavouras de soja nas últimas safras devido a seu aumento populacional e danos causados à cultura. Dentre as estratégias de manejo de nematoides, a utilização de resistência é uma das alternativas mais desejáveis. No entanto, até o momento não se dispõe de cultivares resistentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de cultivares de soja a *P. brachyurus* em condições controladas e em área naturalmente infestada. O experimento I foi conduzido na safra 2010/11, em área naturalmente infestada, em propriedade de soja no município de Paraúna, Goiás. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 70 tratamentos (cultivares), e seis repetições. As avaliações foram aos 30 DAS e 75 DAS. O experimento II foi realizado em condições semi-controladas de estufa, em delineamento inteiramente casualizado, 26 tratamentos (cultivares) e sete repetições. A avaliação foi realizada aos 60 DAI de 300 espécime por vaso. O experimento III foi conduzido em área naturalmente infestada em propriedade comercial de soja no município de Campinorte, Goiás. O delineamento foi inteiramente casualizado com 12 tratamentos, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com avaliações aos 30, 60 e 90 DAS com seis repetições. A colheita dos grãos foi realizada aos 131 DAS. No presente estudo as cultivares M-Soy 8360 RR, TMG 132 RR, Emgopa 313 RR e CD 237 RR foram as que apresentaram maior consistência nos resultados com comportamento de resistência. Não se pode afirmar, no entanto, que sejam resistentes, pois não se tem conhecimento ainda de genes de resistência a *P. brachyurus*. São cultivares, entretanto, que podem ser preferidas em áreas com elevadas populações deste nematoide e exploradas em programas de melhoramento genético. As cultivares P 98Y11, BRSGO 8560 RR e P 98Y51 também são promissoras por apresentarem tolerância a *P. brachyurus*, mas sua utilização deve ser monitorada já que multiplicam o nematoide.

*Palavras-chave:* *Glycine max*, nematoide das lesões radiculares, resistência.

#### ABSTRACT

#### REACTION OF SOYBEAN CULTIVAR TO *Pratylenchus brachyurus*

The nematodes of root lesions (*Pratylenchus brachyurus*) has grown in importance in soybean fields in recent harvests due to its increasing population and damage caused to the crop. Among the strategies for managing nematodes, the use of

resistance is one of the most desirable alternative. However, so far not available resistant cultivars. The objective of this study was to evaluate the response of soybean to *P. brachyurus* in controlled conditions and in naturally infested area. The first experiment was conducted in the 2010/11 season in naturally infested area owned by the Paraúna, Goiás, a completely randomized design with 70 treatments (cultivars), and six replications. The evaluation at 30 and 75 DAS, the second experiment was conducted under controlled greenhouse in a completely randomized design, 26 treatments (cultivars) and seven replicates. The evaluation was at 60 DAI with 300 *P. brachyurus* per pot. Experiment III was conducted in naturally infested soybean in commercial property in the city of Campinorte, Goiás. The design was completely randomized with 12 treatments in a split plot in time, with assessments at 30, 60 and 90 DAS with six replications. The grain harvest was performed at 131 DAS. In the present study the cultivars M-Soy 8360 RR, Emgopa 313 RR, TMG 132 RR and CD 237 RR showed the greatest consistency of results with the behavior of resistance. One can not say, however, that are resistant because there is no knowledge yet of genes of resistance to the nematode. Are cultivars, however, that may be preferred in areas with high populations of this nematode and exploited in breeding programs. The P 98Y11, BRSGO 8560 RR and P 98Y51 cultivars are also promising for presenting the nematode tolerance, but their use should be monitored since the nematodes multiply.

*Key words:* Glycine max, nematodes of root lesions, resistance.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo e uma das culturas mais importantes para a economia brasileira. Nas últimas safras tem ocorrido a expansão das áreas semeadas com essa cultura, na maioria dos estados brasileiros. De acordo com dados da Conab (2014), a área semeada com a soja foi de 30 milhões de hectare na safra 2013/2014, 8,3% superior à safra 2012/2013. Entre os principais fatores limitantes da produção dessa cultura, destacam-se os problemas fitossanitários causados por nematoides. No Brasil, seis espécies de fitonematoides causam perdas significativas na soja: o nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, o nematoide reniforme, *Rotylenchulus reniformis*, os nematoide das galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* e o nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus* (Dias et al., 2010).

O nematoide *P. brachyurus* é amplamente disseminado no Brasil e existem relatos da sua ocorrência em diversas culturas. Na cultura da soja a sua importância tem aumentado nos últimos anos, principalmente na região Centro-Oeste. Esse nematoide foi favorecido por mudanças no sistema de produção como o Plantio Direto, o uso da

irrigação, a sucessão com culturas hospedeiras como o milho, sorgo, espécies de gramíneas forrageiras e a semeadura da soja em áreas arenosas (Goulart, 2008; Inomoto et al., 2011).

Entre as principais medidas de controle para os nematoides destaca-se o uso de resistência genética (Tihohod, 1993). A utilização de cultivares resistentes ou tolerantes é uma medida de controle desejável em áreas infestadas por nematoides. Embora já se tenham alguns resultados preliminares de pesquisa com relação à resistência de cultivares de soja a *P. brachyurus*, os dados ainda não são conclusivos (Ribeiro et al., 2007; Dias et al., 2008; Rocha et al., 2008; Ferreira et al., 2009a; Faleiro et al., 2012)

Estudos de resistência a *P. brachyurus* têm sido conduzidos em condições de casa de vegetação e de campo, em diferentes locais no Brasil. No entanto, poucos avanços foram alcançados, observando-se, em alguns casos, resultados contraditórios. Isto pode ser atribuído a diferentes metodologias de estudo e a possível variabilidade do nematoide entre os diferentes locais de trabalho. Para Machado et al. (2006) e Inomoto et al. (2007) ocorre variabilidade das populações do nematoide e assim, diferenças na agressividade do nematoide das lesões radiculares, *P. brachyurus*.

Ferraz (1996) e Costa & Ferraz (1998) avaliaram diversas cultivares de soja a *P. brachyurus* e não encontraram nenhuma cultivar resistente. As pesquisas continuaram ao longo desses anos e mais recentemente, Ribeiro et al. (2007) avaliaram a reação de dezenas de genótipos de soja a *P. brachyurus* e não encontraram nenhuma cultivar com fator de reprodução abaixo de 1,0. As cultivares M-Soy 8360 RR e BRSGO Chapadões se destacaram por apresentarem os menores FR, corroborando os resultados de Machado (2009), ambos em condições controladas de casa de vegetação.

Em condições de campo, Dias et al. (2008) e Andrade et al. (2009) avaliaram a reação 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). Nos dois experimentos, não identificaram cultivares de soja resistente. No estudo de Dias et al. (2008) a cultivar M-Soy 8757 foi considerada suscetível a *P. brachyurus*, com o valor de 1,8 para as lesões formados pelo nematoide. No entanto, este genótipo foi considerado resistente por Alves et al. (2011), que encontraram, nesta cultivar, o menor FR dentre as diversas cultivares avaliadas (0,8).

O fato da interação de *P. brachyurus* com a soja não exigir necessidade de formação de célula especializada de alimentação, como ocorre com os nematoides de cisto (*H. glycines*) e de galhas (*Meloidogyne* spp.), os trabalhos são de difícil realização e podem

ocorrer dificuldades para encontrar plantas resistentes a *P. brachyurus* (Goulart, 2008). Quando fontes de resistência são conhecidas, estas são usadas nos cruzamentos ou tecnologias para transferência dos genes responsáveis pela resistência para cultivares com características agronômicas desejáveis. Se as fontes de resistência não são conhecidas, o primeiro passo é testar os genótipos já existentes. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a reação de cultivares comerciais de soja a *P. brachyurus*.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos, sendo dois em condições de campo e um sob condições semi-controladas de estufa. O primeiro experimento (experimento I) foi realizado em condições de campo naturalmente infestado, em área comercial de soja em sistema de plantio direto, município de Paraúna, Goiás no período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2011. Neste experimento foi avaliada a reação de 70 cultivares de soja, recomendadas para diferentes regiões do Brasil, ao nematoide *P. brachyurus*. Diante dos resultados desse primeiro experimento, houve a necessidade de validar os resultados das cultivares promissoras cujas densidades populacionais foram baixas ou que diminuiriam consideravelmente a sua densidade populacional durante o período das avaliações. Assim, foi realizado um segundo experimento (experimento II), escolhendo-se os melhores e os piores resultados no experimento I conforme disponibilidade de sementes na época do plantio. Foram utilizados 26 cultivares que foram testadas no experimento I. Este experimento foi realizado no período de outubro a dezembro de 2011, sob condições semi-controladas de estufa, no Campus experimental do Instituto Federal Goiano, em Ceres. O terceiro, (experimento III) foi realizado em campo naturalmente infestado em área comercial de soja em sistema de plantio direto, município de Campinorte, Goiás, no período de dezembro de 2012 a abril de 2013. Este experimento foi instalado em parcelas maiores com o objetivo de avaliar a produtividade e, assim, identificar possíveis genótipos com tolerância a *P. brachyurus*. Foram avaliadas 12 cultivares de soja, sendo cultivares que apresentaram resultados contraditórios nos dois primeiros experimentos ou que apresentaram baixas ou altas multiplicações do nematoides. A cultivar P98Y11 foi acrescentada neste ultimo experimento por existirem relatos de produtores de sua tolerância a *P. brachyurus*.

### 3.2.1 Experimento I

O experimento foi conduzido na safra 2010/2011 no município de Paraúna (16° 56' 54" S e 50° 27' 51" W), Estado de Goiás, em uma área naturalmente infestada por *P. brachyurus*. Foram semeadas 70 cultivares comerciais de soja, no dia 06 de dezembro de 2010. A semeadura foi realizada no campo em um delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. A parcela consistiu de uma linha de 50 cm de comprimento.

A área do estudo consistiu em 98 m<sup>2</sup> e foi delimitada em função de histórico de reboleiras na safra anterior. Antes da instalação do experimento, foram coletadas 20 subamostras de solo na área do experimento na profundidade de 0-20 cm para formar uma amostra composta de 500 gramas. Esse solo foi utilizado para análise prévia da densidade populacional de *P. brachyurus* no solo antes da instalação do experimento. A amostra foi acondicionada em saco plástico e levada ao laboratório para a realização de análise.

No Laboratório de Nematologia da Universidade Federal de Goiás (UFG), o solo coletado foi processado utilizando-se uma alíquota de 100 gramas, que foi submetida ao método de flutuação e centrifugação descrito por Jenkins (1964) e, em seguida, procedeu-se a identificação e quantificação de *P. brachyurus* com o auxílio de microscópio óptico utilizando-se uma câmara de Peters.

Para fins de avaliação da fertilidade, também foi coletada uma amostra de solo na área do experimento na profundidade de 0-20 cm. O solo foi acondicionado em embalagem plástica identificada e encaminhado para o Laboratório de Análise de Solo e Foliar (LASF) da UFG. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Paraúna, Goiás. 2011

<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca+Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>V</b>	<b>M.O</b>	<b>pH</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte</b>	<b>Areia</b>
Mg/dm <sup>3</sup>	Mg/dm <sup>3</sup>	mEq/100 cm <sup>3</sup>			%	%	%	%	%	%
3,5	77	1,7	0,3	5,3	15,8	1,6	4,4	42	21	37

No momento da instalação do experimento I, a soja semeada pelo produtor estava com 20 dias de idade. As plantas foram arrancadas e novos sulcos foram realizados para semeadura adensada das 70 cultivares de soja. Cada parcela foi composta por 50 cm

da linha no sulco permitindo a semeadura de 12 sementes de soja. O delineamento foi blocos inteiramente casualizado e seis repetições. As avaliações da densidade populacional do nematoide foram realizadas aos 30 e 75 dias após a semeadura (DAS).

Os tratos culturais inicialmente foram a aplicação de herbicida Roundup ® (glifosato com 648 g i.a. L<sup>-1</sup>, e dose de 1,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>). Esta aplicação foi feita pelo agricultor em pré-emergência, com aplicação tratorizada, em torno de quinze dias antes da instalação do experimento. A adubação foi realizada em sulcos em toda a área destinada ao plantio da lavoura de soja e foi composta pela aplicação de 475 kg ha<sup>-1</sup> da formula N-P-K (2-20-18), mais micronutrientes. Controle manual de plantas daninhas foi feito para a eliminação de plantas daninhas emergidas na área do experimento. Não foram efetuadas pulverizações para controle químico de doenças e pragas na área experimental.

A coleta das plantas para a extração e análise dos nematoides nas raízes foram realizadas aos 30 DAS e 75 DAS, retirando-se 3 plantas de cada parcela, com o auxílio de pá de jardinagem. A parte aérea foi descartada e as raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Nematologia da UFG.

Em laboratório, as raízes foram lavadas em água corrente para a eliminação das partículas de solo, e deixadas sobre papel toalha para a eliminação do excesso de água. Posteriormente foram pesadas em balança digital e cortadas em pedaços de aproximadamente dois centímetros de comprimento, sendo preparadas alíquotas de 10 gramas de raízes para a avaliação da densidade populacional de *P. brachyurus*. Nos casos em que o volume de raízes da amostra não chegava a 10 gramas, era feita extração do volume total das raízes e estimada a densidade populacional do nematoide proporcional a dez gramas por meio de regra de três simples.

As raízes foram levadas ao liquidificador, acrescidas 250 mL de água e trituradas por trinta segundos. A suspensão obtida foi vertida em uma peneira com malha de 100 “mesh” de abertura sobreposta a uma de 400 “mesh” de abertura. Os resíduos retidos na peneira de 100 “mesh” foram descartados e os nematoides retidos na peneira de 400 “mesh” foram transferidos para beckers de 50 mL. As amostras dos beckers foram levadas para centrífuga, primeiramente em solução com água e caolim e, posteriormente, com sacarose segundo metodologia descrita por Coolen & D’Herde (1972).

As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro para posterior quantificação dos nematoides. Os nematoides foram preservados em solução de Golden



com volume composto em 4% de formol comercial (40% de formaldeído), 1% de glicerina pura e 95% de água destilada (Hooper, 1970).

Em razão da baixa população inicial encontrada no solo no momento da instalação do experimento, adotou-se o número de nematoides encontrados nas raízes frescas aos 30 DAS e 75 DAS para fins de avaliação da densidade populacional do nematoide. A identificação das espécies de *Pratylenchus* das amostras foi realizada analisando-se 10 amostras aleatoriamente das avaliações aos 30 DAS e aos 75 DAS, identificando-se ao acaso dez indivíduos de cada amostra. Tanto a identificação como a quantificação dos fitonematoides das amostras dos experimentos foram realizadas com o auxílio de microscópio óptico utilizando-se uma câmara de Peters.

Os dados do experimento foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância. Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade para a variável densidade populacional. Estas análises foram implementadas no aplicativo computacional SAS (1999). Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em log x segundo Box & Cox (1964).

### 3.2.2 Experimento II

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, GO (15° 21' 00'' S e 49° 35' 57'' W) em condições semi-controladas de estufa, coberta com polietileno e com as laterais abertas. Nesta estrutura os recipientes eram colocados diretamente sobre piso cimentado. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 26 tratamentos (cultivares), com sete repetições. As parcelas constituíram-se de copos plásticos com capacidade para 500 mL preenchidos com substrato composto por uma mistura de solo e areia na proporção de 1:1. O substrato foi previamente esterilizado por autoclavagem. A instalação do experimento ocorreu em 10 de outubro de 2011. Foram semeadas quatro sementes em cada copo, sendo feito o desbaste aos 10 DAS deixando-se duas plântulas por copo.

A população de *P. brachyurus* foi obtida de solo naturalmente infestado do município de Paraúna, Goiás (área do experimento I) e multiplicada em plantas de milho, híbrido AG 1051 semeado em uma estrutura de alvenaria de dois metros de diâmetro e

cinco metros de profundidade, enterrado em área aberta. Esta estrutura foi mantida em propriedade rural no município de Nova Glória, Goiás (15° 08' 35" e 49° 34' 16"). O inóculo foi obtido das plantas de milho, que foram submetidas à extração do nematoide aos 60 DAS. A inoculação foi realizada aos 10 DAS depositando-se 4 mL da suspensão contendo 300 espécimes de *P. brachyurus* por parcela (copo) em orifícios de 2 cm de profundidade e próximo ao colo das plântulas.

Diariamente, a partir da data da semeadura, foram feitas regas conforme a necessidade de suprimento ao solo, tendo-se o cuidado de não encharcar o substrato. Dois dias antes de finalizar os experimentos a irrigação foi suspensa para facilitar a remoção e separação das raízes do solo.

A coleta das plantas para a extração e análise de nematoides nas raízes foi realizada aos 60 dias após a inoculação (DAI). A parte aérea foi descartada e as raízes acondicionadas em sacos plásticos e em seguida levadas ao Laboratório de Nematologia da UFG, onde foram submetidas aos mesmos procedimentos descritos no experimento I para a obtenção de massa fresca das raízes e extração de nematoides, segundo metodologia proposta por Coolen & D'Herde (1972).

O Fator de reprodução (FR) dos nematoides em cada cultivar foi calculado pela razão entre a população final e a população inicial ( $P_f/P_i$ ). A população inicial considerada foi a concentração do inóculo de 300 espécimes por vaso e a população final, o total de nematoides obtidos no volume total de raízes aos 60 DAI.

Os dados do experimento foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância. Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade para as variáveis densidade populacional e FR. Estas análises foram realizadas no aplicativo computacional R (R Development Core Team, 2013). Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em  $\log x$  para a variável densidade populacional e em  $\sqrt{x+1}$  para a variável FR segundo Box & Cox (1964).

### 3.2.3 Experimento III

O experimento foi conduzido na safra 2012/2013 no município de Campinorte, Estado de Goiás (14° 18' 50" S e 49° 9' 7" W), em uma área naturalmente infestada por *P. brachyurus*, sob sistema de plantio direto. A área total do experimento consistiu em 777 m<sup>2</sup>

e foi delimitada em função de histórico de reboleiras na safra anterior. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 tratamentos, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com avaliações aos 30 DAS, 60 DAS e 90 DAS, com seis repetições. Os tratamentos consistiram de 12 cultivares comerciais de soja, que foram semeadas manualmente no dia 04 de dezembro de 2012.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas com seis metros de comprimento, onde foram semeadas 12 a 14 sementes por metro linear, respeitando-se um espaçamento entre linhas de 45 cm. As duas linhas centrais, respeitando-se uma bordadura de 50 cm de cada lado, foram destinadas para a colheita dos grãos e estimativa da produtividade. As duas linhas laterais foram destinadas à coleta de plantas para a extração e análise de nematoides.

Para fins de avaliação da fertilidade do solo foi coletada uma amostra composta de solo na área experimental a uma profundidade de 0 - 20 cm. O solo foi acondicionado em embalagem plástica identificada e encaminhado para o laboratório Terra Análises Agropecuária LTDA para a determinação das características físicas e químicas do solo. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Campinorte, Goiás. 2013

<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca+Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>V</b>	<b>M.O</b>	<b>pH</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte</b>	<b>Areia</b>
Mg/dm <sup>3</sup>	Mg/dm <sup>3</sup>	mEq/100 cm <sup>3</sup>			%	%	%	%	%	%
2	36	2,9	0,0	2,2	1	5,4	5,4	23	8	69

Os tratos culturais, realizados durante a condução do experimento foram inicialmente, o controle das plantas daninhas feito com a aplicação de herbicida Roundup ® (glifosato com 648 g i.a. L<sup>-1</sup>, e dose de 1,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>). Esta aplicação foi feita pelo agricultor em pré-emergência, com aplicação tratorizada quinze dias antes da semeadura do experimento. A adubação foi composta por aplicação de 475 kg ha<sup>-1</sup> da formula N-P-K (0-18-18), mais micronutrientes, no sulco de plantio. Aos 40 DAS foi realizada adubação foliar aplicando o produto comercial Quimifol MN 11 ® (Manganês com 137 g i.a. L<sup>-1</sup>, e dose de 1,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>). Aos 30 DAS e 60 DAS foram realizadas capinas manuais para a eliminação de plantas daninhas emergidas na área do experimento. O controle de lagartas foi realizado aos 30 DAS e 50 DAS com o inseticida Intrepid 240 SC® (Metoxifenoza

com 240 g i.a. L<sup>-1</sup> e dose de 80 mL. ha<sup>-1</sup>). Aos 60 DAS foi realizado controle químico para a ferrugem asiática através da aplicação dos fungicidas Priori Xtra® (azoxistrobina + Ciproconazol com 200 e 80 g i.a.L<sup>-1</sup> respectivamente e dose de 300 mL p.c. ha<sup>-1</sup>).

As avaliações da densidade populacional do nematoide (*P. brachyurus*/10 gramas) foram realizadas aos 30 DAS, 60 DAS e 90 DAS retirando-se três plantas aleatoriamente nas linhas laterais da parcela. A parte aérea foi descartada e as raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Nematologia da UFG. No laboratório, as raízes foram submetidas aos mesmos procedimentos descritos nos experimentos I e II para a obtenção de massa fresca das raízes e extração de nematoides, segundo metodologia proposta por Coolen & D'Herde (1972).

A identificação e quantificação dos fitonematoides das amostras do experimento foram realizadas com o auxílio de microscópio óptico com o auxílio de câmara de Peters. A identificação das espécies de *Pratylenchus* das amostras foi realizada analisando-se 10 amostras aleatoriamente das avaliações aos 30, 60 e 90 DAS, identificando-se ao acaso dez indivíduos de cada amostra.

A colheita dos grãos foi realizada aos 131 DAS. Os grãos foram colhidos das plantas em cinco metros das duas linhas centrais da parcela, desprezando-se as bordaduras. As plantas, após a coleta da parte aérea, foram acondicionadas em sacos, identificadas e encaminhadas para o Departamento de Agronomia do Instituto Federal Goiano-Campus Ceres para beneficiamento e pesagem dos grãos.

Amostras de 60 gramas de cada parcela foram encaminhadas para o Departamento de Classificação de Grãos da Agencia Goiana de Defesa Agropecuária-AGRODEFESA para a determinação da umidade. A umidade das amostras foi determinada utilizando-se o aparelho universal modelo GEHAKA. Posteriormente, calculou-se a produtividade, corrigindo-se a umidade para 13% (Embrapa, 2009):

$$\text{Kg/ha: } (100-\text{US})\text{PP}/(100-13)\text{AP}/10$$

Onde:

US: Umidade da semente; PP: peso por parcela, em Kg; AP: área útil da parcela (m<sup>2</sup>).

Os dados do experimento foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância. Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade para a variável densidade populacional e em nível de 1% para a variável produtividade. Estas

análises foram implementadas no aplicativo computacional R (R Development Core Team, 2013). Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em  $\log x$  para a variável densidade populacional. As análises de regressões foram realizadas quando as épocas de avaliação influenciaram significativamente a variável densidade populacional.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares comerciais avaliadas nos experimentos I, II e III são recomendadas para varias regiões do Brasil, procedentes de diferentes instituições e programas de melhoramento. O intuito foi avaliar o maior número possível de cultivares, sendo limitado à disponibilidade de sementes na época da instalação dos experimentos.

Observa-se que, de uma maneira geral, no experimento I (Tabela 3.3) a densidade populacional foi alta para a maioria das cultivares nas duas épocas de avaliação. Aos 30 DAS, o número de nematoides variou de 216 a 4957 e, aos 75 DAS, de 177 a 3215 espécimes de *P. brachyurus* por 10 gramas de raízes. Mesmo com essa variação, as cultivares avaliadas permaneceram estatisticamente iguais ( $p < 0,05$ ) aos 30 DAS. Isto se deve a variação do nematoide no campo, e, mesmo dentro da reboleira pode ocorrer heterogeneidade da sua distribuição (Goulart, 2010).

A avaliação da segunda época discriminou melhor as cultivares. O teste de médias mostrou diferença significativa entre as cultivares ( $P < 0,05$ ), destacando-se 13 cultivares que apresentou as menores densidades populacionais. No entanto, estas somente diferiram significativamente da cultivar BRSGO Caiapônia que apresentou-se como a mais suscetível, apresentando a maior densidade populacional do nematoide aos 75 DAS e foi considerado o padrão de suscetibilidade neste ensaio para *P. brachyurus*.

Aos 75 DAS, a maioria das cultivares diminuíram a sua densidade populacional em relação à primeira avaliação. No total, 59 cultivares diminuíram a densidade populacional do nematoide.

**Tabela 3.3** Densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* aos 30 e 75 dias após a semeadura (DAS) em área naturalmente infestada no município de Paraúna, Goiás, 2011

N	Cultivares	<i>P.brachyurus</i> /10 gramas <sup>1</sup>				Cultivares	<i>P.brachyurus</i> /10 gramas <sup>1</sup>				
		30 DAS		75 DAS			30 DAS		75 DAS		
1	BRSO Caiapônia	670	a	3215	a	36	TMG 1181 RR	2193	a	458	ab
2	BRSO 7360	585	a	1311	ab	37	M-SOY 8925	3243	a	458	ab
3	BRSO Goiânia	216	a	1061	ab	38	P 98Y51	1937	a	451	ab
4	Nidera 7337 RR	1040	a	1039	ab	39	Emgopa 313 RR	1641	a	436	ab
5	CD 236 RR	316	a	935	ab	40	M-SOY 8866	3264	a	433	ab
6	BRSO 8661 RR	1393	a	906	ab	41	BRS Graciosa	963	a	425	ab
7	BRS 320	489	a	838	ab	42	TMG 123 RR	1102	a	418	ab
8	CD 242 RR	1029	a	762	ab	43	BRS Jeripoca	850	a	418	ab
9	M-SOY 8360 RR	1056	a	747	ab	44	TMG 1176 RR	507	a	417	ab
10	NA 8843 cv	1255	a	735	ab	45	P 98Y70	823	a	412	ab
11	TMG 127 RR	889	a	721	ab	46	M-SOY 8411	925	a	404	ab
12	M-SOY 8008 RR	2680	a	695	ab	47	M-SOY 9350	2047	a	389	ab
13	BRS 319 RR	1715	a	690	ab	48	BRSO 7760 RR	1627	a	384	ab
14	CD 240 RR	1084	a	682	ab	49	BRS 206	648	a	383	ab
15	M-SOY 7211	632	a	677	ab	50	BRSO 8360	1128	a	376	ab
16	BRSO Chapadões	433	a	647	ab	51	TMG 1188 RR	2321	a	366	ab
17	M-SOY 7639 RR	895	a	643	ab	52	BRSO 7561 RR	1970	a	363	ab
18	TMG 131 RR	584	a	628	ab	53	TMG 132 RR	3395	a	360	ab
19	NS 8270 cv	1963	a	623	ab	54	M-SOY 8800	960	a	317	ab
20	NS 7490	1888	a	619	ab	55	BRSO 7960	787	a	304	ab
21	BRSO Luziânia RR	4957	a	597	ab	56	TMG 1182 RR	1300	a	300	ab
22	BRS Péta	1794	a	595	ab	57	BRS 292 RR	650	a	300	ab
23	TMG 1179 RR	904	a	577	ab	58	BRSO Paraíso	3358	a	288	b
24	ANTA 82 RR	1637	a	558	ab	59	TMG 1288 RR	273	a	288	b
25	BRSO 9160 RR	1387	a	553	ab	60	TMG 7188 RR	693	a	278	b
26	BRS 291 RR	1175	a	551	ab	61	CD 229 RR	719	a	249	b
27	BRSO 8560 RR	906	a	495	ab	62	BRS Valiosa RR	1561	a	243	b
28	BRS Aurora	1163	a	495	ab	63	TMG 1187 RR	1698	a	236	b
29	BRS Barreiras	3067	a	491	ab	64	TMG 133 RR	703	a	235	b
30	NA 8015 RR	2138	a	488	ab	65	BRS Pirarara	2777	a	230	b
31	BRSO 8660	473	a	483	ab	66	CD 245 RR	468	a	220	b
32	M-SOY 8585	2958	a	477	ab	67	TMG 103 RR	1028	a	203	b
33	CD 237 RR	599	a	473	ab	68	M-SOY 8199	1397	a	186	b
34	CD 219 RR	656	a	468	ab	69	BRSO 8860	1065	a	179	b
35	BRS Raimunda	363	a	460	ab	70	M-SOY 9144	1375	a	177	b
CV%		16.7		13.3				16.7		13.3	

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Para a análise de variância os dados foram transformados em log (x).

Entre essas cultivares, se destacaram: BRSGO Luziânia RR, TMG 132 RR, BRSGO Paraíso, M-Soy 8866, BRS Pirarara, TMG 1187 RR, M-Soy 8199 e TMG 1182 RR por reduzirem mais de 85% da densidade populacional na segunda época de avaliação (Tabela 3.3). É importante destacar que os nematoides extraídos nessa segunda avaliação representam o somatório dos que invadiram as raízes mais o resultado de sua multiplicação (Georgi et al., 1983).

Esse comportamento da soja foi observado por Ferreira et al. (2009a), em ensaio conduzido em condições de campo infestado por *P. brachyurus*, onde a maioria das cultivares diminuíram a densidade populacional ainda aos 60 DAS, comprovando que na cultura da soja, com exceção das cultivares mais suscetíveis, ocorre a diminuição da população do nematoide no estágio reprodutivo da cultura. Comportamento diferente foi obtido por Faleiro et al. (2012) no qual observaram crescimento significativo da população do nematoide aos 90 DAS para os genótipos BRS Favorita e BRSGO Chapadões.

Entre as cultivares que aumentaram a densidade populacional do nematoide aos 75 DAS, merece destaque as cultivares BRSGO Caiapônia e BRSGO Goiânia, que aumentaram 80% a sua densidade em relação à avaliação aos 30 DAS. Este resultado, corrobora com os de Machado (2009) que encontrou os maiores FR para essas cultivares, entre outras avaliadas, em ensaio sob condições controladas.

Ferreira et al. (2009a) também encontraram densidade populacional alta de *P. brachyurus* aos 60 DAS em campo para a cultivar BRSGO Caiapônia em comparação com outras cultivares. Por outro lado, Ribeiro et al. (2007) encontraram um dos menores FR para a cultivar BRSGO Goiânia, em ensaio sob condições controladas com avaliação aos 90 DAI. No caso deste último estudo é possível que a avaliação tardia tenha resultado em uma subestimação da população do nematoide, já que estudos têm mostrado redução populacional quando as plantas entram no estágio reprodutivo (Ferreira et al., 2009a).

As cultivares BRSGO Luziânia RR, M-Soy 8866 e BRSGO Paraíso que no experimento I apresentaram densidades populacionais intermediárias, corroboram com os resultados encontrados por Dias et al. (2008) também em condições de campo. Enquanto que Ribeiro et al. (2007) e Alves et al. (2011) consideraram a cultivar M-Soy 8866 suscetível, observando FR pra esta cultivar variando de 3,4 a 14.

Diante dos resultados encontrados no experimento I foi conduzido o segundo experimento, em condições semi-controladas de estufa com a avaliação de 26 cultivares. A maioria das cultivares escolhidas foram as que diminuíram a densidade populacional na segunda avaliação em mais de 50% com exceção das cultivares TMG 1288RR, BRSGO Caiapônia, BRSGO Goiânia e BRSGO Chapadões que aumentaram a sua densidade populacional na segunda avaliação.

Os resultados para a densidade populacional e o FR (Tabela 3.4) confirmam a hospedabilidade das cultivares de soja a *P. brachyurus*, como os resultados encontrados em condições de campo. Encontrou-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as cultivares quanto à reação ao nematoide e entre as cultivares testadas sete cultivares apresentaram  $FR < 1$  e foram consideradas resistentes ao nematoide.

**Tabela 3.4** Densidade populacional e Fator de reprodução (FR) de *Pratylenchus brachyurus* aos 60 dias após a inoculação (DAI) de 300 espécimes sob condições semi-controladas de estufa, Ceres, GO. 2011

N	Cultivares	<i>P. brachyurus</i> /10 gramas <sup>1</sup>	FR <sup>2</sup>
1	CD 229 RR	2679 a	3.9 a
2	M-SOY 8008 RR	2058 a	3.4 a
3	TMG 1288 RR	1607 a	2.4 b
4	TMG 1182 RR	1164 a	2.3 b
5	BRS 319 RR	1667 a	2.3 b
6	BRS Valiosa RR	1587 a	2.2 b
7	BRS GO 8860	1661 a	2.1 b
8	Emgopa 313 RR	1469 a	1.9 b
9	BRSGO Caiapônia	1482 a	1.9 b
10	BRS Favorita RR	826 a	1.9 b
11	CD 219 RR	1171 a	1.9 b
12	BRSGO 7960	1100 a	1.7 b
13	BRS 292 RR	896 a	1.6 c
14	CD 240 RR	1054 a	1.5 c
15	TMG 103 RR	747 a	1.4 c
16	BRS Luziânia RR	1447 a	1.4 c
17	BRSGO Goiânia	1171 a	1.3 c
18	M-SOY 9144 RR	722 a	1.3 c
19	BRSGO Paraíso	668 b	1.1 c
20	BRSGO 8560 RR	356 b	0.9 c
21	M-SOY 8411	692 b	0.9 c
22	M-SOY 7639 RR	787 a	0.8 c
23	TMG 132 RR	461 b	0.7 c
24	M-SOY 8360 RR	488 b	0.6 c
25	BRSGO Chapadões	628 b	0.5 c
26	CD 237 RR	349 b	0.3 c
CV%		12	20

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.  
<sup>1</sup>dados transformados em  $\log x$ . <sup>2</sup>dados transformados em  $\sqrt{x+1}$ .



Neste segundo experimento, a densidade populacional de *P. brachyurus* aos 60 DAI, variou de 349 a 2679 e o teste de medias ( $p < 0,05$ ) separou as cultivares em dois grupos. Entre as 26 cultivares, sete apresentaram as menores densidades populacionais diferindo significativamente das demais (Tabela 3.4) e compondo o grupo das cultivares resistente.

Com relação ao FR, este obteve uma variação de 0,3 a 3,9 e o teste de medias ( $p < 0,05$ ) separou as cultivares em três grupos: As cultivares CD 229 RR e M-Soy 8008 RR apresentaram os maiores FR permanecendo no grupo das cultivares mais suscetíveis, outras dez cultivares foram intermediárias e quatorze apresentaram os menores FR, sendo que, entre estas cultivares de menores FR mereceram destaques a BRSGO 8560 RR, M-Soy 8411, M-Soy 7639 RR, TMG 132 RR, M-Soy 8360 RR, BRSGO Chapadões e CD 237 RR por apresentarem FR menores que 1. As cultivares TMG 132 RR, BRSGO Paraíso, TMG 103 RR, BRS Luziânia RR e M-Soy 9144 RR confirmaram, no presente experimento, seu comportamento de resistência observado no experimento I em condições de campo onde tiveram a redução do nematoide acima de 80% na avaliação aos 75 DAS.

Estudos semelhantes foram conduzidos por Costa & Ferraz (1998) e Ferraz (1996), esses autores também observaram a hospedabilidade da cultura da soja a *P. brachyurus*, todas as cultivares avaliadas hospedaram o nematoide. Nestes estudos nenhuma cultivar foi resistente corroborando com os nossos resultados. No entanto, observa-se em ambos os trabalhos que as cultivares apresentam diferentes graus de suscetibilidade e podemos aferir que, as cultivares que apresentaram as menores densidades populacionais do nematoide durante o período de condução da cultura possa ser resistentes ao nematoide.

Alguns resultados sobre a reação de cultivares de soja ao nematoide *P. brachyurus* tem sido contraditórios neste estudo e em outros realizados no Brasil. Este fato pode ser explicado por adoção de diferentes metodologias, condições ambientais, característica do solo e diferenças de agressividade entre populações de *P. brachyurus*.

Estudos mostram que existem diferenças na agressividade de populações de *P. brachyurus*. Essas populações podem se apresentar mais ou menos agressivas, interferindo na infectividade do patógeno. Inomoto et al. (2007) observaram este fato em trabalho avaliando a reação de plantas de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*, além da cultivar de soja BRSM T Pintado à dois isolados de *P. brachyurus* (Pb<sub>20</sub> e Pb<sub>24</sub>) oriundos de diferentes

locais. Para todas as plantas avaliadas o FR foi maior quando utilizou-se o isolado Pb<sub>24</sub>. A soja utilizada no ensaio destacou-se por ter a maior variação entre os isolados de *P. brachyurus*. O FR foi 10,6 quando utilizou-se o isolado Pb<sub>20</sub> e de 59,6 para o Pb<sub>24</sub>.

Considerando as condições ambientais, a umidade é a que mais interfere no desenvolvimento de *P. brachyurus* (Koenning et al., 1985). A sobrevivência de *P. brachyurus* em condições de baixa umidade é diminuída chegando a ficar em condições de anidrobiose a partir de 30 dias sem irrigação (Neves et al., 2012). Para Dinardo-Miranda et al. (1997), que estudaram a flutuação populacional dos nematoides *P. brachyurus* e *M. incognita* na cultura do abacaxi, o aumento da umidade do solo provocada pela pluviosidade coincide com os maiores picos populacionais dos nematoides.

Diante disso, é recomendável que as seleções das cultivares quanto a resistência levem em consideração a utilização de diferentes populações dos nematoides e que os ensaios sejam conduzidos em diferentes condições (Carneiro et al., 2005). Em condições de campo, tanto a planta quanto o nematoide são passíveis de interações com outros microrganismos, sejam eles benéficos ou fitopatogênicos. Isso não acontece em condições controladas, com substrato estéril devido ao processo prévio de autoclavagem.

Diante destas contradições foi conduzido um terceiro experimento (III) em que avaliou-se, além da população do nematoide, a produtividade das cultivares visando identificar possível tolerância a *P. brachyurus*. Foram testadas 12 cultivares de soja conforme a disponibilidade de sementes na época da semeadura. A cultivar BRSGO Caiapônia foi utilizado como padrão de suscetibilidade, as cultivares M-Soy 8360 RR, TMG 132 RR, BRSGO 8560 RR, CD 237 RR e BRSGO Chapadões apresentaram baixos FR no segundo experimento, a cultivar BRSGO Paraíso apresentou baixo FR no segundo experimento, a cultivar Emgopa 313 RR apresentou resultados intermediários nos dois primeiros experimento. Avaliou-se também as cultivares P 98Y51 e NA 7337 RR avaliadas apenas no primeiro experimento e com densidades populacionais altas e a cultivar P 98Y11 foi incluída por ser considerada pelos agricultores como tolerante a *P. brachyurus*.

Aos 30 DAS a densidade populacional do nematoide foi baixa e não houve diferença entre as cultivares (Tabela 3.5). Aos 60 DAS houve aumento populacional em todas as cultivares, que foram divididas em três grupos pelo teste de médias ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 3.5** Densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* em área naturalmente infestada e Produtividade da cultura da soja. Campinorte, Goiás. 2013

N	Cultivares	Ciclo (dias)	<i>P. brachyurus</i> /10 gramas <sup>1</sup>						Produtividade/ kg há	
			30 DAS		60 DAS		90 DAS			
1	BRS GO 8560 RR	< 125	91	a	1856	b	3976	a	2.176	a
2	BRS GO Paraíso	126 a 145	145	a	1220	c	3416	a	-	-
3	P 98Y11	105 a 110	100	a	1741	b	3393	a	1.990	a
4	BRS GO Caiapônia	123 a 130	149	a	5511	a	3157	a	1.136	b
5	P 98Y51	109 a 128	274	a	1799	b	2620	a	2.534	a
6	CD 237 RR	126 a 140	159	a	1171	c	1879	b	2.312	a
7	BRS Valiosa RR	>140	100	a	1491	b	1876	b	1.869	a
8	TMG 132 RR	110	169	a	746	c	1726	b	2.151	a
9	NA 7337 RR	>140	97	a	1364	c	1474	b	1.267	b
10	M-Soy 8360 RR	137 a 145	125	a	1701	b	1474	b	2.251	a
11	BRS GO Chapadões	126 a 140	167	a	1049	c	1034	b	1.324	b
12	Emgopa 313 RR	105 a 120	88	a	647	c	739	b	-	-
CV%			9,8						21	

Medias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para os dados de densidade populacional e 1 % para os dados de produtividade. <sup>1</sup>Para a análise de variância os dados foram transformados em log x.

A cultivar BRS GO Caiapônia apresentou a maior densidade populacional entre as doze cultivares e a sua densidade foi 66% maior do que a segunda maior densidade populacional do experimento obtida pela cultivar BRS GO 8560 RR que permaneceu no segundo grupo com outras quatro cultivares. As cultivares BRS GO Paraíso, NA7337 RR, Emgopa 313 RR, CD 237 RR, BRS GO Chapadões e TMG 132 RR foram as cultivares que apresentaram as menores densidades populacionais aos 60 DAS. Aos 90 DAS o teste de medias ( $P < 0,05$ ) separou as cultivares em dois grupos o primeiro das cultivares com maior densidade populacional do nematoide (suscetíveis) e o segundo grupo o das cultivares com menores densidades populacionais (resistentes) e esta avaliação norteou a confecção dos gráficos da análise de regressão (Figura 3.1).

A cultivar BRS GO Caiapônia permaneceu com a maior densidade e foi estatisticamente igual às cultivares BRS GO Paraíso, P 98Y11, BRS GO 8560 RR e P 98Y51. Todas essas cultivares aumentaram as suas densidades populacionais ao longo do período experimental. As cultivares que ficaram no grupo das cultivares com as menores

densidades populacionais foram a BRS Valiosa RR, NA 7337 RR, M-Soy 8360 RR, Emgopa 313 RR, BRSGO Chapadões e TMG 132 RR, sendo que essas cultivares permaneceram com as menores densidades populacionais desde os 60 DAS. A análise de regressão mostrou que o modelo quadrático foi o que melhor representou o comportamento do desenvolvimento do nematoide ao longo das épocas de avaliação (Figura 3.1).

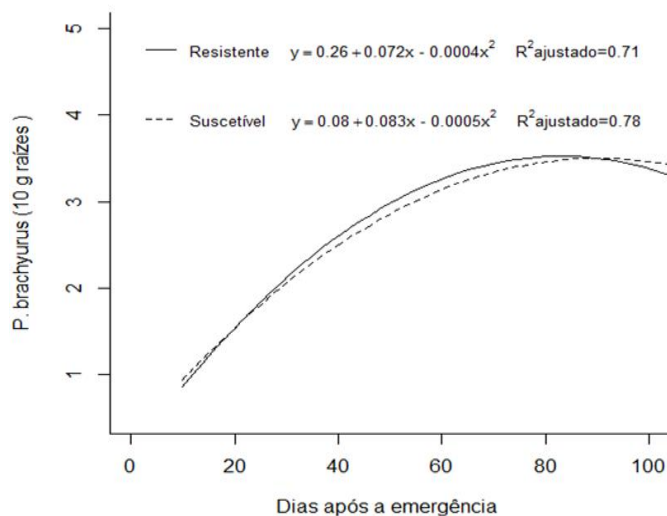
O aumento da densidade populacional do nematoide foi progressiva até os 70 dias para a cultivar BRSGO Caiapônia, de 92 e 93 dias para as cultivares CD 237 RR e P 98Y11 respectivamente, enquanto as demais, variaram entre 77 a 87 dias, declinando após esse período, conforme apontados pelo ponto de máxima nas equações da análise de regressão. Observa-se que após este ponto de máxima a densidade do nematoide passa a diminuir. Cultivares de hábito de crescimento determinado, caso de todas as cultivares testadas no experimento, paralisam o seu crescimento após o florescimento. Ao entrar no estágio reprodutivo, a planta já atingiu aproximadamente 90% da sua altura e matéria seca final (Sediyama et al., 2009), isso pode explicar o fato da densidade de *P. brachyurus* ter declinado dos 70 aos 93 DAS, dependendo da cultivar (Figura 3.1).

Esta variação pode ter coincidido com a mudança do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo das plantas. Como as raízes deixam de crescer, não há aumento da disponibilidade de sítios de alimentação para os nematoides. Assim, ocorre maior competição entre eles por alimento forçando a sua saída da planta ou reduzindo a sua multiplicação. Smolik & Wicks (1987) observaram a diminuição de *P. hexincisus* e *P. scribneri* quando ocorreu a redução da massa radicular de plantas de milho. O fato da cultivar BRSGO Paraíso ser de ciclo tardio, possuindo o estágio vegetativo mais longo e, também alta suscetibilidade, pode explicar o aumento linear da densidade de *P. brachyurus*, observado no presente experimento. resultado da análise nematológica realizadas em amostra coletada na área experimental antes da semeadura da soja, apresentou baixa população de *P. brachyurus*. O que explica esse fato é a característica desse nematoide ser um endoparasita migrador e possuir característica comum de se alojar em raízes (Castillo & Vovlas, 2007). O nematoide pode migrar verticalmente, aprofundando no perfil do solo, permanecer dentro de restos de raízes de plantas mortas ou ir em encontro de raízes de plantas daninhas (Egunjobi & Bolaji, 1979; Dickson & Mcsorley, 1990; Bélair et al. 2007).

Neste terceiro experimento, nenhuma cultivar foi considerada resistente, mas destacaram-se as cultivares BRS Valiosa RR, M-Soy 8360 RR, CD 237 RR e TMG 132 por apresentarem baixas densidades populacionais ao longo do período experimental e, estarem no grupo das cultivares com as mais altas produtividades. A cultivar BRSGO 8560 RR apresentou nos três experimentos valores promissores para o FR e a produtividade foi uma das mais altas. Esta cultivar foi testada no estudo de Ferreira et al. (2009a) em condições de campo naturalmente infestado e, também encontraram resultados promissores para esta cultivar sendo a densidade populacional de *P. brachyurus* uma das mais baixas aos 60 DAS.

A produtividade foi baixa em todas as cultivares avaliadas em comparação com a média do Estado de Goiás, que foi de 2.965 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2012/2013 (Conab, 2014). A falta de chuvas, no início do período de desenvolvimento da soja pode ter sido a razão das baixas produtividades. Ainda assim, o teste de médias ( $p < 0,01$ ) separou as cultivares em dois grupos, sendo que aquelas que tiveram comportamento de moderadamente resistentes estão entre as que apresentaram maior produtividade (Tabela 3.6).

As cultivares BRSGO Caiapônia, BRSGO Chapadões e NA 7337 RR foram as que apresentaram menores produtividades. A cultivar BRSGO Caiapônia, que foi uma das que apresentaram a maior suscetibilidade ao nematoide, também foi a que apresentou menor produtividade o que é esperado, pois, o dano provocado pelo nematoide às raízes pode levar a essa queda na produtividade (Schmitt & Barker, 1981). Por outro lado, observou-se que as cultivares P 98Y11, BRSGO 8560 RR e P 98Y51 que foram classificadas estatisticamente como suscetíveis, tiveram produtividade estatisticamente iguais às cultivares que obtiveram as menores densidades populacionais. Com isto, inferiu-se que estas cultivares apresentam tolerância à *P. brachyurus*, pois, mesmo sendo bastante atacadas pelo nematoide, não sofrem prejuízo na produtividade. As cultivares BRSGO Paraíso e Emgopa 313 RR apresentaram baixos estandes, o que prejudicou muito a avaliação de produtividade de grão sendo assim descartadas (Tabela 3.6).



**Figura 3.1** Densidade populacional de *P. brachyurus* em doze cultivares de soja em função das épocas de avaliação (Dias após sementeira).

O nematoide *Pratylenchus* causa danos em diversas culturas, mas são poucos os estudos quantificando essas perdas na produtividade. Schmitt & Barker (1981) avaliaram os danos em cultivares de soja resistente e suscetível aos nematoides *P. penetrans* e *P. brachyurus*. Esses autores comprovaram que a produtividade diminuiu nas cultivares suscetíveis com o aumento da população inicial dos nematoides no solo e foi acentuada em solo com maiores teores de areia. Nicol et al. (1999) avaliando danos na produção de trigo, afirmaram que a produtividade diminuiu 27% em cultivares suscetíveis a *P. thornei*. Em estudos avaliando a produtividade da cultura do arroz em área infestada por *P. zaeae*, Plowright et al. (1990) observaram que uma cultivar suscetível aumentou cerca de 13 a 29% a sua produtividade quando o nematoide foi controlado com nematicida.

De maneira geral, neste terceiro estudo, todas as cultivares apresentaram densidades populacionais menores na primeira avaliação aos 30 DAS e maiores na segunda avaliação em comparação ao primeiro estudo, também em condições de campo. Vários fatores podem ter influenciado esse resultado, como diferentes condições ambientais nos períodos dos experimentos, diferenças na agressividade das populações do nematoide, nível de inóculo no solo e propriedades físicas e químicas diferentes dos solos (Machado et al., 2006; Neves et al., 2012; Moore & Lawrence, 2013).

No período inicial do terceiro ensaio, ocorreu um veranico na região de Campinorte, Goiás, fato esse que, explica as densidades populacionais terem sido mais baixas aos 30 DAS em relação ao primeiro ensaio conduzido em Paraúna, Goiás, onde as condições de umidade foram regulares ao longo do período do experimento. Com o restabelecimento da umidade do solo devido a regularidade das chuvas, observa-se que a densidade populacional do nematoide aumentou consideravelmente nas avaliações seguintes, apresentando altas densidades. Neves et al. (2012) observaram que a sobrevivência de *P. brachyurus* em condições de baixa umidade é diminuída e a anidrobiose pode ocorrer a partir de 30 dias sem umidade. Dinardo-Miranda et al. (1997) estudando a flutuação populacional de *P. brachyurus*, observaram que o aumento da umidade do solo coincide com os maiores picos populacionais de *P. brachyurus*.

Os resultados das análises físicas e químicas dos solos realizadas na área experimental do experimento I (Tabela 3.1) e do experimento III (Tabela 3.3) caracterizam os dois solos com baixa fertilidade, acidez elevada, típico dos solos da região do cerrado brasileiro (Embrapa, 2006), o que pode ter favorecido o desenvolvimento do nematoide. Para Debiase et al. (2011), em solos com maior acidez ocorre menor disponibilidade de cálcio e magnésio e aumenta a intensidade dos sintomas ocasionados à soja por *P. brachyurus*. É importante também observar os diferentes teores de areia nos dois solos. O solo do terceiro experimento apresentou teor de areia bem mais elevado, o que pode explicar a ocorrência de maiores densidades de *P. brachyurus* neste experimento. Estudos mostraram que a ocorrência e o desenvolvimento de nematoides do gênero *Pratylenchus* é maior em áreas de solos arenosos (Lordello, 1984). Solos com textura mais arenosa são mais aerados e drenados, apresentando condições ótimas para a maioria dos nematoides. Olabiyi et al. (2009) realizaram levantamentos de nematoides em solos sob diferentes níveis de areia e observaram aumento do número de *Pratylenchus* em solos com maiores teores de areia. Estudos realizados por Jordaan et al. (1989) comprovam a influência da textura do solo sobre espécies de *Pratylenchus* spp, *Meloidogyne* spp. e *Rotylenchulus* spp., a incidência de *P. penetrans* foi proporcional à porcentagem de areia do solo.

Os três experimentos realizados para avaliar a reação de *P. brachyurus*, comprovaram a suscetibilidade da cultura da soja a *P. brachyurus*. Todas as cultivares multiplicaram o nematoide, observando-se, no entanto, diferentes graus de hospedabilidade entre as cultivares. Esse comportamento também foi observado, por diversos pesquisadores

nos últimos anos no Brasil com a adoção de diferentes metodologias (Ribeiro et al., 2007; Dias et al., 2008; Machado, 2009; Alves et al., 2011 e Faleiro et al., 2012).

Costa & Ferraz (1998) avaliaram 81 cultivares de soja seguindo critérios de classificação de Moura & Regis (1987) quanto a reação de *P. brachyurus*, sob condições controladas com avaliação 50 dias após a inoculação de 450 espécimes por planta. A hospedabilidade foi verificada em todas as cultivares e ou linhagens testadas, com 18% dos genótipos apresentando reações de alta suscetibilidade, 45% reação de suscetibilidade, 34% pouca resistência e 1% de resistência moderada ao ataque de *P. brachyurus*.

A cultivar BRSGO Chapadões considerada pouco multiplicadora de *P. brachyurus* por vários pesquisadores no Brasil (Ribeiro et al., 2007; Machado, 2009; Faleiro et al., 2012) confirmou esse comportamento, entre as nossas cultivares testadas em estudos sob condições de campo e de casa de vegetação, no entanto foi uma das cultivares que teve a menor produtividade em condições de campo naturalmente infestado por *P. brachyurus*. A cultivar BRSGO Paraiso teve a sua suscetibilidade comprovada no terceiro experimento, apresentou a segunda mais alta densidade populacional do nematoide e aumento linear na densidade.

O fato da interação de *P. brachyurus* com a soja ser menos complexa, não envolvendo a formação de célula especializada de alimentação, como ocorre com os nematoides sedentários (*Heterodera glycines* e *Meloidogyne* spp.), dificulta os trabalhos realizados para encontrar plantas resistentes (Goulart, 2008). Costa & Ferraz (1998) e Ferraz (1996), em estudos realizados ainda na década de 90, já relatavam a falta de resistência da cultura da soja a *P. brachyurus*, vários foram os genótipos testados e não foram encontrada nenhuma fonte de resistência em seus trabalhos. Nos últimos anos, a busca por resistência de cultivares de soja ao nematoide tem sido constante em diversos locais no Brasil. No entanto, a falta de padronização das metodologias utilizadas, as diferentes condições ambientais em que são conduzidos os experimentos e possivelmente as diferenças de agressividade do nematoide, tornam os resultados contraditórios.

No presente estudo as cultivares M-Soy 8360 RR, TMG 132 RR, Emgopa 313 RR e CD 237 RR foram as que apresentaram maior consistência nos resultados com comportamento de resistência. Não se pode afirmar, no entanto, que sejam resistentes, pois não se tem conhecimento ainda de genes de resistência a *P. brachyurus*. São cultivares, entretanto, que podem ser preferidas em áreas com elevadas populações deste nematoide e



exploradas em programas de melhoramento genético. As cultivares P98Y11, BRSGO8560 RR e P 98Y51 também são promissoras por apresentarem tolerância a *P. brachyurus*, mas sua utilização deve ser monitorada já que multiplicam o nematoide.

#### 3.4 CONCLUSÕES

- Todas as 72 cultivares avaliadas hospedaram *P. brachyurus*.
- As cultivares M-Soy 8360 RR, TMG 132 RR , Emgopa 313 RR e CD 237 RR apresentaram comportamento de resistência a *P. brachyurus*.
- As cultivares P 98Y11, BRSGO 8560 RR e P 98Y51 foram tolerantes a *P. brachyurus*.

#### 4 REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO A *Pratylenchus brachyurus*.

##### RESUMO

Diversas culturas são utilizadas em sistemas de rotação com a soja no Brasil. Na região Centro-Oeste a principal cultura é o milho, seguido do milheto, sorgo e girassol. O uso de genótipos de milho resistentes pode ser uma das estratégias de manejo de *Pratylenchus brachyurus* em áreas com elevadas populações. Foram conduzidos experimentos em condições semi-controladas e em área naturalmente infestada com o objetivo de avaliar a reação de genótipos de milho a *P. brachyurus*. A avaliação da densidade populacional foi realizada aos 60 dias após inoculação com 300 espécimes de *P. brachyurus* por parcela para o experimento em condições semi-controladas (experimento I) e aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em campo naturalmente infestado em Campinorte, Go (experimento II). A colheita dos grãos foi realizada aos 119 DAS no experimento II. Todos os genótipos testados hospedam *P. brachyurus* em diferentes graus. Os genótipos P30K75 e P30S31 tiveram as menores multiplicações do nematoide. São genótipos que podem ser preferidos em áreas com populações deste nematoide e exploradas em programas de melhoramento genético. Os genótipos AG 1051, P 3862H e SHS 3031 também são promissores por apresentarem tolerância a *P. brachyurus*, mas sua utilização não deve ser em área de rotação com a cultura da soja já que multiplicam o nematoide.

*Palavras-chave:* *Zea mays*, resistência, nematoide das lesões radiculares.

##### ABSTRACT

##### REACTION OF CORN GENOTYPES TO *Pratylenchus brachyurus*

Several crops are used in rotation with soybean in Brazil such as sunflower, sorghum, millet and maize, which is the main option. The use of resistant corn cultivars may be one of the best strategies for management of *Pratylenchus brachyurus* in areas with high populations. Experiments were conducted under controlled conditions and naturally infested soil with the aim of evaluating the corn genotypes reaction to *P. brachyurus*. The population density was assessed 60 days after inoculation with 300 specimens of *P. brachyurus* per plot in the experiment conducted under semi-controlled conditions (experiment I). Experiment II was carried out in a naturally infested field in Campinorte, Go and was assessed at 30, 60 and 90 days after sowing (DAS). The grain harvest was

performed at 119 DAS in experiment II. All genotypes tested hosted *P. brachyurus* in different degrees. The genotypes P30K75 e P30S31 had the lowest RF and densities of the nematode. These are genotypes that may be preferred in areas with high populations of *P. brachyurus* and used in breeding programs. The genotypes AG 1051, P 3862 H e SHS 3031 are also promising because of its tolerance to *P. brachyurus*, but the should not be used in areas of rotation with soybean since the nematodes can multiply on them.

*Key words:* *Zea mays*, root lesion nematodes, resistance.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Diversas culturas são utilizadas em sistemas de rotação com a soja (*Glycine max* L.) no Brasil. Na região Centro-Oeste, as culturas usadas são o girassol (*Helianthus annus* L.) em menores escalas, o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown] e o milho (*Zea mays* L.) que é a principal opção (Embrapa, 2013). O milho cultivado após a soja é chamado de “safrinha” e se refere ao cultivo de milho de sequeiro, plantado em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (Embrapa, 2012). A safrinha tem aumentado a sua importância nos últimos anos. A safra 2013/2014 apresentou uma estimativa de 45,6 milhões de toneladas de milho na segunda safra (safrinha) enquanto que, a produção de milho da primeira safra foi menor, em torno de 32, 2 milhões de toneladas (Conab, 2014). Desta forma, o milho está estabelecido como a principal cultura para a rotação com a soja na região Centro-Oeste.

O milho é uma alternativa importante em sucessão com a soja por apresentar diferente sistema radicular, exigências nutricionais, por ter efeito na interrupção dos ciclos de algumas pragas e doenças e ser uma alternativa para intensificar o uso da terra e, assim, aumentar a renda do agricultor. No entanto, esta cultura é altamente suscetível a nematoides, principalmente ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus* (Lordello, 1984; Inomoto, 2011). A ocorrência deste nematoide tem aumentado em áreas de cultivo de soja, milho e algodão na região Centro-Oeste, e foi favorecido, principalmente, por mudanças no sistema de produção como o Plantio Direto, o uso da irrigação e a utilização da sucessão de culturas hospedeiras (Goulart, 2008; Andrade et al., 2009; Inomoto et al., 2011). O uso de milho em sucessão com a soja tem promovido o aumento da densidade populacional desse nematoide na área a ponto de prejudicar tanto a cultura do milho quanto a da soja em sequência (Gallaher et al., 1988; Inomoto et al., 2011; Chiamolera et al., 2012). Os estudos realizados testando a reação de genótipos de milho à

*P. brachyurus* comprovam a suscetibilidade desta cultura ao nematoide. No entanto, estes estudos comprovam também a existência de diferenças de patogenicidade entre os genótipos testados e, quando comparados, alguns destes possuem baixa capacidade de multiplicar este nematoide promovendo a sua menor multiplicação na área (Georgi et al., 1983; Smolik & Wicks, 1987; Qing & Potter, 1998; Talwana et al., 2008; Inomoto, 2011). Em condições controladas, Ribeiro et al. (2009) testaram a reação de 17 genótipos de milho à *P. brachyurus* e não encontraram nenhuma resistência, com FR variando de 3 a 16. Já em condições de campo naturalmente infestado, Ferreira et al. (2009b) testaram a reação de 38 genótipos de milho a este nematoide e observaram a suscetibilidade para todos os genótipos testados. No entanto, encontraram alguns genótipos promissores por apresentarem baixas densidades populacionais ao longo do período experimental.

O fato da interação de *P. brachyurus* com o milho não exigir necessidade de formação de célula especializada de alimentação torna o melhoramento genético para resistência difícil (Goulart, 2008). Nos casos em que fontes de resistência já são conhecidas, estas são usadas nos cruzamentos ou tecnologias para transferência dos genes responsáveis pela resistência para genótipos com características agronômicas desejáveis. Se as fontes de resistência não são conhecidas, o primeiro passo é testar os genótipos já existentes. O uso de genótipos de milho resistentes a *P. brachyurus* poderá ser uma estratégia de manejo deste nematoide em áreas infestadas evitando o seu aumento populacional permitindo a manutenção do sistema de rotação soja-milho. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a reação de genótipos de milho a *P. brachyurus*.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, sendo um sob condições semi-controladas de estufa (experimento I) e o outro em condições de campo naturalmente infestado (experimento II). No experimento I foi avaliada a reação de 30 genótipos comerciais de milho a *P. brachyurus*. Diante dos resultados desse primeiro experimento, houve a necessidade de validar os resultados dos genótipos promissores, cujos FR foram baixos. Assim, foi realizado o experimento II, a partir dos resultados do experimento I. Foram utilizados 10 genótipos, sendo nove com os menores FR, e um genótipo com o maior FR que foi considerado o padrão de suscetibilidade. Este segundo experimento foi realizado em campo naturalmente infestado por *P. brachyurus* no município de Campinorte, Goiás,

no período de novembro de 2012 a março de 2013. Utilizou-se parcelas maiores com o objetivo de avaliar a produtividade e, assim, identificar possíveis genótipos com tolerância.

#### 4.2.1 Experimento I

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano-Campus Ceres, GO (15° 21' 00'' S e 49° 35' 57'' W) em condições semi-controladas de estufa, coberta com polietileno e com as laterais abertas. Nesta estrutura os vasos foram colocados diretamente sobre o piso. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 30 tratamentos (genótipos) e sete repetições. A instalação do experimento ocorreu em 28 de fevereiro de 2011. As parcelas constituíram-se de vasos plásticos com capacidade para 3 L preenchidos com substrato composto por uma mistura de solo e areia na proporção de 1:1.

O substrato foi composto por solo de área de cerrado com vegetação natural, onde foi realizada uma trincheira em um barranco retirando-se o solo na profundidade de 5 metros e a areia foi proveniente de rio. Esse substrato foi colocado diretamente nos vasos, não passando por processo de esterilização. Para se certificar da ausência de nematoides no substrato procedeu-se uma amostragem e extração do solo de subsolo e da areia.

Foram semeadas cinco sementes em cada vaso, sendo feito o desbaste aos oito dias após a semeadura (DAS) deixando-se duas plântulas por vaso. Aos 11 DAS foi feita a inoculação com 300 espécimes de *P. brachyurus* por parcela (vaso) em orifícios de 2 cm de profundidade, próximo ao colo das plântulas. A população de *P. brachyurus* foi obtida de solo naturalmente infestado do município de Paraúna, Goiás e multiplicada em plantas de milho, híbrido AG 1051.

Diariamente, a partir da data da semeadura, foram feitas regas conforme a necessidade de suprimento ao solo, tendo-se o cuidado de não encharcar o substrato. Dois dias antes de finalizar os experimentos, a irrigação foi suspensa para facilitar a remoção e separação das raízes do solo.

A coleta das plantas para a extração e análise de nematoides nas raízes foi realizada aos 60 dias após a inoculação (DAI). A parte aérea foi descartada e as raízes e o solo dos vasos foram vertidos em bandejas. As raízes foram separadas e acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Nematologia da UFG. Em laboratório, as raízes foram lavadas em água corrente para a eliminação das partículas de solo, e deixadas sobre papel toalha para a eliminação do excesso de água. Posteriormente foram pesadas em

balança digital e cortadas em pedaços de aproximadamente dois centímetros de comprimento, sendo preparadas alíquotas de 10 gramas para a avaliação da densidade populacional de *P. brachyurus*. Nos casos em que o volume de raízes da amostra não chegava a dez gramas, era feita extração do volume total das raízes e estimada a densidade populacional do nematoide proporcional a dez gramas por meio de regra de três simples.

As raízes foram levadas ao liquidificador, acrescidas 250 mL de água e trituradas por 30 segundos. A suspensão obtida foi vertida em uma peneira com malha de 100 “mesh” sobreposta a uma de 400 “mesh”. Os resíduos retidos na peneira de 100 “mesh” foram descartados e os nematoides retidos na peneira de 400 “mesh” foram recolhidos e transferidos para beakers de 50 mL. As amostras contidas nos beakers foram levadas para centrífuga, primeiramente em solução com água e caolim e posteriormente com sacarose segundo metodologia descrita por Coolen & D’Herde (1972). As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro para posterior quantificação dos nematoides. Os nematoides foram preservados em solução Golden X, composta de 4% de formol comercial (40% de formaldeído), 1% de glicerina pura e 95% de água destilada (Hooper, 1970). A identificação e quantificação dos fitonematoides das amostras do experimento foi realizada com o auxílio de microscópio óptico com o auxílio de uma câmara de Peters.

O fator de reprodução (FR) de *P. brachyurus* em cada genótipo foi calculado pela razão entre a população final e a população inicial ( $P_f/P_i$ ) segundo Oostenbrik (1966). Os dados do experimento foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância. Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade para as variáveis densidades populacionais e FR. Estas análises foram realizadas no aplicativo R (R Development Core Team, 2013). Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em  $\sqrt{x+1}$  segundo Box & Cox (1964) para a variável densidade populacional e FR.

#### **4.2.2 Experimento II**

O experimento foi conduzido na safra 2012/2013 no município de Campinorte, Estado de Goiás (14° 18' 50" S e 49° 9' 7" W), em uma área naturalmente infestada por *P. brachyurus*, sob sistema de plantio direto. A área total do experimento consistiu em 648 m<sup>2</sup> e foi delimitada em função de histórico de reboleiras na safra anterior. O delineamento

experimental foi casualizado com 10 tratamentos, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com avaliações aos 30, 60 e 90 DAS, com seis repetições. Os tratamentos consistiram de 10 genótipos comerciais de milho, que foram semeados manualmente no dia 24 de novembro de 2012.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas com seis metros de comprimento, onde foram semeadas quatro sementes por metro linear e um espaçamento entre linhas de 45 cm. As duas linhas centrais possuíam uma bordadura de 50 cm de cada lado que, foram destinadas para a colheita dos grãos e estimativa da produtividade. As duas linhas laterais foram destinadas à coleta de plantas para a extração e análise de nematoides.

Para fins de avaliação da fertilidade do solo foi coletada uma amostra composta de solo na área experimental a uma profundidade de 0 - 20 cm. O solo foi acondicionado em embalagem plástica identificada e encaminhado para o laboratório Terra Análises para Agropecuária LTDA para a determinação das características físicas e químicas do solo. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Campinorte, Goiás. 2013

<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca+Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>V</b>	<b>M.O</b>	<b>pH</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte</b>	<b>Areia</b>
Mg/dm <sup>3</sup>	Mg/dm <sup>3</sup>	mEq/100 cm <sup>3</sup>			%	%	%	%	%	%
2	36	2,9	0,0	2,2	1	5,4	5,4	23	8	69

Os tratos culturais, realizados durante a condução do experimento foram inicialmente, o controle das plantas daninhas feitas através da dessecação em toda a área com a aplicação de herbicida Roundup ® (glifosato com 648 g i.a. L<sup>-1</sup>, e dose de 1,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>). Esta aplicação foi feita pelo agricultor em pré-emergência, com aplicação tratorizada, em torno de 15 dias antes da instalação do experimento. A adubação foi realizada em sulcos em toda a área destinada ao plantio da lavoura de soja e foi composta pela aplicação de 475 kg ha<sup>-1</sup> da formula N-P-K (0-18-18), mais micronutrientes. No momento do plantio do milho foi realizada a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% de N). Aos 20 DAS e 40 DAS foi realizada adubação de cobertura com 30 kg ha<sup>-1</sup> de ureia. Controle manual através de carpinas foram feitas para a eliminação de plantas daninhas emergidas na área do

experimento. O controle de lagartas foi feito com o inseticida Turbo® (beta-ciflutrina com 50 g i.a. L<sup>-1</sup> e dose de 100 mL ha<sup>-1</sup>).

As avaliações foram realizadas aos 30 DAS, 60 DAS e 90 DAS retirando-se uma planta aleatoriamente em cada linha lateral da parcela. A parte aérea foi descartada e as raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Nematologia da UFG. No laboratório, as raízes foram submetidas aos mesmos procedimentos descritos no experimento I para a obtenção de massa fresca das raízes e extração de nematoides, segundo metodologia proposta por Coolen & D'Herde (1972).

A densidade populacional do nematoide foi avaliada aos 30, 60 e 90 DAS (*P. brachyurus*/10 gramas). A identificação e quantificação dos fitonematoides foram realizadas com o auxílio de microscópio óptico e câmara de Peters. A identificação das espécies de *Pratylenchus* das amostras foi realizada analisando-se 10 amostras aleatoriamente das avaliações, identificando-se ao acaso dez indivíduos de cada amostra. Foram encontrados 100% de *P. brachyurus* em todas as avaliações realizadas.

A colheita dos grãos foi realizada aos 119 DAS. Os grãos foram colhidos das plantas em cinco metros das duas linhas centrais da parcela, desprezando-se as bordaduras. As espigas, após a coleta, foram acondicionadas em sacos, identificadas e encaminhadas para o Departamento de Agronomia do Instituto Federal Goiano- Câmpus Ceres para beneficiamento e pesagem dos grãos. Posteriormente, calculou-se a produtividade agrícola (kg ha<sup>-1</sup>) corrigida para 13% de umidade.

Amostras de 60 gramas de cada parcela foram encaminhadas para o Departamento de Classificação de Grãos da Agencia Goiana de Defesa Agropecuária-AGRODEFESA para a determinação da umidade. A umidade das amostras foi determinada utilizando-se o aparelho universal modelo GEHAKA. Posteriormente, calculou-se a produtividade, corrigindo-se a umidade para 13%, seguindo a fórmula abaixo: Kg/ha:  $(100-US)PP/(100-13)AP/10$ , Onde: US: Umidade da semente; PP: peso por parcela, em Kg; AP: área útil da parcela (m<sup>2</sup>) (Embrapa, 2009).

Os dados do experimento foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de varância. Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade para as variáveis densidade populacional e FR e em nível de 1% para a variável produtividade. Estas análises foram implementadas no aplicativo R (R Development Core Team, 2013).



Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em log x segundo Box & Cox (1964) para a variável densidade populacional. As análises de regressões foram realizadas quando as épocas de avaliação influenciaram significativamente a variável densidade populacional do nematoide.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos comerciais avaliados nos experimentos I e II são recomendados para varias regiões do Brasil, procedentes de diferentes instituições e programas de melhoramento genético. O intuito foi avaliar o maior número possível de genótipos, sendo limitado à disponibilidade de sementes na época da instalação dos experimentos.

A densidade populacional de *P. brachyurus*, aos 60 DAI, variou de 608 a 45 e o teste de medias ( $P < 0,05$ ) separou os genótipos em três grupos. Entre os 30 genótipos, seis apresentaram as maiores densidades populacionais, nove foram intermediários e 15 genótipos obtiveram as menores densidades populacionais (Tabela 4.2).

O FR variou de 4,1 a 0,5 e o teste de medias ( $P < 0,05$ ) separou os genótipos estudados em quatro grupos. O híbrido SHS3031 destacou como o mais suscetível, 17 genótipos foram intermediários (segundo e terceiro grupo) e 12 permaneceram no quarto grupo, considerados mais resistentes neste estudo, entre esses, oito genótipos apresentaram FR menor que 1 e foram considerados resistentes.

Os genótipos PL6882, P30S31, P3862H, DKB390YG, BRS1060, AG8088YG, P30R50H e BRS1055 se destacaram por apresentarem FR menores que 1. Dentre estes genótipos o P30S31 também foi testado por Ferreira et al., (2009b) que encontraram resultados promissores para o genótipo em experimento conduzido em campo naturalmente infestado com avaliações aos 30 e 60 DAS. Estes autores encontraram densidade baixa para este genótipo nas duas avaliações. O híbrido DKB390YG foi considerado suscetível por Mendonça Filho et al. (2012) em experimento em condições de campo com avaliações aos 90 DAS. Provavelmente o período experimental maior pode ter influenciado a maior multiplicação do nematoide.

**Tabela 4.2** Densidade populacional e Fator de reprodução (FR) de *Pratylenchus brachyurus* ao nematoide aos 60 dias após a inoculação sob condições semi-controladas de estufa, Ceres, GO. 2011

N	Genótipos	<i>P. brachyurus</i> /10 gramas <sup>1</sup>		FR <sup>1</sup>	
1	SHS3031	608	a	4,1	a
2	ZNT2030	434	a	3,0	b
3	ZNT3310	437	a	2,6	b
4	GNZ2005	423	a	2,5	b
5	SHS4070	346	b	2,4	b
6	P4285H	149	c	2,4	b
7	P3646H	390	a	2,4	b
8	AG8060YG	246	b	2,3	b
9	AG2040	267	b	2,1	b
10	PL1335	303	b	1,8	b
11	DKB789	225	b	1,8	c
12	AG1051	290	b	1,8	c
13	ZNT1150	248	b	1,7	c
14	Samambaia	538	a	1,5	c
15	P30F35 H	144	c	1,5	c
16	AG8061YG	392	b	1,5	c
17	ZNT2353	261	b	1,5	c
18	P30 K75	133	c	1,2	c
19	P30 F53H	83	c	1,1	d
20	PL6890	174	c	1,1	d
21	P30 K64H	69	c	1,0	d
22	DKB350YG	142	c	1,0	d
23	PL6882	93	c	0,9	d
24	P30S31	57	c	0,9	d
25	P3862H	51	c	0,9	d
26	DKB390YG	66	c	0,8	d
27	BRS1060	113	c	0,8	d
28	AG8088YG	64	c	0,8	d
29	P30R50H	45	c	0,7	d
30	BRS1055	142	c	0,6	d
CV%		35		16	

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Para a análise de variância os dados foram transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

Inomoto (2011) objetivando avaliar a duração do período experimental para testes de resistência de genótipos de milho a *P. brachyurus*, sob condições controladas, realizou avaliações aos 70 e 107 DAI. Neste estudo, verificou que, o período mais longo possibilitou a maior reprodução do nematoide, validando melhor os resultados.

No segundo experimento, que foi conduzido em condições de campo naturalmente infestado no município de Campinorte, Goiás observou-se que na avaliação

realizada aos 30 DAS a densidade populacional de *P. brachyurus* foi baixa e não houve diferença entre os genótipos (Tabela 4.3). Aos 60 DAS houve aumento populacional em todos os genótipos com exceção de AG8088YG e P30S31 e o teste de médias ( $P < 0,05$ ) separou os genótipos em dois grupos. Aos 90 DAS todos os genótipos avaliados aumentaram a densidade populacional, o teste de médias ( $P < 0,05$ ) separou os genótipos em dois grupos, o primeiro grupo dos híbridos com as maiores densidades populacionais (suscetíveis) e o segundo grupo dos híbricos com as menores densidades (resistentes), este resultado norteou a confecção dos gráficos da análise de regressão (Figura 4.2). Os genótipos SHS3031, DKB390, Samambaia tiveram os maiores aumentos da densidade populacional do nematoide dos 30 aos 90 DAS, aumentando em torno de 13 vezes a sua densidade populacional inicial aos 30 DAS, enquanto que, os genótipos P30K75 e P30S31 permaneceram com as menores densidades populacionais nas avaliações aos 60 e 90 DAS e população final do nematoide foi em torno de seis vezes maior que a inicial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2009b) e por Inomo (2011) para os genótipos P30S31 e P30K75 respectivamente. Estes genótipos foram pouco multiplicadores do nematoide nestes dois estudos. O genótipo P30K75 foi o que apresentou o menor FR no trabalho de Inomoto (2011) em condições controladas, com avaliações aos 121 e 123 dias após a inoculação. O genótipo DKB789 também se destacou por estar entre os genótipos com as menores densidades populacionais do nematoide aos 90 DAS o que corrobora com os resultados do estudo conduzido por Ferreira et al. (2009b) que encontrou o menor FR do nematoide para este genótipo aos 60 DAS em condições de campo naturalmente infestado.

A densidade do nematoide aumentou consideravelmente a partir dos 50 DAS, conforme apontados pelo ponto de mínima nas equações da análise de regressão (Figura 4.1). Esta análise mostrou que o modelo quadrático foi o que melhor representou o comportamento do desenvolvimento do nematoide ao longo das épocas de avaliação.

No período inicial deste experimento (experimento II) ocorreu um veranico na região de Campinorte, Goiás, no período compreendido entre 20 a 35 DAS. As condições normais de umidade do solo retornaram após esse período com o retorno das chuvas. Isto explica o fato das densidades populacionais terem aumentado consideravelmente a partir dos 50 DAS e apresentaram um grande aumento aos 90 DAS.

**Tabela 4.3** Densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura do milho em área naturalmente infestada e produtividade. Campinorte, Goiás. 2013

N	Genótipos	<i>P. brachyurus</i> /10 gramas <sup>1</sup>						Produtividade/Kg. ha <sup>-1</sup>	
		30 DAS		60 DAS		90 DAS			
1	DKB390	228	a	391	a	3815	a	1.672	b
2	AG1051	311	a	460	a	3538	a	2.845	a
3	Samambaia	207	a	568	a	2829	a	1.611	b
4	P3862H	172	a	199	a	2191	a	2.474	a
5	SHS3031	121	a	188	b	2057	a	2.244	a
6	AG8088YG	148	a	96	b	1886	a	1.547	b
7	DKB350PRO	117	a	164	b	1378	b	2.964	a
8	DKB789	169	a	232	a	1378	b	2.022	b
9	P30S31	145	a	138	b	970	b	3.561	a
10	P30K75	85	a	115	b	513	b	2.868	a
CV%		16,49				21,33			

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para os dados de densidade populacional e FR e 1% para os dados de produtividade. <sup>1</sup> Para a análise de variância os dados foram transformados para log X.

A umidade interfere na viabilidade dos nematoides do gênero *Pratylenchus*. Isto é relatado por McDonald & Berg (1993), que avaliaram diferentes regimes de irrigação sobre as injúrias de *P. zae* e *P. brachyurus* em culturas de milho e observaram que o número de nematoides teve acréscimo com a maior umidade. Dinardo-Miranda et al. (1997) estudando a flutuação populacional de *P. brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do abacaxi observaram que o aumento da umidade do solo, provocada pela pluviosidade, coincide com os maiores picos populacionais desses nematoides na cultura.

Outro fator que contribuiu para o aumento do nematoide aos 90 DAS foi a textura arenosa do solo na área do experimento II. Com relação às características do solo, a literatura relata que a textura arenosa influencia a ocorrência e o desenvolvimento de nematoides, principalmente os do gênero *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Trichodorus*. Assim, o solo arenoso da área foi promissor para o desenvolvimento de *P. brachyurus*, onde apresentou teor de 69% de areia (Tabela 4.1). Em levantamentos de nematoides em solo sob diferentes níveis de areia, Olabiyi et al. (2009) encontraram maior número de nematoide do gênero *Pratylenchus* em solo com teores de areia superiores a 76%.

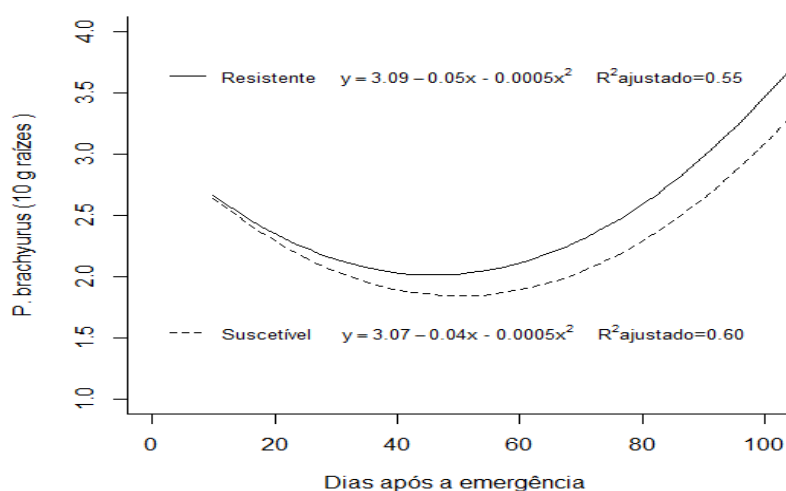
Resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento foram encontrados por Lordello et al. (1985), que também observaram o aumento dos nematoides

*P. brachyurus* e *P. zae* no decorrer do período experimental em ensaio realizado em campo com avaliações aos 39 DAS, 59 DAS e 90 DAS. No estudo, os genótipos multiplicaram os nematoides em diferentes graus e, não foram encontrados genótipos resistentes confirmando a suscetibilidade do milho aos nematoides das lesões radiculares. O milho, cultura utilizada em sucessão com a soja pode aumentar a densidade populacional desses nematoides no final do seu ciclo deixando resíduos para a próxima cultura na área, prejudicando tanto a cultura do milho quanto a cultura da soja em sequência.

O resultado da análise nematológica do solo realizada em amostra coletada na área experimental antes da semeadura do milho, apresentou população de 38 espécimes por 100 cm<sup>3</sup> de solo. O que explica o fato dessa baixa densidade populacional do nematoide no solo é a característica de ser um endoparasita migrador e possuir característica comum de se alojar em raízes (Castillo & Vovlas, 2007), podendo migrar verticalmente, aprofundando no perfil do solo, permanecer dentro de restos de raízes de plantas mortas ou irem ao encontro de raízes de plantas daninhas (Bélair et al., 2007; Dickson & Mcsorley, 1990 e Egunjobi & Bolaji, 1979).

A produtividade foi baixa em todos os genótipos avaliados em comparação com a média esperada para o Estado de Goiás, que foi de 7.633 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2012/2013 (Conab, 2014). A falta de chuvas, no início do período de desenvolvimento da cultura do milho pode ter sido a razão das baixas produtividades. Ainda assim, o teste de médias ( $P < 0,01$ ) separou os genótipos em dois grupos (Tabela 4.3). Os genótipos AG1051, P3862H e SHS3031 que neste experimento apresentou altas densidades populacionais e foram alocados no grupo dos genótipos mais suscetíveis, apresentaram as produtividades estatisticamente iguais aos genótipos que apresentaram as mais baixas densidades populacionais do nematoide que foram 'P30S31', 'P30K75' e 'DKB350PRO' pertencentes ao grupo dos genótipos mais resistentes. O genótipo DKB789 mesmo estando no grupo dos genótipos resistentes apresentou baixa produtividade. Os genótipos que tiveram altas densidade populacionais do nematoide ao longo do seu ciclo de vida e obtiveram as produtividades estatisticamente iguais aos mais resistentes podem ser considerados tolerantes ao nematoide, pois, mesmo sendo bastante atacados pelo nematoide, não sofreram prejuízo na produtividade. O genótipo DKB390, que apresentou a maior densidade populacional, foi um dos que apresentou a menor produtividade, o que é

esperado pois, o dano provocado pelo nematoide às raízes das plantas pode levar a perda da produtividade (Schmitt & Barker, 1981).



**Figura 4.1** Densidade populacional de *P. brachyurus* em genótipos de milho em função das épocas de avaliação (Dias após sementeira).

O nematoide *Pratylenchus* causa danos em diversas culturas, mas são poucos os estudos quantificando essas perdas. Schmitt & Barker (1981) avaliaram os danos em cultivares de soja resistente e suscetível aos nematoides *P. penetrans* e *P. brachyurus*. Esses autores comprovaram que a produtividade diminuiu nas cultivares suscetíveis com o aumento da população inicial dos nematoides no solo e foi mais acentuada em solo com maiores teores de areia. Nicol et al. (1999) avaliando danos na produção de trigo afirmaram que a produtividade diminuiu 27% em cultivares suscetíveis a *P. thornei*. Em estudos avaliando a produtividade da cultura do arroz em área infestada por *P. zaeae*, Plowright et al. (1990) observaram que uma cultivar suscetível aumentou cerca de 13% a 29% a sua produtividade quando o nematoide foi controlado com nematicida.

Observa-se que os resultados promissores encontrados no primeiro experimento não se confirmaram em condições de campo. Todos os genótipos testados foram suscetíveis a *P. brachyurus* e apresentaram altas densidades populacionais principalmente na avaliação aos 90 DAS. No entanto, observa-se que mesmo sendo as densidades do nematoide em campo bem maior que os estudos de condições controladas, é possível confirmar alguns resultados. Os genótipos AG1051 e SHS3031 continuaram como suscetíveis apresentando altas densidades populacionais do nematoide, enquanto que os

genótipos P30K75 e P30S31 confirmaram os resultados para resistência encontrados no experimento conduzido em condições controladas.

Os resultados contraditórios encontrados no presente estudo e em outros estudos realizados no Brasil objetivando avaliar a reação de genótipos de milho a *P. brachyurus* podem ser explicados pelas diferenças de metodologias, condições ambientais, características físicas e químicas do solo e diferenças de agressividade entre populações de *P. brachyurus*. No presente estudo, podem ter ocorrido diferenças na agressividade de populações de *P. brachyurus*, uma vez que foram utilizadas populações do nematoide oriundas de dois locais diferentes. Essas populações podem se mostrar mais ou menos agressivas, interferindo na infectividade do patógeno. Inomoto et al. (2007) observaram este fato em trabalho realizado objetivando avaliar a reação de plantas de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* à dois isolados de *P. brachyurus* (Pb<sub>20</sub> e Pb<sub>24</sub>). Para todas as plantas avaliadas o FR foi maior quando utilizou-se o isolado Pb<sub>24</sub>.

De maneira geral, comparando os resultados do primeiro estudo em condições semi-controladas de estufa (experimento I) com os de campo (experimento II), observa-se que, em estufa, os genótipos apresentaram menores densidades populacionais. Isto pode ter ocorrido por falta de espaço para as raízes do milho no vaso em que foram mantidas. Assim, com o desenvolvimento do sistema radicular limitado, o desenvolvimento dos nematoides também foi limitado.

Diante disso, é recomendável que as seleções das plantas quanto a resistência de *P. brachyurus* levem em consideração, a utilização de diferentes populações dos nematoides, nas seleções de casa de vegetação e de campo (Carneiro et al., 2005). Em condições de campo, tanto a planta quanto o nematoide são passíveis de interações com outros microrganismos, sejam eles benéficos ou fitopatogênicos.

Os dois experimentos realizados neste estudo para avaliar a reação do milho à *P. brachyurus*, mostraram a suscetibilidade desta cultura ao nematoide. Em todos os genótipos observou-se a multiplicação do nematoide, observando-se, no entanto, diferentes graus de hospedabilidade dos genótipos testados. Esse comportamento também foi observado, por diversos pesquisadores com a adoção de diferentes metodologias (Lordello et al., 1983; Lordello et al., 1985; Smolik & Wicks, 1987; Qing Yu & Potter, 1998; Ferreira et al., 2009b; Ribeiro et al., 2009 e Inomoto, 2011).

Qing & Potter (1998) avaliaram genótipos de milho doce a *P. penetrans* e observaram diferenças de suscetibilidade entre os genótipos testados à espécie *P. penetrans*, o FR variou de 11,2 a 19,1. No estudo de Smolik & Wicks (1987) também foi observado diferenças de suscetibilidade entre os genótipos de milho e *P. hexincisus* em condições de casa de vegetação e a *P. scribneri* em condições naturais de campo infestado. Ribeiro et al. (2009) confirmaram a reação variável de genótipos de milho a *P. brachyurus* realizando a avaliação de dezessete genótipos em condições de casa-de-vegetação. A avaliação da reprodução dos nematoides foi feita aos 90 DAI, por meio da contagem do número de nematoides no sistema radicular das plantas de cada genótipo, calculando-se o FR. Nenhum dos genótipos de milho avaliados mostrou-se resistente ao nematoide. Entretanto, observou-se grande variabilidade entre os mesmos, com FR variando de 3 a 16.

O fato da interação de *P. brachyurus* com as raízes das plantas hospedeiras ser menos complexa, não envolvendo a formação de célula especializada de alimentação, dificulta os trabalhos realizados para encontrar plantas resistentes (Goulart, 2008). Nos últimos anos, a busca por resistência tem sido constante em diversos locais no Brasil com varias culturas, principalmente as culturas da soja, pastagens, algodão, sorgo, milho e milho (Inomoto, 2011; Alves et al., 2011; Machado et al., 2012; Neves, 2013).

No presente estudo os genótipos P30K75 e P30S31 foram os que apresentaram maior consistência nos resultados com menor multiplicação de *P. brachyurus*. Não se pode afirmar, no entanto, que sejam resistentes, pois não se tem conhecimento ainda de genes de resistência a *P. brachyurus*. São genótipos, entretanto, que podem ser preferidos em áreas com elevadas populações deste nematoide e exploradas em programas de melhoramento genético. Os genótipos que aqui foram considerados tolerantes ao nematoide podem ser promissores por apresentarem tolerância a *P. brachyurus*, mas não devem ser utilizados em áreas de rotação com a cultura da soja, já que multiplicam o nematoide. Observa-se, portanto, que apesar do interesse crescente por estudos objetivando a reação de genótipos de milho à *P. brachyurus*, poucos resultados consistentes estão disponíveis. Desta forma, é importante continuar as investigações, refinando os resultados a fim de encontrar fontes de resistência ao nematoide ou genótipos mais tolerantes, com resultados confirmados em diferentes condições de plantio.



#### 4.4 CONCLUSÕES

- Todos os genótipos de milho testados hospedam *P. brachyurus*.
- Os genótipos P30K75 e P30S31 são os que menos multiplicam *P. brachyurus*.
- Os genótipos AG1051, P3862H e SHS3031 parecem ser tolerantes a *P. brachyurus*.

## 5 REAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS A *Pratylenchus brachyurus*

### RESUMO

O nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) tem crescido em importância em lavouras de soja, milho e algodão nas últimas safras devido a seu aumento populacional e danos causados às culturas. Dentre as estratégias de manejo de nematoides, a utilização de resistência é uma das alternativas mais desejáveis. No entanto, até o momento não se dispõe de cultivares resistentes ao nematoide das lesões radiculares. O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de cultivares de arroz em condições controladas e em campo naturalmente infestado. Foram conduzidos quatro experimentos em delineamento inteiramente casualizado e seis repetições. Sendo os três primeiros em condições controladas e o último em condições naturais de infestação em campo. Foram testadas de sete a dez cultivares. As avaliações foram realizadas aos 45, 50 e 76 DAI nos experimentos I, II, III, respectivamente, e aos 86 DAS no experimento IV. Todas as cultivares de arroz testadas multiplicaram *P. brachyurus* em diferentes graus, confirmando a suscetibilidade desta cultura ao fitonematoide. As cultivares BRS 01600, BRS Primavera e BRS Monarca apresentaram densidades populacionais e FR baixos no estudo.

Palavras-chave: Nematoide das lesões radiculares, *Oryza sativa*, resistência.

### ABSTRACT

#### REACTION OF UPLAND RICE CULTIVARS TO *Pratylenchus brachyurus*.

The root lesions nematode (*Pratylenchus brachyurus*) has its importance increased in soybean, corn and cotton crops, in the past due to the increasing population and damage to crops. Among the strategies of managing the use of resistance is one of the most desirable alternative. However, within this crops there is no resistant cultivars know until now purpose. The objective of this study was to evaluate the reaction of upland rice cultivars to *P. brachyurus*. Four experiments were conducted in a completely randomized and six replications in field and under controled conditions. We tested seven to ten cultivars. Evaluations were performed at 45, 50 and 76 DAI in experiments I, II, III respectively and 86 DAS in experiment IV. All cultivars tested rice multiplied *P. brachyurus* in different degrees, confirming the susceptibilty of the crop to the nematode. The BRS 01600, BRS Primavera and BRS Monarca cultivars showed low population densities and RF in the study.

*Key words:* Root lesion nematode, *Oryza sativa*, resistance.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos mais importantes cereais na produção mundial de alimentos diante da grande área cultivada e volume de produção (USDA, 2014). O uso de cultivares melhoradas surgiu como uma nova modalidade de cultivo chamada de arroz de terras altas. Isto fez com que a cultura adquirisse grande importância no Cerrado, não apenas nas áreas recém-desmatadas, em que, geralmente se adotava baixo nível de tecnologia. O arroz passou a participar de sistemas de rotação com a soja ou em áreas do sistema de integração lavoura-pecuária. Este sistema alia a produção de grãos, como o arroz ou o milho, com a produção animal na mesma área, em plantio simultâneo ou rotacionado com pastagens dos gêneros *Panicos* e *Brachiarias* sob sistema convencional ou plantio direto, permitindo o uso racional de insumos, máquinas e a diversificação da produção (Guimarães et al., 2003b; Macedo, 2009; Karam et al., 2009).

Estudos mostram a capacidade de multiplicação do nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus* em arroz, além de espécies como a soja, brachiarias, sorgo, milho e milho (Inomoto et al., 2006; Dias-Arieira et al., 2009; Inomoto, 2011; Carvalho et al., 2013; Neves, 2013). Estas plantas além de participarem do sistema de integração lavoura-pecuária juntamente com a cultura do arroz, também são espécies utilizadas para cobertura do solo no sistema de plantio direto.

Várias espécies de fitonematoides parasitam a cultura do arroz em diversos países. A maioria dos relatos é de espécies dos gêneros *Meloidogyne*, *Tylenchorhynchus*, mesocriconematoides, *Helicotylenchus*, *Hirschmanniella* e *Pratylenchus*, sendo este gênero representado pelas espécies de *P. zae*, *P. indicus*, *P. vulnus* e *P. brachyurus*. Algumas dessas espécies são encontradas parasitando plantas de arroz em sistema inundado e outras em plantas de sequeiro, mas poucas espécies parasitando ambos os cultivos (Fortuner & Merny, 1979).

No Brasil as espécies do gênero *Meloidogyne* são as mais comuns encontradas parasitando plantas de arroz. Há vários estudos sobre a seleção de cultivares com resistência esse nematoide (Silva et al., 2011). Em 1983, Sharma & Prabhu relataram que somente duas cultivares de arroz de sequeiro, entre dezenove testadas, exibiram baixo fator de reprodução para *M. javanica*. Posteriormente, Silva et al. (2011), em estudo para avaliar a reação de cultivares de arroz aos nematoides *M. incognita* e *M. javanica*, observaram aos

93 dias após a inoculação que todas as cultivares e híbridos foram suscetíveis ( $FR > 1$ ) aos nematoides estudados. Ferraz (1993) avaliou as reações de quatorze cultivares de arroz irrigado ou de terras altas a três espécies de *Meloidogyne* e a maioria apresentou reação intermediária (resistência moderada) a *M. arenaria* e *M. javanica*.

Para o nematoide *P. brachyurus* parasitando a cultura do arroz, são poucos os relatos no Brasil. No entanto, existem estudos sobre a reação de outras espécies de *Pratylenchus* parasitando arroz em outros países (Plowright et al., 1990; Guzmán-Hernández et al., 2011). Na Costa Rica, Guzmán-Hernández et al. (2011) realizaram levantamento nematológico em áreas de arroz e concluíram que em 99,1% das amostras foi encontrado o gênero *Pratylenchus*. Pankaj et al. (2012) observaram em estudos em área produtora de arroz na Índia, que *Pratylenchus thornei* podem causar danos a cultura. Isto ficou comprovado em ensaios em áreas com infestação natural por *P. thornei*. As plantas apresentaram crescimento retardado, folhas cloróticas e lesões necróticas nas raízes, quando a densidade populacional foi de 32 espécimes por 0,5 grama de raízes.

A ocorrência de *P. brachyurus* tem ganhando destaque principalmente em áreas de cultivo de soja e de milho em regiões do Estado de Mato Grosso e outros estados da região Centro-Oeste. Esta região também é a maior produtora de arroz de terras altas no Brasil. Desta forma, é importante conhecer a reação de cultivares de arroz ao nematoide *P. brachyurus*. Assim, cultivares resistentes serão interessantes para o plantio em áreas infestadas, uma vez que as culturas da soja, milho e pastagens que participam do sistema de integração lavoura e pecuária são hospedeiras desse nematoide. O objetivo deste estudo foi avaliar a reação de cultivares de arroz de terras altas em condições controladas e em área naturalmente infestada.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos, sendo o experimento I no período de julho a agosto de 2010, dezembro de 2010 a fevereiro de 2011 (experimento II), setembro de 2011 a dezembro de 2012 (experimento III), e novembro de 2012 a fevereiro de 2013 (experimento IV). Os experimentos I e II foram realizados em casa de vegetação da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, GO, e o experimento III foi conduzido em condições semi-controlada de estufa, coberta com polietileno e com as laterais abertas no

Campus experimental do Instituto Federal Goiano, Ceres, GO. Nesta estrutura os vasos eram colocados diretamente sobre o piso. O experimento IV foi realizado em área comercial no município de Campinorte, Estado de Goiás, em área naturalmente infestada por *P. brachyurus*, com histórico de altas populações e ocorrência de reboleiras.

Os quatro experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com sete a dez cultivares, sendo que seis delas foram utilizadas em todos os experimentos e seis repetições. A cultivar de soja BRSGO Caiapônia e o híbrido de milho AG1051 foram utilizados nos experimentos II e III respectivamente somente para testar a viabilidade do inóculo, já que foram considerados suscetíveis em experimentos anteriores (ver capítulo 3 e 4). Nos experimentos sob condições controladas as sementes foram semeadas diretamente em recipientes contendo mistura de solo e areia (1:1), com capacidade para 1 kg, constituindo a parcela. Foram semeadas sete sementes por parcela, que após o desbaste restou cinco plântulas por vaso.

A inoculação com a pipetagem de 4 mL da suspensão contendo 300 espécimes de *P. brachyurus* por parcela no experimento I procedeu-se aos 10 dias após a emergência. O inóculo foi obtido de área naturalmente infestada do município de Edéia, Goiás, mantido em casa de vegetação em plantas de soja cultivar BRSGO Luziânia. No experimento II a inoculação foi realizada aos oito dias após a emergência utilizando-se 200 espécimes de *P. brachyurus* por parcela. Esta população foi obtida de raízes de plantas de soja oriundas de campo naturalmente infestado do município de Paraúna, GO. No experimento III a inoculação foi feita aos 20 dias após a emergência das plântulas utilizando-se 300 espécimes de *P. brachyurus* por parcela. A população do nematoide foi oriunda, também, de Paraúna, Goiás e multiplicada em plantas de milho híbrido AG 1051 semeado em uma estrutura de alvenaria de dois metros de diâmetro e cinco metros de profundidade, enterrado em área aberta. Esta estrutura foi mantida em propriedade rural no município de Nova Gloria, Goiás (15° 08' 35'' e 49° 34' 16''). O inóculo foi obtido das plantas de milho, que foram submetidas à extração do nematoide aos 60 DAS.

Os tratos culturais realizados nos experimentos I, II e III consistiram em, diariamente, a partir da data da semeadura, realizar regas conforme a necessidade de suprimento de água ao solo, tendo-se o cuidado de não encharcar o substrato. Dois dias antes de finalizar os experimentos a irrigação foi suspensa para facilitar a remoção e separação das raízes do solo.

O experimento IV realizado em área naturalmente infestada teve área total de 25 m<sup>2</sup> e foi delimitada em função do histórico de reboleiras do nematoide, sendo confirmada a ocorrência de *P. brachyurus* por meio de análise laboratorial. Cada parcela foi composta de uma linha de 50 cm no sulco de plantio onde foram semeadas 15 sementes do genótipo especificado para aquela parcela.

Antes do plantio foram realizadas coletas de 20 subamostras em uma profundidade de 0-20 cm. Para a extração dos nematoides do solo foi retirado uma alíquota de 100 gramas de solo, que foi submetida ao método de flutuação e centrifugação descrito por Jenkins (1964). Em razão da baixa população encontrada no solo no momento da instalação do experimento e das dificuldades para a avaliação dos danos causados por nematoides migradores às raízes, adotou-se o número de nematoides por 10 gramas de raízes frescas como parâmetro para avaliar a população, pois esta se correlaciona diretamente com os prejuízos causados por esses parasitos (Lordello et al., 1985).

Para fins de avaliação da fertilidade do solo foi coletada uma amostra composta de solo na área do experimento IV a uma profundidade de 0 - 20 cm. O solo foi acondicionado em embalagem plástica identificada e encaminhado para o laboratório Terra Análises para Agropecuária LTDA para a determinação das características físicas e químicas do solo. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1** Resultado da análise química e física do solo da área experimental. Campinorte, Goiás. 2013

<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca+Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>V</b>	<b>M.O</b>	<b>pH</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte</b>	<b>Areia</b>
Mg/dm <sup>3</sup>	Mg/dm <sup>3</sup>	mEq/100 cm <sup>3</sup>			%	%	%	%	%	%
2	36	2,9	0,0	2,2	1	5,4	5,4	23	8	69

Para o experimento IV, os tratos culturais foram inicialmente o controle das plantas daninhas feito através da dessecação em toda a área com a aplicação de herbicida Roundup ® (glifosato com 648 g i.a. L<sup>-1</sup>, e dose de 1,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>). Esta aplicação foi feita pelo agricultor em pré-emergência, com aplicação tratorizada, em torno de 15 dias antes da semeadura do experimento. A adubação foi realizada em sulcos em toda a área destinada ao plantio da lavoura de soja e foi composta pela aplicação de 475 kg ha<sup>-1</sup> da formula N-P-K (0-18-18), mais micronutrientes. No momento do plantio do arroz foi realizada a

aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% de N). Foram realizadas capinas manuais para a eliminação de plantas daninhas emergidas na área do experimento aos 30 DAS e 60 DAS.

As avaliações foram realizadas para o experimento I, aos 45 dias após a inoculação (DAI), o experimento II, aos 55 DAI, o experimento III aos 76 DAI e aos 86 DAS para o experimento IV. A parte aérea foi descartada e as raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Nematologia da UFG.

Em laboratório, as raízes foram lavadas em água corrente, para a eliminação das partículas de solo, e deixadas sobre papel toalha para a eliminação do excesso de água. Posteriormente foram pesadas em balança digital e cortadas em pedaços de, aproximadamente, dois centímetros de comprimento. Para os experimentos I, II e III utilizou-se todo sistema radicular das plantas do vaso, enquanto que para o experimento IV, foram preparadas alíquotas de 10 gramas de raízes de cada amostra para a avaliação da densidade populacional de *P. brachyurus*.

As raízes foram levadas ao liquidificador, acrescidas 250 mL de água e trituradas por trinta segundos. A suspensão obtida foi vertida em uma peneira com malha de 100 “mesh” sobreposta a uma de 400 “mesh”. Os resíduos retidos na peneira de 100 “mesh” foram descartados e os nematoides retidos na peneira de 400 “mesh” foram recolhidos e transferidos para beakers de 50 mL. As amostras contidas nos beakers foram levadas para centrífuga, primeiramente em solução com água e caolim e posteriormente com sacarose segundo metodologia descrita por Coolen & D’Herde (1972). As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro, preservados em solução Golden X, composta de 4% de formol comercial (40% de formaldeído), 1% de glicerina pura e 95% de água destilada, para posterior quantificação dos nematoides (Hooper, 1970).

A identificação e quantificação dos fitonematoides foi realizada com o auxílio de microscópio óptico utilizando-se uma câmara de Peters. A identificação das espécies de *Pratylenchus* referentes ao experimento IV foi realizada analisando-se 10 amostras aleatoriamente, identificando-se ao acaso dez indivíduos de cada amostra.

O fator de reprodução (FR) dos nematoides em cada cultivar foi calculado pela razão entre a população final e a população inicial (Pf/Pi) segundo Oostenbrink (1966). A população inicial considerada foi a concentração do inóculo de 300 espécimes nos experimentos I e III e de 200 no experimento II por vaso. A população final foi a total de nematoides obtidos no volume total de raízes no experimento IV.

Os dados dos experimentos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância. Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade para as variáveis densidades populacionais e FR. Estas análises foram implementadas no aplicativo computacional R (R Development Core Team, 2013). Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em  $\sqrt{x+1}$  para os experimentos I e II e em  $\log x$  para os experimentos III e IV segundo Box & Cox (1964).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade populacional e o FR para *P. brachyurus* foram baixos e estatisticamente iguais ( $P < 0,05$ ) nos experimentos I e II (Tabela 5.4). A provável razão, que ocasionou a baixa densidade populacional dos nematoides nestes experimentos foi o menor número de dias para sua condução. Os experimentos I e II tiveram a avaliação de nematoides aos 45 e 55 DAI, respectivamente, enquanto que os experimentos III e IV foram avaliados aos 76 DAI e 86 DAS. Os nematoides do gênero *Pratylenchus* completam seu ciclo, em média, com quatro a oito semanas (Tihohod, 1993). O período experimental maior pode influenciar a maior multiplicação do nematoide. Inomoto (2011) objetivando avaliar a duração do período experimental para testes de resistência de genótipos de milho a *P. brachyurus*, sob condições controladas, realizou avaliações aos 70 e 107 DAI. Neste estudo, verificou que, o período mais longo possibilitou a maior reprodução do nematoide, validando melhor os resultados.

No experimento I, outro fator que pode ter ocasionado a baixa densidade populacional do nematoide foi a época de condução pois, nos meses de julho e agosto, as temperaturas no interior da casa de vegetação foram mais baixas. A temperatura média registradas foi de 24° C, variando de 14°C a 34° C. A temperatura mais baixa durante esse período pode ter diminuído a taxa de multiplicação do nematoide. Com o decréscimo da temperatura do ambiente, a temperatura do solo tende a diminuir e assim, altera a reprodução de *P. brachyurus*.

Nos experimentos III e IV a densidade populacional e o FR foram mais altos que nos primeiros experimentos e todas as cultivares foram suscetíveis. No experimento III, a densidade populacional variou de 1828 a 3578 e o FR variou de 12 a 44 e as



cultivares foram separadas em dois grupos ( $P < 0,05$ ), da mesma forma, no experimento IV o teste de médias separou as cultivares em dois grupos e a densidade populacional variou de 1342 a 5018 confirmando a suscetibilidade da cultura do arroz à *P. brachyurus*.

A linhagem BRS 01600 e as cultivares BRS Primavera e BRS Monarca permaneceram com as menores densidades populacionais nos experimentos III e IV, e com os menores FR no experimento III. A cultivar BRS Curinga foi a mais suscetível apresentando a maior densidade populacional e um dos mais altos FR (Tabela 5.4). Rack et al. (2013) avaliaram a reação de dez cultivares de arroz a dois isolados de *P. brachyurus*, em condições de casa de vegetação com avaliações aos 60 DAI. Neste trabalho foram observados FR baixos para todas as cultivares testadas discordando dos resultados encontrados aqui nos experimentos III e IV, mas sendo semelhante aos resultados do experimento I e II. A cultivar BRS Curinga, que no presente estudo foi considerada suscetível, apresentou comportamento de resistência no trabalho desses autores.

**Tabela 5.2** Densidade populacional e Fator de reprodução (FR) de *P. brachyurus*, em condições controladas nos experimentos I, II, III e em condições de área naturalmente infestada em Campinorte, Goiás, no experimento IV.

Cultivares	Experimento I 45 DAI <sup>1</sup>		Experimento II 55 DAI <sup>1</sup>		Experimento III 76 DAI <sup>2</sup>		Experimento IV 86 DAS <sup>2</sup>
	Nem/10g	FR	Nem/10g	FR	Nem/10g	FR	Nem/10g
	BRS Curinga	29 a	0,07 a	22 a	0,07 a	3,578 a	43 a
BRS Pepita	67 a	0,13 a	34 a	0,09 a	4,389 a	23 b	4,827 a
BRS Sertaneja	32 a	0,13 a	38 a	0,31 a	2,941 a	41 a	2,782 b
BRS Esmeralda	-	-	-	-	2,139 b	44 a	2,237 b
CNA 01600	52 a	0,08 a	68 a	0,20 a	1,760 b	12 b	1,824 b
BRS Primavera	30 a	0,05 a	17 a	0,12 a	1,550 b	19 b	1,511 b
BRS Monarca	25 a	0,06 a	17 a	0,12 a	1,828 b	20 b	1,342 b
CNA 2601	14 a	0,04 a	32 a	0,16 a	-	-	-
CNA 32033	29 a	0,06 a	52 a	0,18 a	-	-	-
CNA 32048	26 a	0,08 a	38 a	0,12 a	-	-	-
Soja*	-	-	952	0,62	-	-	-
Milho**	-	-	-	-	6.808	43	-
CV%	32	43	28,2	73	35,4	27	6,1

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de scott-nott a 5% de probabilidade.<sup>1</sup> Para a análise de variância os dados foram transformados para  $\sqrt{x+1}$ . <sup>2</sup> para a análise de variância os dados foram transformados em  $\log x$ . \* soja BRSGO Caiapônia. \*\* Milho AG 1051

De maneira geral a maioria dos estudos realizados no país com relação a nematoides na cultura do arroz são com o nematoide das galhas *Meloidogyne*. A cultura do arroz é suscetível a diversas espécies desse nematoide com cultivares apresentando diferentes graus de suscetibilidade. Silva et al. (2011) estudaram a reação de cultivares de arroz de terras altas aos nematoides das galhas. As cultivares ‘Curinga’, ‘Monarca’, ‘Pepita’, ‘Primavera’ e ‘Sertaneja’ aos 93 DAI comportaram-se como suscetíveis a *M. incognita* e *M. javanica* e com grande variação entre as cultivares. Para *M. incognita* o FR variou de 4,75 a 28,42 e para *M. javanica* a variação foi de 4,49 a 11,94. Este resultado se assemelha aos obtidos no presente estudo com relação a *P. brachyurus*. As cultivares de arroz apresentaram valores altos para densidade populacional ou FR nos experimentos III e IV, sendo consideradas suscetíveis à *P. brachyurus*.

A cultivar BRS Sertaneja que, no estudo de Silva et al. (2011) apresentou os menores FR para *M. incognita* (4,75) e *M. javanica* (4,49), apresentou no presente estudo um dos maiores FR a *P. brachyurus* em condições controladas no experimento III. Em outro trabalho testando a reação de cultivares de arroz a nematoides do gênero *Meloidogyne*, realizou-se a avaliação em casa de vegetação de cinco cultivares de arroz de terras altas (BRS Canastra, BRS Carisma, BRS Confiança, BRS Primavera e BRS Maravilha) à *M. javanica* raças 1, 2, 3 e 4 e a *M. incognita*. Em todas as cultivares testadas o FR foi superior a 1, variando de 1,15 a 3,7, sendo consideradas hospedeiras de todas as espécies de nematoides estudadas (Silva et al., 2004).

Nos principais estudos realizados sobre a patogenicidade do nematoide do gênero *Pratylenchus* à cultura do arroz, a principal espécie estudada é *P. zae* e em menor quantidade são realizados estudos com a espécie *P. thornei* (Tin & Prot, 1990; Sahoo & Sahu, 1993; Prot & Savary, 1993; Guzmán-Hernández et al., 2011; Pankaj et al., 2012). Na Índia, estudos em áreas produtoras de arroz com infestação natural por *P. thorney*, comprovou-se que o nematoide causa danos nesta cultura, as plantas apresentaram crescimento retardado, folhas cloróticas e lesões necróticas nas raízes quando a densidade populacional foi de 32 espécimes por 0,5 gramas de raízes (Pankaj et al., 2012). Na Costa Rica, levantamentos para nematoides realizados em diferentes regiões do País em áreas produtoras de arroz, demonstrou que o gênero *Pratylenchus* foi o mais importante e frequente, estando em 99,1 % das amostras de raízes de plantas de arroz analisadas. Em algumas amostras a densidade populacional do nematoide foi alta chegando a até 17024 indivíduos por 100 gramas de raiz (Guzmán-Hernández et al., 2011).

Estudos mostram a patogenicidade do gênero *Pratylenchus* para a cultura do arroz em ensaios comparando áreas tratadas com produtos químicos com áreas não tratadas nas Filipinas. Nos estudos de Plowright et al. (1990) ficou demonstrado que, em área tratada com produtos químicos, uma cultivar suscetível a *P. zaeae* aumentou cerca de 13 a 29% a sua produtividade e o nematoide também interferiu no perfilhamento do arroz no início da cultura. Nas plantas infectadas o perfilhamento foi menor. Tin & Prot (1990) também observaram redução na produção de arroz devido ao nematoide *P. zaeae*, em campos infestados plantados com arroz sem rotação com outras culturas. Estes autores concluíram que a perda de produção foi em torno de 37% em áreas onde se cultivou apenas o arroz em sucessivas safras sem o uso da rotação com culturas não hospedeiras.

Sabe-se que o nematoide das lesões radiculares *P. brachyurus* é parasita de várias espécies cultivadas, principalmente as gramíneas como milho, sorgo, aveia, milheto e braquiárias (Inomoto et al., 2007; Dias-Arieira et al., 2009; Borges et al., 2010 e Inomoto 2011). Com relação à cultura do arroz são poucos os relatos de hospedabilidade a *P. brachyurus*. Neste estudo observou-se que todas as cultivares testadas foram suscetíveis ao nematoide quando testadas em condições de área naturalmente infestada (experimento IV) e nas condições do experimento III. Desta forma, esta cultura não é indicada para a rotação com a cultura da soja em áreas infestadas por *P. brachyurus*. No entanto, observa-se que existem diferentes graus de suscetibilidade das cultivares testadas a *P. brachyurus*. Isto foi verificado no presente estudo, onde as cultivares BRS 01600, BRS Primavera e BRS Monarca apresentaram as mais baixas densidades populacionais e FR em comparação à outras cultivares, assim, estas cultivares podem ser indicadas para o plantio em áreas infestadas pelo nematoide.

A tática de manejo recomendada é a utilização de cultivares resistente ou pouco hospedeira de *P. brachyurus*, proporcionando menores multiplicações do nematoide na área. Em áreas onde se cultivam soja, milho ou algodão e se pretende introduzir o arroz, será necessário levar em conta os resultados de resistência de espécies dos nematoides das galhas e *P. brachyurus* pois a cultura é hospedeira de ambos.

Com relação à reação de cultivares de arroz a *P. brachyurus*, é importante continuar as investigações, refinando os resultados a fim de encontrarmos fontes de resistência permitindo que, o arroz seja mais uma opção de rotação com as culturas da soja, milho e o algodão, em área de sistemas de integração lavoura-pecuária ou plantios convencionais. A cultura do arroz quase sempre é introduzida em áreas de primeiro ano,

após a retirada de pastagens degradadas de braquiárias que também são hospedeiras de *P. brachyurus*, assim sendo o arroz suscetível a este nematoide é importante que se utilize cultivares resistentes em áreas sabidamente infestadas pelo nematoide.

#### **5.4 CONCLUSÕES**

- Todas as cultivares de arroz testadas hospedaram *P. brachyurus*.
- As cultivares BRS 01600, BRS Primavera e BRS Monarca apresentaram baixas densidades populacionais e FR no estudo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de resistência é o método mais desejado para o controle de *P. brachyurus* nas diferentes culturas hospedeiras deste nematoide. No entanto, os diversos estudos realizados com o objetivo de encontrar plantas resistentes ao nematoide, ainda não encontraram fontes seguras de resistência. Os resultados são em sua maioria contraditórios, devido principalmente às diferentes metodologias utilizadas nos principais centros de estudos, condições ambientais, características do solo e as diferentes agressividades encontradas por populações deste nematoide.

No presente estudo, não foram encontrados genótipos de soja, milho e arroz resistentes a *P. brachyurus*, mas, encontrou-se resultados promissores. As cultivares de soja TMG 132 RR, Emgopa 313 RR, M-Soy 8360 RR, CD 237 RR, BRSGO 8560 RR e P 58Y51, a linhagem de arroz BRS 01600 e as cultivares BRS Primavera e BRS Monarca e os híbridos de milho, P30K75, DKB789 e P30S31 foram promissores por apresentarem menores densidades populacionais ou FR para o nematoide. Estes genótipos devem ser preferidos para a semeadura em áreas infestada pelo nematoide. As cultivares de soja P 98Y11, BRS Valiosa e M-Soy 8360 RR e os híbridos de milho DKB 350 PRO e P 3862 H apresentaram tolerância a *P. brachyurus*.

Além do uso da resistência, a rotação de culturas é outra medida de manejo para *P. brachyurus* que deve ser adotada. Culturas não hospedeiras do nematoide seriam o ideal em um programa de manejo deste nematoide. Na última safra, devido ao bom preço alcançado pela cultura da soja, produtores de algumas regiões no Brasil realizaram o plantio da soja também na safrinha. Assim, culturas suscetíveis a *P. brachyurus* ficam mais tempo na área, aumentando a densidade populacional do nematoide. Por ser polífago, parasitando um grande número de espécies vegetais, a rotação de cultura fica limitado para áreas infestadas por *P. brachyurus*. A cultura do milho é atualmente a principal cultura usada em rotação com a soja. Os resultados encontrados aqui comprovam que, esta cultura não é uma boa opção de rotação com a cultura da soja, em áreas infestadas pelo nematoide. A densidade populacional aumenta consideravelmente no final do ciclo da cultura,

contrariamente à cultura da soja, que de maneira geral, diminui a densidade populacional do nematoide quando a planta atinge o estágio reprodutivo. Todas as cultivares de arroz testadas no estudo mostraram a suscetibilidade a *P. brachyurus* e não é recomendada, em áreas infestadas pelo nematoide. A rotação com a soja e o uso em áreas de integração lavoura-pecuária, pois as espécies de gramíneas usadas como pastagens na integração são hospedeiras do nematoide. Assim, a densidade populacional do nematoide aumentará na área.

Diante dos resultados aqui apresentados, é necessário que os estudos sejam continuados com o intuito de se obter genótipos resistentes. É importante também identificar outras culturas promissoras que possam ser usadas em rotação ou sucessão com a soja em áreas com alta infestação por *P. brachyurus*, além de ser importante o estudo do comportamento desse nematoide nos ecossistemas onde essas culturas são produzidas.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. T.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. Soja e seus derivados na alimentação de aves e suínos. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009. 314p. cap. 20, p. 273 - 289.
- ALVES, T. C. U.; SILVA, R. A.; BORGES, D. C.; MOTTA, L. C. C.; KOBAYASTI, L. Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Biodiversidade**, Cuiabá v.10, n. 1, p. 73 – 79, 2011.
- 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. Seção Trabalhos, t. 3. 1 CD-ROM.
- ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematoide do gênero *Meloidogyne*. In: FERRAZ, L. C. C. B.; ASMUS, G. L.; CARNEIRO, R. G.; MAZAFFERA, P.; SILVA, J. F. V. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja**. Londrina: Embrapa. 2001. p. 39-62.
- ASMUS, G. L.; ANDRADE, P. J. M. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em cultivares de milho. **Nematologia Brasileira**, Brasília v. 21, n. 2, p. 39-47, 1997.
- ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. APPEZZATO-DA-GLORIA. Alterações anatômicas em raízes de milho (*Zea mays L.*) parasitadas por *Meloidogyne javanica*. **Nematropica**, v. 30, n.1, p. 33- 40, 2000.
- BARBOSA, B. F. F.; SANTOS, J. M.; BARBOSA, J. C.; SOARES, P. L. M.; RUAS, A. R.; CARVALHO, R. B. Aggressiveness of *Pratylenchus brachyurus* to sugarcane, compared with key nematode *P. zaeae*. **Nematropica**, Airways Blvd, v. 43 n. 1 p.119-130. 2013.
- BARROS, G. S. A. C.; ADAMI, A. C. O. ZANDONÁ, N. F. **Faturamento e volume exportado do agronegócio brasileiro são recordes em 2013**. CEPEA- 2014. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br). Acesso em: 12 mar de 2014.
- BÉLAIR, G.; DAUPHINAIS, N.; BENOIT, D. L.; FOURNIER, Y. Reproduction of *Pratylenchus penetrans* on 24 common weeds in Potato fields in Québec. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 39, n. 4, p. 326- 326. 2007.
- BORGES, D. C.; MACHADO, A. C.Z.; INOMOTO, M. M. Reação de aveias a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p 178-181, 2010.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series B (Statistical Methodological), New York, v. 26, n. 2, p. 2011-252, 1964.

CALZAVARA, S. A.; SANTOS, J. M.; FAVORETO, L. Resistência de porta-enxertos cítricos a *Pratylenchus jaehni* (Nematoda: Pratylenchidae). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 31, p. 7-11, 2007.

CAMPOS, H. D.; ROCHA, M. R. Reação de genótipos de milho (*Zea mays* L.) aos nematoides de galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 13-17, 1999.

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

CARVALHO, C.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, J. M.; MACEDO, M. C. M. Densidade populacional de *Pratylenchus* spp. em pastagens de *Brachiaria* spp. e sua influência na disponibilidade e na qualidade da forragem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, p. 030-037, 2013.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. Doenças do milho. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, Embrapa, n. 83, 2006.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. Diagnosis and descriptions of *Pratylenchus* species. In: ***Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. 1 ed. Córdoba v. 6, cap. 4, p. 51-280, 2007.

CHIAMOLERA, F. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; SOUTO, E. R.; BIELA, F.; CUNHA, T. P. L.; SANTANA, S. M.; PUERARI, H. H. 2012. Suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchus brachyurus* e atividade sobre a população do nematoide na cultura do milho. **Nematropica**, Airways, v. 42, n. 1, p. 267-275, 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2013/2014 – Oitavo Levantamento – Maio/2014**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_05\\_08\\_10\\_11\\_00\\_boletim\\_graos\\_maio\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_boletim_graos_maio_2014.pdf)>. Acesso em: 9 mai 2014.

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

CORDEIRO, M. C. R.; GOULART, A. M. C.; COSTA, A. M.; SHARMA, R. D. Identificação molecular do nematoide de galhas, *Meloidogyne* ssp. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2008, DF, n. 219-20p.

COSTA, D. C.; FERRAZ, S. Avaliação da resistência de cultivares e linhagens de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 4-5, 1998.



DALL'AGNOL, A.; ANTONIO, H.; BARRETO, J. N. Reação de 850 genótipos de soja aos nematoides das galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incógnita*, **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.8, n.1, p. 67-112, 1984.

DHINGRA, O. D.; MENDONÇA, H. L.; MACEDO, D. M. Doenças e seu controle. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009. 314p. cap.12, p.133 -155.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides em soja: identificação e controle. **Circular técnica** 76, Londrina, Embrapa Soja, 8p. 2010.

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: XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 30, 2008, Rio Verde, GO. **Resumos.....**Londrina: Embrapa Soja. p. 137-138. (Embrapa Soja. Documentos).

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S.; GARCIA, A.; ARIAS, A. A. Nematode de Cisto da Soja: Biologia e Manejo Pelo Uso da Resistência Genética. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; RIBEIRO, R. C. F. Reação de Gramíneas Forrageiras a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 90-93, 2009.

DICKSON, D. W.; MCSORLEY, R. Interaction of three plant-parasitic nematodes on corn and soybean. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 22, n. 4s, p. 783-791. 1990.

DINARDO-MIRANDA, L. L. D.; SPIRONELLO, A.; MARTINS, A. L. M. Dinamica populacional de nematoides fitoparasitas em cultura de abacaxi. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 21, nº 1, 1997.

EGUNJOBI, O. A.; BOLAJI, E. I. Dry season survival of *Pratylenchus* spp. in maize fields in weterm Nigeria. **Nematologia Mediterranea**, Ibadan, v. 7, n. 1, p. 129-135, 1979.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**. Rio Verde, GO. Ata da XXX reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 350p. (Documentos/ Embrapa soja, ISSN 1516-718 X n. 310).

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. ISSN 1679 versão eletrônica- 8ª edição outubro de 2012. Disponível em:<  
[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/doencas.htm#005](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/doencas.htm#005)>. Acesso em 18 mar 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil**, Londrina: Embrapa Soja, p. 265, II série (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902, n.16). 2013.

FALEIRO, V. O.; FARIAS NETO, A. L.; BORGES, D. C.; SILVA, J. F. V.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SILVA NETO, S. P. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. In: Congresso Brasileiro de Soja. 6, 2012, Cuiabá. **Anais.....**Londrina. Embrapa Soja, 2012. Seção Trabalhos, t.78. n. 183, CD-ROM.

FERRAZ, L. C.C B. As Meloidogines da Soja: Passado, Presente e Futuro. In: SILVA, J. F. V. **Relações Parasito-Hospedeiro nas Meloidoginoses da Soja**. ed. 1, Londrina, Embrapa Soja. Sociedade Brasileira de Nematologia, v.1, cap. 1, p. 15-38, 2001.

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

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

FERRAZ, L. C. C. B. Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* a três cultivares de soja. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 1-8, 1995.

FERRAZ, L. C.C. B. Reações de variedade de arroz a três espécies de Meloidogyne. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.17, n. 1, p. 76-84, 1993.

FERREIRA, A. D; ROCHA, M. R.; BARBOSA, K. A. G.; ALVES, T. G.; SANTOS, L. C.; TEIXEIRA, R. A.; MACHADO, A. S. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus* em área naturalmente infestada. In: **2º International congresso of tropical nematology**. Maceió, Alagoas. 2009a. Seção Trabalhos, t.74. 1 CD-ROMa.

FERREIRA, A. D; ROCHA, M. R.; BARBOSA, K. A. G.; ALVES, T. G.; SANTOS, L. C.; ARAÚJO, F. G.; TEIXEIRA, R. A.; MACHADO, A. S. Reação de variedades de milho a *Pratylenchus* sp. em área naturalmente infestada. In: **2º International congresso of tropical nematology**. Maceió, Alagoas. 2009b. Seção Trabalhos, t.54. 1 CD-ROMb.

FORTUNER, R.; MERNY, G. Root-Parasitic nematodes of rice. **Revue Nématologica**, Cidade, v. 2, n.1, p 79-102. 1979.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. **Introdução à Nematologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 84 p., 2001.

GALLAHER, R. N.; D. W. DICKSON, D. W.; CORELLA, J. F.; HEWLETT, T. E. Tillage and Multiple Cropping Systems and Population Dynamics of Phytoparasitic Nematodes. **Jornal of Nematology**, Deleon Springs, v. 2, n. 1, p. 90-94, 1988.

GEORGI, L.; FERRIS, J. M.; FERRIS, V. R. Population development of *Pratylenchus hexincisus* in eight corn inbreds. **Jornal of Nematology**, Riverside, v. 15, n. 2, p. 243-252, 1983.

GOULART, A. M. C. **Análise nematológica: importância e princípios gerais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 45p (Documentos- ISSN 1517-5111).

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

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRESEGHELLO, F.; PEREIRA, J. A.; CASTRO, E. M. Arroz de terras altas: espaçamento e densidade de semeadura. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2003a. 6p. Circular Técnica, 61.

GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S.; SILVA, E. C.; LAZARINI, E.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003b.

GUIMARÃES, P. S. **Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais**. 2007. 111 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2007.

GUZMÁN-HERNÁNDEZ, T.J.; VILLALOBOS, S. H.; VARELA-BENAVIDES, I.; DURÁN-MORA, J.; MONTERO-CARMONA, W. Nematodos fitoparásitos associados al arroz em las regiones huertar norte y huertar atlántica de costa rica. **Agronomía Mesoamericana**, Alajuela, 22(1), p 21-28, 2011.

HAJIHASSANI, A.; SMILEY, R. W.; AFSHAR, F. J. Effects of co-inoculation with *Pratylenchus thornei* and *Fusarium culmorum* on growth and yield of winter wheat. **Plant Disease**, Quebec, v. 97, n. 11, p. 1470-1477, 2013.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 72 p. (Documentos, 256).

HOOPER, D. J. Handling, fixing, staining, and mouting nematodes. In.: SOUTHEY, J. F. (Ed.). **Laboratory methods with nematodes**. London: Commonwealth Agricultural, Bureaux, 1970, p. 5-30.

INOMOTO, M. M. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, p. 308-312, 2011.

INOMOTO, M. M.; MOTTA L. C. C.; MACHADO, A. C. Z.; SAZAKI, C. S. S. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 151–157, 2006.

INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M.S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de culturas sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**. Brasília, v. 36, nº 3, p. 178-185, 2011.

INOMOTO, M.M.; MACHADO, A.C.Z.; ANTEDOMÊNICO, S.R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília-DF. v. 32, n.1, p.341-344, 2007.

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

JORDAAN, E. M.; WAELE, D. Host Status of Five Weed Species and Their Effects on *Pratylenchus zae* Infestation of Maize. **Journal of Nematology**, Deleon Springs, v. 20, n. 4, p. 620-624, 1988.

JORDAAN, E. M.; WAELE, D.; VAN ROOYEN, P. J. Endoparasitic nematodes in maize roots in the western transvaal as related to soil texture and rainfall. **Jornal of Nematology**, Deleon Springs, v.21, n 3, p. 356-360, 1989.

KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, M. F.; MOURÃO, S. A. Manejo das forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* consorciadas com o milho em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Circular Técnica**, 130).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J.G. S.; VILELA, L.; BARCELLOS, AL. O.; MAGNABOSCO, C.U. Integração lavoura - pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. **Circular Técnica** 38, Santo Antonio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 28p. 2000.

KOENNING, S. R.; SCHMITT, D. P.; BARKER, K. P. Influence of planting date on population dynamics and damage potencial of *Pratylenchus brachyurus* on Soybean. **Journal of Nematology**, v. 17, n. 4, p. 428-434, 1985.

LIMA, R. D. ; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja, no Triângulo mineiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.16, n. 1 p. 101-102. 1992.

LINDSEY, D. W.; CAIRNS, J. Pathogenicity of the lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, on six Soybean cultivars. **Journal of Nematology**, Deleon Springs, v. 3, nº 3, p. 220-226, 1970.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A.; SAWAZAKI, E. Avaliação da resistência de milho a *Meloidogyne incógnita* e a *M. arenaria*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 93-105, 1994.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. São Paulo, Nobel. 314 p. 1984.

LORDELLO, R. A.; LORDELLO, A. I. L.; SAWAZABI, E.; SOBRINHO, J. A. Reação de genótipos de milho a *Pratylenchus* spp. em campo. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, p.163-173, 1985.

LORDELLO, R. A.; SAWAZAKI, E.; LORDELLO, A. I. L.; SOBRINHO, J. A. Controle de *Pratylenchus* spp. em milho com nematicidas sistêmicos e com torta de mamona. **Revista Brasileira de Nematologia**, Piracicaba, v. 7, n. 1, 1983.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

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.

MACHADO, A. C. Z. Host status of some selected Brazilian soybean cultivars to *Pratylenchus brachyurus* In: **2º International congresso of tropical nematology**. Maceió, Alagoas. 2009. Seção Trabalhos, t.76. 1 CD-ROM.

MACHADO, A. C. Z.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Pathogenicity of *Pratylenchus brachyurus* on cotton plants. **Journal of Cotton Science**, Baton Rouge, v. 16, n. 4, 2012.

MCDONALD, A.H.; BERG, V. D. Effect of watering regimen on injury to corn and grain sorghum by *Pratylenchus* species. **Journal of Nematology**, Hanover, v.25, n.4, p. 654-658, 1993.

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

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

MENDONÇA FILHO, M. A. M.; VON PINHO, R. G.; FONSECA, R. G.; NASCIMENTO, M. S.; SANTOS, A. O. Reação de híbridos de milho ao nematoide *Pratylenchus brachyurus*, cultivados na safrinha no Estado do Mato Grosso. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012, Águas de Lindóia, SP. **Anais eletrônico...** Águas de Lindóia. Seção Trabalhos, p. 854 – 859. Disponível em: <[www.abms.org.br/29cn\\_milho/04404.pdf](http://www.abms.org.br/29cn_milho/04404.pdf)>. Acesso em: 5 jul 2014.

MOORE, S. R.; LAWRENCE, K. S. The Effect of Soil Texture and Irrigation on *Rotylenchulus reniformis* and Cotton. **Journal of Nematology**, Raleigh, v.45, n. 2, p. 99-105, 2013.

MORALES, A. M. R. **Análise da expressão de genes relacionados à resistência a *Meloidogyne javanica* em soja, através da técnica de PCR em tempo real**. Dissertação (mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Jabotical, 2007, 85 p.

MORITZ, M. P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R. G. Reação de genótipos de milho às raças 1 e 3 de *Meloidogyne incognita* e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 211-214, 2003.

MOTALAOTE, B.; STARR, J. L.; FREDERIKSEN, R. A.; MILLER, F. R. Host status and susceptibility of sorghum to *Pratylenchus* species. **Revue Nématologica**, v. 10, n. 1, p. 81-86, 1987.

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

NEVES, D. L. Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes gramíneas forrageiras. **Global Science and Tecnology**, Rio Verde, v.6, n. 1, p.134-140, 2013.

NEVES, D. L.; RIBEIRO, L. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; CAMPOS, H. D.; RIBEIRO, G. C. Sobrevivência de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes substratos, com baixo teor de umidade. **Nematropica**, Airways Blval, v. 42, p. 211-217, 2012.

NICOL, J. M.; DAVIES, K. A.; HANCOCK, T. W.; FISHER, J. M. Yield loss caused by *Pratylenchus thornei* on wheat in south Australia. **Jornal of Nematology**, Raleigh, v. 31, n. 4, p. 367-376, 1999.

OLABIYI, T. I.; OLAYIWOLA, A. O.; OYEDIRAN, G. O. Influence of soil texture on distribution of phytonematodes in the South Western Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences**, Dubai, v. 5, nº 5, p. 557-560, 2009.

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

PANKAJ; GANGULY, A. K.; PANDEY, R. N. Severe damage caused by the root-lesion nematode, *Pratylenchus thornei*, in aerobic rice in India. **Nematologia Mediterrânea**, Bari, v 40, n. 1, p. 79-81, 2012.

PLOWRIGHT, R. A.; MATIAS, D.; AUNG, T.; MEW, T.W. The effect of *Pratylenchus zaeae* on the growth and yield of upland rice. **Revue Nématologica**, v.13, n. 3, p. 283-292, 1990.

PROT J. C. & SAVARY, S. Interpreting upland rice yield and *Pratylenchus zaeae* relationships: correspondence analyses. **Journal of nematology**, v.25, n.2, p. 277-285, 1993.

QING Y.; POTTER, J. L. Population development of *Pratylenchus penetrans* in sweet corn cultivars under controlled conditions. **Can. J. Plant. Sci.**, v. 78, n. 1, p. 703-706, 1998.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: < <http://www.r-project.org> >. Acesso em 5 de jan 2013.

RACK, V. M.; VIGOLO, F.; SILVA, R. A.; FILHO, G. A. G.; SANTOS, P. S. Reação de cultivares de arroz de terras altas a dois isolados de *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 37, n. 3-4, p. 37-41, 2013.

REETZ, E. R.; SANTOS, C.; CORRÊIA, S.; SILVEIRA, D.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da soja 2008**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2008, 136 p.

RIBEIRO, N. R.; BEZERRA, F. F.; SILVEIRA, T. F.; LIMA, C. P.; SILVA, C. S.; SILVA, A. P. L. Avaliação da resistência de genótipos de milho (*Zea mays*) ao nematoide *Pratylenchus brachyurus*. In: **2º International congress of tropical nematology**. Maceió, Alagoas. 2009. Seção Trabalhos, t. 41. 1 CD-ROM.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, J.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. Avaliação da reação de espécies vegetais ao nematoide das lesões radiculares. In: Reunião de pesquisa da soja da região central do Brasil, 29, 2007, Campo Grande MS. **Resumos.....** Londrina: Embrapa Soja/ Uniderp, 2007. P.62-63. (Embrapa Soja. Documentos).

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.

ROCHA, M. R.; SANTOS, L. C.; TEIXEIRA, R. A.; ARAÚJO, F. G.; REZENDE NETO, U. R.; FERREIRA, C. S.; FALEIRO, V. O.; COSTA, R. B. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus* em área naturalmente infestada. In: **XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Rio Verde, Goiás. 2008.

SAHOO, C. R. & SAHU S. C. Pathogenicity of *Pratylenchus zea* on Rice. **Nematologia Mediterrânea**, v. 21, n. 1, p. 177-178, 1993.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software: changes and enhancements through release 9.1**. Cary: SAS Institute Inc., 1999.

SCHMITT, D. P.; BARKER, K. R. Damage and Reproductive Potentials of *Pratylenchus brachyurus* and *P. penetrans* on Soybean. **Journal of Nematology**, Deleon Springs, v. 13, nº. 3, p. 327-332, 1981.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. 314p. cap.1, p.1 - 27.

SEGPLAN- IMB-Instituto Mauro Borges. **Goiás em Dados 2012/** Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento; Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Goiânia: Segplan, 2013. Disponível em:< <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/down/godados2012.pdf>>. Acesso em 10 mar 2014.

SHARMA, R. D. Nematode de pastagem, *Pratylenchus brachyurus* atacando soja nos cerrados do Brasil Central. In: XXIX Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 1996, **Resumos...** Brasília, DF, SBF, 1996, p. 419.

SHARMA, R.D.; A.S. PRABHU. Reação de cultivares de arroz de sequeiro ao nematoide *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 160-167, 1983.

SILVA, A. R.; SANTOS, M. A.; LEITE, M. T. Reprodução de nematoides de galhas em cinco cultivares de arroz de terras altas. **Biosci. J.**, Rio Verde, v.20, n.3, p. 9-12, 2004.

SILVA, J. F. V. Resistência genética de soja a nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. **Relações Parasito-Hospedeiro nas Meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, Sociedade Brasileira de nematologia, 2001, v. 1, cap.4, p. 95-119.

SILVA, R. A.; FILHO, G. A. G.; ALCÂNTARA, N. R. S. Reações de cultivares de arroz a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, V. 35, n. 1, p. 3-4, 2011.

SIQUEIRA, K. M. S.; INOMOTO, M. M. Pathogenicity and reproductive fitness of *Pratylenchus brachyurus* on cowpea. **Nematology**, Leiden, v. 10, n. 4, p. 495-500, 2008.

SMOLIK, J. D.; WICKS, Z. W. Reproduction of *Pratylenchus hexincisus* and *P. scribneri* in corn inbreds. **Jornal of Nematology**, Deleon Springs, v.1, n. 1, p. 29-31, 1987.

TALWANA, H. L.; BUTSEYA, M.M.; TUSIIME, G. Occurrence of plant parasitic nematodes and factors that enhance population build-up in cereal-based cropping systems in Uganda. **African Crop Science Journal**, Dhaka, v. 16, n. 2, p. 119-131, 2008.

TEIXEIRA, R. C.; SEDIYAMA, H. A.; SEDIYAMA, T. Composição, valor nutricional e propriedades funcionais. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. 314p. cap. 18, p. 247 - 259.

TIHOHOD, D. **Nematologia Agricola Aplicada**. Jaboticabal: Funep., 1993. 372p.

TIN A.; PROT, J. C. Effects of crop rotations on *Pratylenchus zae* and on yield of rice cultivar UPL Ri-5. **Revue Nématologica**, v.13, n.4, p. 445-447, 1990.

TOMAZINI, M. D.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA, C. M. G.; GONÇALVES, W.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO M. M. Resistência de genótipos de cafeeiros a *Pratylenchus coffeae* e *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p.193-198, 2005.

USDA – United States Department of Agriculture. Disponível em:<  
[http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=DATA\\_STATISTICS](http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=DATA_STATISTICS)>. Acesso em 10 mar 2014.

WANDER, A. E. A competitividade do agronegócio brasileiro de arroz. **Custos e Agronegócio on line**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p.1, 2006.

WILCKEN, S. R. S.; FUKAZAWA, R. M.; ROSA, J. M. O.; JESUS, A. M.; BICUDO, S. J. Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 e *M. javanica* em genótipos de milho em condições de casa-de-vegetação. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30 n. 1, p. 35-38, 2006.