

LEONARDO BARROS DE MACEDO

**EFEITO DE HERBICIDAS SOBRE A DENSIDADE POPULACIONAL
de *Pratylenchus brachyurus* EM CULTIVARES DE SOJA**

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

Orientador:

Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha

Goiânia, GO – Brasil
2012

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

M141e Macedo, Leonardo Barros de.
Efeito de herbicidas sobre a densidade populacional de
Pratylenchus brachyurus em cultivares de soja
[manuscrito] / Leonardo Barros de Macedo. - 2012.
51 f. : figs, tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mara Rúbia da Rocha.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de
Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos,
2012.

Bibliografia.

Inclui figuras e tabelas.

1. Nematóide – Soja - Herbicidas. 2. Soja (*Glycine Max*)
– Densidade populacional – Nematóide. I. Título.

CDU: 632:633.34

Permitida a reprodução total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor

**Dedico este trabalho a duas pessoas
muitíssimo importantes à minha vida: Érika,
minha esposa e Ana Cecília, minha filha.**

“... eu sem vocês sou só desamor...”

AGRADECIMENTOS

Ao ser Supremo em que tudo está, Deus, A e o Ω .

À minha família, meus pais Rafael Leonardo Rocha de Macedo e Ernestina Barros de Macedo e, em especial, ao meu imenso amor Érika Fernandes Soares, pelo apoio, carinho, compreensão e paciência.

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

À Professora Dra. Mara Rúbia da Rocha, pela orientação, ensinamentos, sapiência científica e atenção.

À equipe do laboratório de Nematologia da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG, Kássia Aparecida Garcia Barbosa, Leonardo de Castro Santos, Renato Andrade Teixeira, Fernando Godinho de Araújo, pelas colaborações técnicas e “mão de obra qualificada”.

Ao agricultor Manassés, pela cessão das áreas experimentais e pelo apoio durante o período de realização da pesquisa.

À Universidade Federal de Goiás, pela oportunidade de ampliar os horizontes do conhecimento.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos do mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 A CULTURA DA SOJA (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	13
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS FITONEMATOIDES.....	14
2.2.1 Nematóide das lesões radiculares na soja	14
2.2.2 Taxonomia, morfologia e ciclo de vida.....	16
2.2.3 Alternativas de manejo de <i>Pratylenchus brachyurus</i>	18
2.3 HOSPEDABILIDADE DE PLANTAS DANINHAS A NEMATOIDES ..	23
2.4 INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS SOBRE FITONEMATOIDES	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS E AVALIAÇÕES	27
3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÕES.....	43
6 REFERÊNCIAS.....	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Número médio¹ de *Pratylenchus brachyurus* por 10 gramas de raízes aos 45 e 90 dias após a emergência (DAE) e fator de reprodução (FR), em função de métodos de controle de plantas daninhas e cultivares de soja em condições de campo. Vicentinópolis-GO, safra 2010/2011 33
- Tabela 2.** Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para a variável número de *Pratylenchus brachyurus* em 10 gramas de raízes e fator de reprodução (FR), em diferentes avaliações, no campo. Vicentinópolis-GO, safra 2010/2011 34
- Tabela 3.** Número médio¹ de *Pratylenchus brachyurus* por 10 gramas de raízes, aos 30 e 60 dias após a inoculação (DAI) e FR em função dos métodos de controle de plantas daninhas e cultivares de soja, em casa de vegetação. Goiânia-GO, 2010/2011 35
- Tabela 4.** Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para as variáveis número de *Pratylenchus brachyurus* e fator de reprodução (FR) em diferentes avaliações, em casa de vegetação em Goiânia-GO, 2010/2011 37
- Tabela 5.** Peso fresco de raízes (g), índice de área foliar (IAF) (cm²) e biomassa (g.m⁻²) em diferentes cultivares sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas em campo. Vicentinópolis-GO, 2010/2011 38
- Tabela 6.** Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para as variáveis índice de área foliar (IAF) e biomassa em diferentes avaliações³, no experimento de campo. Vicentinópolis-GO, safra 2010/2011 39
- Tabela 7.** Peso fresco de raízes (g) e biomassa da parte aérea (g.m⁻²) das diferentes cultivares sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas em casa de vegetação. Goiânia-GO, 2010/2011 40
- Tabela 8.** Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para as variáveis peso fresco de raízes e biomassa de parte aérea, no experimento conduzido em Goiânia-GO, safra 2010/2011.. 41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Croqui representativo de uma parcela experimental. 28
- Figura 2.** Parcelas com alta incidência de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (A); e plantas daninhas (B). Vincentinópolis, GO. 2010. 30

RESUMO

MACEDO, L. B. **Efeito de herbicidas sobre a densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus* em cultivares de soja.** 2012. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.¹

A soja (*Glycine max* L.) é hoje um dos principais produtos de exportação do Brasil e uma das principais *commodities* do mundo. Na região Centro Oeste do Brasil, a principal região produtora de soja, o nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, tornou-se um grande problema para a cultura, podendo ocasionar importantes perdas. As plantas daninhas também constituem fator limitante para a obtenção de altos rendimentos na cultura da soja, e a aplicação de herbicidas para o seu controle pode afetar a população de nematoides. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de herbicidas, incluindo glyphosate, sobre a densidade populacional de *P. brachyurus*, em cultivares de soja convencionais e uma cultivar transgênica. Foram conduzidos dois ensaios, um em campo e outro em casa de vegetação, na safra 2010/2011. O delineamento experimental utilizado no campo foi blocos casualizados, em arranjo fatorial 2x4+2, com quatro repetições. Em casa de vegetação foi utilizado inteiramente casualizado, com o mesmo esquema fatorial, e seis repetições. Os fatores dos tratamentos consistiram em: cultivares, com dois níveis (BRSGO Iara e M-Soy 8001) e métodos de controle das plantas daninhas, com quatro níveis: arranquio manual e controle químico com lactofen, chlorimuron-ethyl e haloxifop-r. Os dois tratamentos adicionais consistiram da cultivar transgênica BRS Valiosa RR, com controle manual de plantas daninhas e glyphosate. As avaliações para a população de *P. brachyurus*, no campo, foram efetuadas aos 45 e 90 dias após emergência (DAE). Também avaliaram-se biomassa, índice de área foliar (IAF), massa fresca e massa seca das vagens. Em casa de vegetação foram avaliados o peso fresco de raízes e a biomassa da parte aérea, aos 30 e 60 dias após a inoculação (DAI). O fator de reprodução (FR) foi determinado em ambos os ensaios. No campo, para cálculo do FR considerou-se a população do nematoide aos 45 DAE como população inicial. O uso da cultivar transgênica e do herbicida glyphosate não afetou a densidade populacional de *P. brachyurus*. Não houve diferença no comportamento das cultivares em relação ao nematoide *P. brachyurus*. Os herbicidas clorimuron, lactofen e haloxifop também não influenciaram a população de *P. brachyurus*. Entretanto, clorimuron e lactofen reduziram o crescimento vegetativo das cultivares de soja BRSGO Iara e M-Soy 8001.

Palavras-chave: nematoide das lesões radiculares, *Glycine max*, herbicidas, densidade populacional, transgênicos.

¹ Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Mara Rúbia da Rocha. EA-UFG.

ABSTRACT

MACEDO, L. B. **Effect of herbicides on the population density of *Pratylenchus brachyurus* on soybean cultivars.** 2012. 51 f. Dissertation (Master in Agronomy: Crop Production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.¹

Soybean (*Glycine max* L.) is now a major export products from Brazil and one of the main commodities in the world. In the Central West region of Brazil, the main soybean-producing region, the lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, has become a major problem for culture can lead to significant losses. Weeds are also a limiting factor for obtaining high yields in soybean, and herbicide application to control it can affect the population of nematodes. This study aimed to evaluate the effect of herbicides, including glyphosate, on the population density of *P. brachyurus* on soybean conventional and transgenic cultivar. Two experiments were conducted in field conditions and another in a greenhouse in 2010/2011 harvest. The experimental design of the first was completely randomized in factorial arrangement 2x4+2, with four replicates. In greenhouse the design was completely randomized, with the same factorial design and six replications. The factors of the treatments consisted of cultivars, with two levels (BRSGO Iara and M-SOY 8001), and methods of weed control, with four levels (pull-off manual and chemical control with lactofen, chlorimuron-ethyl, and haloxifop-r). Two additional treatments consisted of transgenic cultivar BRS Valiosa RR with manual control of weeds and glyphosate. The assessments for the population of *P. brachyurus*, in the field were made at 45 and 90 days after emergence (DAE). We also evaluated the biomass, leaf area index (LAI), fresh and dry mass of pods. In the greenhouse were measured wet weight of roots and aboveground biomass at 30 and 60 DAI. The reproduction factor (RF) was determined in both trials. In the field, to calculate the RF was considered the population of nematodes 45 DAE as initial population. The use of transgenic cultivar and glyphosate did not affect the population density of *P. brachyurus*. There was no difference in the behavior of cultivars in relation to nematode *P. brachyurus*. Herbicides clorimuron, lactofen and haloxifop also did not affect the population of *P. brachyurus*. However clorimuron and lactofen reduced the growing of soybean cultivars BRS Iara and M-SOY 8001.

Key words: root lesion nematode, *Glycine max*, herbicides, population density, transgenics.

¹ Adviser: Prof^ª. Dr^ª. Mara Rúbia da Rocha. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é hoje um dos principais produtos de exportação do Brasil e uma das principais *commodities* do mundo. A sua proteína é grandemente utilizada na alimentação animal e seu óleo na alimentação humana. Acrescenta-se a isto o fato de que cresce a sua participação na alimentação humana e na obtenção de outros produtos como adubos, revestimentos, papel, tintas e combustível (biodiesel), representando 85% da matéria prima utilizada na fabricação de biodiesel no país. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA. Na safra 2010/2011 registrou produção de 75 milhões de toneladas numa área de 24,2 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.106 kg.ha⁻¹. Assim, consolida-se como potencial fornecedor internacional de proteína, seja sob a forma de grão ou farelo e, igualmente, amplia seus níveis industriais na elaboração de óleo (Embrapa, 2012).

Aproximadamente quarenta doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides ou vírus já foram identificadas atacando a cultura da soja no Brasil. E este número continua aumentando com a expansão da cultura para novas áreas, e como consequência da monocultura (Embrapa, 2008). O cultivo contínuo e extensivo dessa leguminosa tem gerado preocupações quanto ao ataque de pragas e doenças, com destaque para os fitonematoides, que podem se tornar fator limitante à cultura. Portanto, é necessário que seja feito um manejo adequado e planejado, visando à redução ou a manutenção das populações em níveis que não causem prejuízo econômico.

Dentre os nematoides, citam-se como os de maior importância os formadores de galhas (*Meloidogyne* spp.), o de cisto (*Heterodera glycines*), o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e o reniforme (*Rotylenchulus reniformes*). O gênero *Pratylenchus* é o segundo grupo de fitonematoides mais importante no mundo, sendo suplantado apenas pelo gênero *Meloidogyne*. Segundo Dias et al. (2007), áreas com elevadas densidades populacionais de *Pratylenchus* têm surgido, provavelmente, devido à sua migração de lavouras para áreas anteriormente cultivadas com pastagens e, também, em lavouras sob sistema de plantio direto, devido à associação com a palhada de braquiárias e a rotação com milho, culturas suscetíveis a esse nematoide.

Nas últimas safras, o nematoide das lesões radiculares, *P. brachyurus* tornou-se um grande problema para a cultura da soja na região Centro-Oeste do Brasil. O patógeno foi beneficiado por mudanças no sistema de produção e a incorporação de áreas com textura arenosa o que aumentou a vulnerabilidade da cultura (Ribeiro et al., 2007).

Nematoides do gênero *Pratylenchus* são considerados parasitas de difícil controle ou manejo. Por esse motivo, deve-se evitar a sua introdução em locais ainda isentos desses nematoides (Castillo & Vovlas, 2007). Este fato torna-se bastante difícil, uma vez que no Cerrado já ocorrem em solos sob vegetação nativa, porém, muitas vezes em níveis populacionais baixos ou até mesmo não detectáveis.

A falta de nematicidas com baixo impacto ambiental no mercado e dos custos de manutenção de registro do produto comercial tem atraído a atenção para o desenvolvimento de métodos alternativos de manejo para a espécie *Pratylenchus*. O manejo integrado tem sido uma alternativa utilizada para o controle desses nematoides. O melhoramento genético para resistência, apesar de ser difícil, pois o nematoide é polífago e pouco especializado (endoparasita migrador), não se fixando na planta hospedeira, deve ser considerado. A rotação e sucessão com culturas não hospedeiras são aparentemente os métodos mais promissores de manejo. O tratamento de sementes é outro método que deve ser adotado, integrando, assim, o conjunto de medidas práticas para manter a densidade populacional em nível que não cause dano econômico (Freitas et al., 2001; Brasil, 2008; Goulart, 2008; Lovato et al., 2009).

As plantas daninhas também constituem fator limitante para a obtenção de altos rendimentos na cultura da soja, podendo ocasionar perdas significativas conforme a espécie presente, a densidade e a distribuição na lavoura. Elas podem também ser hospedeiras alternativas de fitopatógenos como os nematoides. A forma de controle mais utilizada é o método químico, com o uso de herbicidas (Embrapa, 2008).

Alguns herbicidas podem apresentar efeitos no desenvolvimento de doenças, seja pelos efeitos diretos aos patógenos e, ou, pelos efeitos indiretos, como respostas mediadas pelas plantas com alterações no metabolismo (Rizzardi et al., 2003). Os herbicidas podem reduzir a densidade dos nematoides, pela eliminação de plantas daninhas, que podem ser hospedeiros alternativos; ou por efeito direto sobre a população de nematoides, inibindo a eclosão dos ovos, restringindo a migração dos juvenis para as plantas hospedeiras e inibindo o desenvolvimento dos nematoides dentro das raízes das plantas hospedeiras (Levene et al., 1998a). Wong et al. (1993) reiteram que a aplicação dos

herbicidas, também, pode resultar em aumento ou diminuição populacional de nematoides, por estimularem ou inibirem a eclosão de juvenis de algumas espécies.

Também o uso de cultivares transgênicas, resistentes ao herbicida glyphosate, vem se tornando uma prática comum na sojicultura brasileira. O plantio destas cultivares, associado ao uso do herbicida glyphosate, hipoteticamente pode também interferir nas populações de nematoides.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de herbicidas, incluindo glyphosate, sobre a densidade populacional de *P. brachyurus*, em cultivares de soja convencionais e uma cultivar transgênica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

A soja é uma planta pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), Subfamília Faboideae, Gênero *Glycine*, Espécie *Glycine max* (L.) Merrill. Hoje, é cultivada em todo o mundo sendo bem diferente daquela que lhe originou quando se apresentava como plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, mais especificamente na China, ao longo, principalmente, do Rio Amarelo (Huang He ou Huang Ho). Sua domesticação se deu de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem e que a melhoraram (Embrapa, 2004).

A notável expansão no cultivo da soja no Brasil teve lugar na década de 1970, passando a figurar entre os principais produtos capazes de gerar divisas ao país, em termos de exportação e tornando-se, a partir de então, fator decisivo ao equilíbrio da balança comercial. Ao final daquela década, a cultura passou a ocupar vasta área de Cerrado na região Centro-Oeste, o que representou grande desafio aos pesquisadores, haja vista que o cultivo em regiões de latitudes inferiores a 20° era pouco recomendável sob o ponto de vista de desempenho agrônômico (Silva et al., 2001). Na década seguinte, a região Centro-Oeste já ostentava o cultivo de dez milhões de hectares de soja, o que representava, aproximadamente, 50% da produção nacional (Prado, 2007).

Na atualidade, a soja se estabelece como cultura economicamente importante para o Brasil, consolidando-se como a principal cultura do agronegócio brasileiro. No final dos anos 1970, mais de 80% da produção brasileira de soja ainda se concentrava nos três estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), embora o Cerrado das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do país sinalizassem que participariam como importante área de expansão para o processo produtivo da oleaginosa, o que, efetivamente, ocorreu a partir da década de 1980 (Dall'agnol et al., 2007; Embrapa, 2008).

Além da contínua expansão da soja na região Centro-Oeste, sua área cultivada está crescendo também nas regiões Norte e Nordeste. Essa expansão tem sido atribuída ao

crescimento contínuo dos mercados interno e externo da soja e seus derivados, e, conseqüentemente, à sua maior liquidez, comparativamente a outros produtos (Fundação MT, 2007).

O Estado de Goiás ocupa o quarto lugar no *ranking* nacional, tendo produzido, na safra 2011/2012, o volume de 8,18 milhões de toneladas, numa área colhida de 2,64 milhões de hectares, e produtividade de 3.200 kg por hectare. Esses dados representam acréscimo de aproximadamente 0,9% em relação à safra anterior (Conab, 2012). A soja é o produto de maior importância na agricultura goiana, representando 51% do total das lavouras, com excelente desempenho na última década, tendo sua produção mais que triplicado. Além disso, é o segundo produto da pauta de exportações do Estado, representando 28% das exportações goianas e esta posição é revezada com o primeiro lugar que é a carne bovina. Desta forma, desempenha importante papel na economia goiana, pois produz matérias primas para as agroindústrias, impulsionando a balança comercial, além de gerar empregos diretos e indiretos (Seagro, 2011).

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS FITONEMATOIDES

2.2.1 Nematóide das lesões radiculares na soja

Mais de cem espécies de nematoides, envolvendo cerca de cinquenta Gêneros, foram associadas a cultivos de soja em todo o mundo. No Brasil, as espécies que causam maiores danos são *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885; Chitwood, 1949) e *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919; Chitwood, 1949), “os nematoides das galhas”; *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952), “o nematóide do cisto da soja”; *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929; Filipjev & Schuurmans Stekhoven Jr, 1941), “o nematóide das lesões radiculares”; e *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira) nematóide reniforme (Ferraz, 2001).

De acordo com (Good, 1973), o parasitismo exercido por nematoides apresenta sintomas comuns como a formação de reboleiras, devido à baixa mobilidade desses organismos no solo. Nesses locais são observados gradientes crescentes de atrofiamento e clorose nas plantas, até o centro da reboleira, onde pode ocorrer morte de plantas se a densidade populacional de nematoides for elevada.

Apesar das reboleiras serem sintomas típicos de ataque de nematoides, são

facilmente confundidas com manchas ocasionadas pelo depósito de calcário na lavoura, deficiência de alguns elementos minerais, presença de camada compactada de solo, excesso ou déficit hídrico. Além disso, a situação pode ser agravada pela interação com outros organismos patogênicos, em especial fungos de solo como *Phytophthora*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* (Henning et al., 2005). Os nematoides fitoparasitas destroem o sistema radicular, causam lesões necróticas nas raízes e impedem as plantas de absorverem água e nutrientes (Ritzinger & Fancelli, 2006).

Pratylenchus brachyurus é amplamente disseminado no Brasil; contudo, quase não existem estudos sobre os efeitos do seu parasitismo nas diversas culturas. No caso da soja, especialmente no Brasil Central, as perdas têm aumentado muito nas últimas safras. Este nematoide foi beneficiado por mudanças no sistema de produção como o uso intensivo do solo sem rotação de culturas, áreas com mecanização intensa sem o devido cuidado em realizar a lavagem das máquinas e a incorporação de áreas com solos de textura arenosa, que aumentou a vulnerabilidade da cultura (Embrapa, 2010).

Danos em soja devido aos nematoides das lesões radiculares têm sido observados. Sharma (1996) relatou a ocorrência da espécie *P. brachyurus*, na safra de 1988/1989, em reboleiras de diferentes tamanhos, ocupando aproximadamente 30% da área plantada com a cultivar Cristalina, na Fazenda São Paulo, município de Ipameri, Goiás. Os resultados de análise de solo e raízes revelaram alta infestação desse nematoide (31.970 nematoides por amostra de 100 g de solo e 10 g de raízes), em comparação com plantas saudáveis (4.192 nematoides por amostra). Houve redução de 41% na produção de grãos da área afetada pelo nematoide, em relação à área adjacente que não foi afetada.

No ano de 1974, estudos realizados em lavouras de soja em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso revelaram a ocorrência de *P. brachyurus*. Desde então a espécie vem adquirindo importância devido ao aumento dos prejuízos na cultura da soja (Embrapa, 2003). Em levantamentos de fitonematoides na região de Jataí, Goiás, Silva (2007) coletaram 309 amostras de solo e raízes em áreas cultivadas com soja. Das amostras analisadas, 96,7% foram positivas para *H. glycines* e 77,3% para *P. brachyurus*. Em amostras de solo e raízes de soja coletadas na região de Rio Verde-GO, no período de outubro de 2006 a fevereiro de 2007, em 88% das amostras foi encontrado *Pratylenchus* (Neves et al., 2007). Desta forma, observa-se que o gênero *Pratylenchus* está crescendo em importância para a cultura da soja no Estado de Goiás.

Nas últimas safras, as perdas devido ao nematoide das lesões radiculares em

soja, no Brasil Central, têm aumentado. Isso vem ocorrendo devido principalmente à adoção de plantio direto e à incorporação de áreas com pastagem degradada ou com textura arenosa (Dias et al., 2007; Ribeiro et al., 2007).

2.2.2 Taxonomia, morfologia e ciclo de vida

Os nematoides das lesões radiculares pertencem ao Reino Animal, Filo Nemata, Classe Secernentea, Ordem Tylenchida, Subordem Tylenchina, Superfamília Tylenchoidea, Família Pratylenchidae e Gênero *Pratylenchus* (Lordello, 1984; Tihohod, 1993). O Gênero *Pratylenchus* apresenta certas dificuldades de identificação, devido ao fato de muitas características morfométricas e morfológicas serem comuns entre espécies, além da grande variabilidade morfológica dentro das espécies (Machado & Oliveira, 2007). Este é o mais conhecido entre os gêneros da Família Pratylenchidae (Thorne, 1949). Isto por conter diversas espécies de ampla distribuição geográfica, capazes de causar danos apreciáveis a culturas de importância econômica, tanto em países de clima tropical como temperado (Luc, 1987).

As espécies de *Pratylenchus* são genericamente referidas como “nematoides das lesões radiculares”, devido aos sintomas na forma de lesões necróticas que causam nas raízes de seus hospedeiros (Godfrey, 1929; Tihohod, 1993). São considerados, no Brasil e no mundo, o segundo grupo de fitonematóides de maior importância econômica (Lordello, 1981; Sasser & Freckman, 1987; Tihohod, 1993; Ferraz, 1999).

Atualmente, setenta espécies de *Pratylenchus* são encontradas no Brasil. Desse expressivo número, seis são frequentemente encontradas causando danos às culturas: *P. brachyurus* (Godfrey, 1929; Filipjev & Schuurmans Stekhoven Jr, 1941); *P. vulnus* (Allen & Jensen, 1951); *P. zae* (Graham, 1951); *P. penetrans* (Cobb, 1917; Chitwood & Oteifa, 1952); *P. coffeae* (Zimmermann, 1898; Goodey, 1959); *P. jaehni* (Inserra et al., 2001; Calzavara et al., 2007). Com relação à distribuição geográfica das espécies no país, *P. jaehni* é encontrada em pomares de laranjas em São Paulo, Minas Gerais e Paraná. *P. brachyurus*, *P. coffeae* e *P. zae* são as formas mais amplamente disseminadas, predominando nas regiões quentes. Já *P. vulnus* é mais comumente encontrada nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Calzavara et al., 2007).

Com relação à espécie *P. brachyurus*, podemos caracterizá-la basicamente, pela presença de dois anéis labiais, região labial angulosa, estilete forte com nódulos basais

do estilete esféricos, término da cauda hemisférico e liso, fêmeas com a vulva localizada a 82% e 89% do comprimento do corpo, presença rara dos machos na população e, quando presentes possuem espermateca pouco visível e não funcional (Santos et al., 2005; Castillo & Vovlas, 2007).

Esses nematoides são endoparasitos migradores de corpo fusiforme, cujo comprimento dos adultos varia de 0,3mm a 0,9 mm (Loof, 1991). Os machos e as fêmeas são vermiformes, diferindo somente no caráter sexual. As fêmeas são monodelfas e a reprodução pode ser por anfimixia ou partenogênese do tipo mitótica ou meiótica. São facilmente reconhecíveis pela região labial esclerotizada, sobreposição ventral das glândulas esofageanas e, geralmente, pelo conteúdo intestinal escuro. O estilete é bem desenvolvido com largos bulbos basais. A maioria das espécies é polífaga, mostrando habilidades em parasitar tanto plantas cultivadas – perenes, semi-perenes ou anuais – como as plantas daninhas (Lordello et al., 1992).

Uma fêmea coloca setenta a oitenta ovos (Ferraz, 2006). O ciclo de vida 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. Em relatos de Tihohod (1993), uma geração completa seu ciclo, em média, de quatro a oito semanas por outro lado, Ferraz (2006) verificou que seu ciclo é completado em 45 a 65 dias.

O primeiro estágio juvenil (J1) ocorre no interior do ovo e não é infectivo; todos os outros estádios (J2, J3 e J4) e os adultos são infectivos, penetram através ou entre as células do córtex, alimentando-se do conteúdo, celular enquanto migram pelos tecidos matando as células e causando lesões necróticas evidentes ao longo das raízes, que coalescem, podendo matar todo o sistema radicular (Lordello, 1984).

Nematoides do gênero *Pratylenchus* são endoparasitas migradores que causam severos danos em raízes, devido à alimentação, movimentação ativa e liberação de enzimas e toxinas no córtex radicular. Tanto as penetrações na planta hospedeira, como a migração no interior das raízes, são, provavelmente, facilitadas por uma combinação de ações: espoliadora (alimentação e consumo do conteúdo de células vegetais), mecânica (uso do estilete e movimentação de todo o corpo) e tóxica (degradação enzimática das paredes celulares vegetais). Permanecem migradores durante todo o ciclo de vida e movimentam-se ativamente no solo, até atingir o sistema radicular da planta hospedeira, quando, então, penetram e passam a migrar no córtex radicular, podendo, inclusive, retornar ao solo

(Ferraz & Monteiro, 1995; Agrios, 2004). Não há formação de sítio permanente de alimentação, mas há absorção do conteúdo citoplasmático das células da raiz, geralmente do córtex.

O nematoide geralmente completa todo o ciclo de vida dentro da raiz, mas quando esta não oferece mais condições favoráveis, abandona-a e passa para o solo, iniciando uma migração à procura de outras em melhor estado (Machado, 2006). Essas características tornam muito difícil o melhoramento genético vegetal para resistência das espécies de *Pratylenchus*, pois além de pouco especializado, primitivo, de hábito endoparasita e migrador, permanecendo sempre móveis, são espécies polífagas, parasitando uma ampla gama de hospedeiros (Goulart, 2008).

A sintomatologia causada por esse nematoide caracteriza-se pelo sistema radicular da planta, menos volumoso pouco desenvolvido, e as raízes mostram áreas parcial ou totalmente escuras, resultantes da coalescência das muitas lesões necróticas causadas internamente pelo nematoide. Essas anomalias provocadas no sistema radicular limitam a absorção e o transporte de água e nutrientes, levando a planta atacada a exibir diferentes sintomas reflexos na parte aérea, em especial enfezamento, nanismo, murcha nas horas mais quentes do dia, clorose e outros indicativos de distúrbios nutricionais, como a desfolha, queda na produtividade etc. O ataque costuma ocorrer em reboleiras, nas quais os níveis populacionais do nematoide são elevados, resultando em menor porte das plantas é menor que o normal (Ferraz, 2006; Castillo & Vovlas, 2007).

O aumento, tanto na frequência de ocorrência, como na densidade populacional de *P. brachyurus*, deve ser visto como sinal de alerta nas regiões agrícolas, devido a amplitude de sua gama de hospedeiros, incluindo as principais culturas agrícolas, culturas utilizadas como adubação verde, bem como gramíneas utilizadas como forração para plantio direto ou pastagens (Fourie et al., 2001; Inomoto et al., 2007; Zambiasi et al., 2007). A textura do solo, juntamente com a umidade, são os fatores mais importantes influenciando a distribuição de espécies de *Pratylenchus* (McDonald & Van Den Berg, 1993).

2.2.3 Alternativas de manejo de *Pratylenchus brachyurus*

A tendência atual tem sido utilizar o termo “manejo” ao invés de “combate”, pois este visa à erradicação do nematoide não desejado em determinado lugar, o que nem

sempre ocorre. Assim, é mais utilizada a associação de diferentes métodos de controle, estabelecendo-se estratégias de manejo integrado de fitonematoides (Ferraz, 1999).

Visando ao manejo de fitonematoides em extensas áreas cultivadas com soja, Dias et al. (2007) reforçam que esses devem ser planejados, integrando vários métodos, buscando-se baixo custo. De forma geral, são considerados os princípios fitopatológicos da exclusão (evitar a infestação de áreas indenizadas por espécies ou novas raças, na propriedade ou uma região geográfica maior); erradicação (rotação de culturas com espécies não hospedeiras de verão e de inverno); regulação (modificação do ambiente e nutrição das plantas); e imunização (utilização de cultivares resistentes a determinadas espécies ou raça).

A prática cada vez mais utilizada tem sido o manejo integrado, que pode ser definido como a utilização ou um conjunto de práticas, que permite manter as populações dos fitonematoides em níveis que não causem perdas econômicas (Tihohod, 1993). Para isso deverão ser realizadas amostragens periódicas na área infestada, de tal forma que a decisão de manejo seja tomada de acordo com os níveis populacionais do parasita, antes que eles atinjam o nível de dano econômico. Como pouco ou nada se conhece no Brasil sobre os níveis econômicos de dano para a maioria dos fitonematoides, devem-se fazer amostragens periódicas para a sua determinação, ou pelo menos para um melhor conhecimento dos nematoides existentes na área afetada. Fazer rotação e sucessão com culturas não hospedeiras e utilizar genótipos resistentes a espécies do gênero *Pratylenchus* são práticas de manejo que devem ser introduzidas em programas de manejo desse nematoide (Goulart, 2008).

O manejo de fitonematoides é um assunto complexo, mas perfeitamente executável, tendo em vista os grandes benefícios que traz para a sociedade, como, por exemplo, a redução da quantidade de agrotóxicos aplicada, menor custo de produção, melhorias das condições ambientais e maior retorno econômico da atividade conduzida. Técnicas empregadas no controle de nematoides fitoparasitas, em geral, aplicam-se ao controle de *Pratylenchus*, como cultivos com plantas antagonistas, aplicação de nematicidas, emprego de rotação de culturas e variedades resistentes (Freitas et al., 2001).

O cultivo de plantas antagonistas pode constituir-se em medida de controle eficiente para certas espécies de *Pratylenchus*. Nessas espécies vegetais, estabelecem-se interações bioquímicas com os nematoides, pela produção de substâncias nematicidas ou por outros mecanismos que resultam em impedimento ou interrupção precoce do

desenvolvimento dos parasitas e, conseqüentemente, redução dos níveis populacionais (Ferraz, 1999).

Diversas plantas são antagonistas aos nematoides do gênero *Pratylenchus*, podendo ser utilizadas em plantio intercalar, rotação de culturas ou como adubo verde. Estas plantas não prejudicam os inimigos naturais dos nematoides e sua ação na redução das populações de nematoides é mais rápida do que o uso de culturas não hospedeiras em esquema de rotação (Freitas et al., 2001).

Como exemplo de plantas que possuem efeitos antagônicos a nematoides do gênero *Pratylenchus*, pode-se citar o Gênero *Tagetes* (Ferraz, 1999). Essas plantas são conhecidas popularmente como cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.), contêm mais de cinquenta espécies, das quais somente seis anuais e três perenes são atualmente cultivadas. As espécies *T. patula*, *T. erecta* e *T. minuta* são as três mais utilizadas nesse tipo de pesquisa, sendo que *T. patula* geralmente se mostra mais eficiente. Elas são comumente usadas em rotação de culturas ou em consorciação (Ferraz & Valle, 1997).

O nim (*Azadirachta indica* A. Juss) é outra planta que possui ação nematicida. A sua eficácia sobre ácaros e nematoides na agricultura tem gerado interesse como meio efetivo de controle dessas pragas, principalmente devido à característica da planta de ser inócua a organismos não-alvo (Mossini & Kemmelmeier, 2005).

Observa-se, também, que plantas utilizadas como adubo verde, mucuna, crotalária e guandu, além da vantagem de melhorarem as características físicas, químicas e biológicas do solo, protegendo-o contra erosões e crescimento de plantas daninhas, podendo, ainda, ser valiosas no controle de nematoides das lesões radiculares (Inomoto et al., 2006). Carmo et al. (2007) verificaram a reação de adubos verdes como plantas antagonistas ao fitonematoide *P. brachyurus*, em ensaio conduzido em casa de vegetação. Observaram que a mucuna preta, feijão de porco, *Crotalaria ochroleuca*, *C. juncea* e guandu foram os adubos verdes que proporcionaram as maiores reduções populacionais, com fator de reprodução (FR) variando de 0,38 a 1,19. Algumas espécies de plantas antagonistas, além de possuírem o efeito de melhorar a conservação do solo pela melhoria das propriedades físicas e químicas de interesse para o desenvolvimento das culturas agrícolas, podem constituir um método de controle menos oneroso porque fazem parte do próprio sistema de produção e ser benéfico ao meio ambiente por se constituir em interação de agentes naturais.

Na cultura da soja, o uso de produtos químicos para controle de nematoides

não é considerado economicamente viável. Entretanto, as empresas produtoras de agroquímicos têm investido, recentemente, no desenvolvimento de produtos, tanto químicos como biológicos, para o tratamento de sementes, visando o controle de nematoides na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Embora este não seja um método eficiente por si só, é uma importante ferramenta que pode ser integrada no manejo de nematoides, com o objetivo de manter as densidades populacionais abaixo dos níveis de dano econômico. O resultado nessa linha de pesquisa são ainda incipientes, embora promissores. Lovato et al. (2009) avaliaram a eficiência de abamectina em tratamento de sementes para controle do nematoide das lesões radiculares em soja e observaram que as doses de 125, 150 e 175 mL p.c. por 100 Kg de sementes ofereceram entre 75% a 85% de proteção radicular inicial ao nematoide, mostrando ser ferramenta eficaz para manejo desse nematoide na cultura da soja.

A rotação de culturas é um dos métodos mais eficientes no controle de nematoides. É um dos manejos mais antigos e mais difundidos na atualidade. Um período de rotação leva os nematoides a não se reproduzirem e permite que fatores naturais de mortalidade reduzam sua população. No entanto, devido ao alto grau de polifagia das espécies do gênero *Pratylenchus*, a elaboração de programas eficientes de rotação de culturas pode ser bastante dificultada (Freitas et al., 2001).

Inomoto et al. (2007) avaliaram a reação de poáceas forrageiras, ao nematoide das lesões radiculares, como *Panicum maximum* e braquiárias, espécies promissoras como fonte de palhada para o sistema de plantio direto. Verificou-se que todas as braquiárias são hospedeiras de *Pratylenchus* spp., em diferentes graus de infestação, devendo ser evitadas como coberturas vegetais em campos infestados com esse nematoide.

Ribeiro et al. (2007) avaliaram a capacidade de algumas espécies vegetais, comumente utilizadas em rotação com a soja, em multiplicar *P. brachyurus*. Por meio de testes preliminares em casa de vegetação avaliaram genótipos de aveia, braquiária, crotalária, girassol, guandu, labe-labe, milheto, milho, mucuna e sorgo, quanto à reação do nematoide. As espécies e cultivares que menos multiplicaram o parasita foram *Crotalaria breviflora*, *C. mucronata*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, girassol ‘Catissol’, girassol ‘Hélio 251’, girassol ‘Hélio 358’, milheto ‘ADR 300’, milheto ‘BN2’, milheto ‘ADR’, Lab 04-208’, guandu Fava Larga. Embora necessitem de resultados mais consistentes, estas podem ser importantes opções para a rotação com a soja em áreas infestadas.

Dentre as estratégias de manejo, a utilização de resistência é, sem dúvida, uma

das alternativas mais desejáveis, considerando sua compatibilidade com outras práticas de manejo e por não ser prejudicial ao meio ambiente. Nessa área do conhecimento, a definição mais utilizada de resistência é a habilidade da planta em inibir a reprodução da espécie do nematoide (Ritzinger & Fancelli, 2006).

O uso de cultivares resistentes no controle do nematoide das lesões radiculares, é ainda muito restrito se comparado ao referente aos nematoides das galhas e o 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 polípagos e relativamente pouco especializados. De hábito endoparasita migrador, não se fixam na planta hospedeira e permanecem sempre móveis não formando sítio de alimentação específico (Goulart, 2008). Todavia, o método de resistência de cultivar está disponível e já vem sendo empregado para o auxílio no manejo de determinadas espécies do gênero *Pratylenchus*, como é o caso de porta-enxerto resistente na cultura do café e citros (Calzavara et al., 2007).

Genótipos de soja têm sido estudados com relação à reação ao nematoide das lesões radiculares. Ribeiro et al. (2007) e Alves (2008), sob condições controladas, não encontraram genótipos de soja resistentes, embora detectadas divergências nos seus resultados, como foi no caso do genótipo M-Soy 8757, que comportou-se como resistente em um dos trabalhos, mas multiplicou-se em torno de cinco vezes em outro.

Outros autores também avaliaram a reação de genótipos de soja a *P. brachyurus*. Dias et al. (2007) e Andrade et al. (2009) analisaram a intensidade de escurecimento de raízes com sintomas de ataques desse nematoide e observaram que todos os genótipos analisados apresentaram escurecimento nas raízes, variando de 1,1 a 2,4 numa escala de 0 a 3. Rocha et al. (2008) avaliaram a reação de dezoito genótipos em área naturalmente infestada, no município de Edéia, Estado de Goiás, e observaram grande variabilidade na reação dos genótipos, com a densidade populacional variando de 161 a 2260 espécimes por dez gramas de raízes. As cultivares BRS Favorita RR e A7002 foram as que apresentaram menor contagem de *P. brachyurus*, com FR inferiores a 1,0, o que indica que estas cultivares podem ser resistentes. Nesse estudo, a cultivar BRSGO Chapadões comportou-se como suscetível, sendo a que apresentou uma das maiores densidades populacionais, ao contrário de resultados obtidos por (Dias et al., 2007; Dias et al., 2008), que consideraram essa cultivar como resistente a *P. brachyurus*.

2.3 HOSPEDABILIDADE DE PLANTAS DANINHAS A NEMATOIDES

Pouco se sabe sobre a gama de plantas daninhas hospedeiras do nematoide das lesões radiculares, que ocorrem nas lavouras de soja do Brasil. Assim, é urgente o reconhecimento daquelas que possam servir como hospedeiras alternativas, pois se não identificadas e controladas adequadamente, poderão diminuir ou anular os efeitos das principais medidas de controle adotadas contra o patógeno (Dias et al., 1995).

Este fato também foi constatado por Ferraz (1996), que menciona serem raros os trabalhos referentes à caracterização de cultivares, bem como avaliando plantas daninhas e os efeitos do parasitismo por espécies de *Pratylenchus*, em particular *P. brachyurus*. Em áreas infestadas com nematoides, os prejuízos causados por plantas daninhas aumentam, uma vez que muitas são hospedeiras naturais desses parasitos, abrigando-os na ausência de plantas cultivadas e dificultando tanto o controle do patógeno, como o manejo das lavouras infestadas (Lordello et al., 1988).

A eficiência de certas plantas daninhas em hospedar ou ser infectada por *P. brachyurus* raramente tem sido estudada, tanto em condições de campo, quanto em casa de vegetação (Wang et al., 2002). Entretanto, esses nematoides são bastante disseminados no Brasil e seu controle é difícil, por possuírem largos círculos de hospedeiros.

As plantas daninhas também assumem papel importante quando atuam como hospedeiras alternativas de pragas, doenças, nematoides e outros parasitas. Algumas dessas plantas, no entanto, podem atuar como más hospedeiras dos nematoides de plantas cultivadas. Mello et al. (2006) avaliaram o efeito da erva-de-Santa-Maria (*Chenopodium ambrosioides* L.) no controle de *Pratylenchus brachyurus*, em testes *in vitro* e em condições de casa de vegetação. Verificaram que o extrato vegetal possui ação nematicida, proporcionando maior mortalidade de juvenis de *P. brachyurus* mesmo quando comparado com controle químico (Aldicarb).

A presença de plantas daninhas também pode resultar em redução populacional de nematoides em razão de estresse na cultura principal. Segundo Alston et al. (1993), plantas de soja estressadas pela presença de plantas daninhas hospedam menos nematoides do que plantas livres dessas invasoras. Assim, a habilidade de *P. brachyurus* em reproduzir em plantas de soja estressadas por plantas daninhas pode ser reduzida, possivelmente, pela interferência existente entre a cultura e as plantas daninhas. Esta competição ocorre

principalmente por nutrientes e umidade e, também, por influência de fatores indiretos das plantas daninhas sobre o mecanismo fisiológico das plantas cultivadas.

2.4 INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS SOBRE FITONEMATOIDES

Alguns cuidados devem ser tomados no momento da realização do controle de plantas daninhas na cultura da soja, pois os herbicidas podem influenciar o desenvolvimento de doenças. Segundo Rizzardi et al. (2003), depois do herbicida ser absorvido pela planta e atuar em seu local primário de ação, vários eventos bioquímicos e fisiológicos relacionados ocorrem sequencialmente. Alguns desses efeitos dos herbicidas podem interferir nas reações das plantas ao ataque de patógenos, com influências tanto positivas quanto negativas na severidade de doenças e na indução à síntese de fitoalexinas.

Apesar de a maioria dos agrotóxicos ser aplicada na parte aérea das plantas, um grande percentual dos produtos atinge o solo, ou são excretados pelas raízes das plantas que receberam a aplicação (Vyas, 1988). A exposição a alguns produtos “xenobióticos” pode fazer com que a biomassa microbiana utilize a energia de manutenção, reduzindo a sua atividade no solo (Silva & Fay, 2004).

O impacto de agrotóxicos sobre a microbiota do solo é difícil de ser avaliado, considerando-se a dinâmica da população microbiana, sua alta heterogeneidade e sua capacidade adaptativa às condições adversas. Além disso, o grau em que um agrotóxico pode afetar a comunidade microbiana do solo irá depender do composto químico utilizado, de sua dosagem, tipo de solo (Wingfield et al., 1977; Lal, 1982; Musumeci & Rüegg, 1984; Pozo et al., 1995), forma de aplicação (Olson & Lindwall, 1991) entre outros fatores. Os efeitos dos herbicidas nos microrganismos podem ser decorrentes tanto da ação direta desses compostos na microbiota, como da ação indireta resultante da influência desses agrotóxicos na cobertura vegetal (Wardle & Parkinson, 1992).

Perry & Beane (1989) e Wong et al. (1993) sugerem a aplicação ao solo de herbicidas que estimulam a eclosão de juvenis de *H. glycines*, na ausência da cultura da soja. Por outro lado, aqueles que inibem podem ser usados durante o cultivo da soja com o objetivo de reduzir o número de juvenis infectantes. Inibição na eclosão de *G. rostochiensis* e *H. schachtii* foi observada quando cistos destes nematoides foram incubados *in vitro* nos herbicidas cycloate, pebulate, vernolate e triallate.

Os herbicidas também podem reduzir a densidade populacional de nematoides,

por controlar hospedeiros alternativos. Podem apresentar, também, efeitos diretos sobre a população de nematoides, o que incluem a inibição da eclosão dos ovos, a restrição da migração de juvenis para plantas hospedeiras e a inibição do desenvolvimento dos nematoides dentro das raízes de plantas hospedeiras (Levene et al., 1998a). De acordo com estes autores, ovos de *H. glycines*, quando incubados em soluções com acifluorfen, têm apresentado inibição de eclosão. Ocorre também redução na densidade populacional de nematoides em áreas submetidas à aplicação de trifluralina ou nematicidas fenamiphos e aldicarb, individualmente ou em misturas.

A trifluralina e o pendimethalin, quando aplicados em dobro da concentração recomendada, reduzem a densidade populacional de *H. glycines*, no segundo estágio juvenil (J2), sem afetar a produção da soja (Levene et al., 1998b). Nas áreas infestadas com *H. glycines*, esses autores observaram, quando as parcelas foram tratadas com os herbicidas pós-emergentes acifluorfen e bentazon, que houve redução na densidade populacional do nematoide, em comparação àquelas que não receberam os herbicidas. Entretanto, ao se relacionar o uso de glyphosate em soja transgênica, visando a influência desse efeito com o nematoide das lesões radiculares, nota-se que não há consenso entre pesquisadores, pois os resultados obtidos são muito variáveis.

Conforme Silva & Fay (2004), compostos como herbicidas e inseticidas têm sido citados como pouco deletérios à atividade microbiana e, sob certas condições, podem até estimulá-las. Esse estímulo advém da capacidade que certos microrganismos têm de utilizar aqueles compostos como fonte de carbono, conforme já verificado por algumas espécies fúngicas em relação a determinados herbicidas.

Os herbicidas podem afetar diretamente os componentes da mesofauna, se forem tóxicos, ou indiretamente através de seus efeitos e metabólitos secundários sobre a vegetação (Edwards & Stafford, 1979). Essa influência varia com o grupo químico do herbicida, dosagem, persistência, número de pulverizações, efeito sobre a vegetação e condições climáticas (Popovici et al., 1977; Subagja & Snider, 1981). Ao avaliar o efeito de dois dessecantes (entre eles o glyphosate) sobre a mesofauna, em semeadura direta, Souza et al. (1995) observaram que não houve diferença em relação à testemunha sem herbicida, indicando ausência de efeito tóxico do herbicida sobre organismos que fazem parte da mesofauna entre eles collembola, coleóptera, accarina, nematoda.

Programas de monitoramento e controle de plantas daninhas em plantios convencionais utilizam herbicidas pós-emergentes como o glyphosate. Além das misturas

de tanque com diversos destes herbicidas, são usadas com frequência também aplicações com dosagens elevadas para controlar um largo espectro de plantas daninhas (Regehr et al., 2003). Estas aplicações têm permitindo às plantas daninhas emergirem e crescerem antes que o glyphosate seja aplicado; e, ao emergirem, as plantas daninhas, em altas densidades, podem ajudar a aumentar a diversidade de microrganismos no solo, bem como dos nematoides (Yeates et al., 1999; Buckelew et al., 2000).

O herbicida glyphosate, quando relacionado com a respectiva soja transgênica e *P. brachyurus*, Johal & Huber (2009) sugerem duas hipóteses para que ocorra aumento de doenças na soja geneticamente resistente ao glyphosate. A primeira seria a de que, em determinadas situações, o nível de glyphosate aplicado nas plantas exceda a capacidade da enzima transgênica de tolerá-lo. A segunda hipótese seria a de que, sob determinadas situações de estresse, a atividade transcricional da enzima transgênica não seria compatível com a mesma atividade da enzima original. Em ambas as hipóteses seria muito provável que essa ineficiência enzimática, em geral, aumentasse a vulnerabilidade das plantas de soja a patógenos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS E AVALIAÇÕES

Foram conduzidos dois ensaios, um em campo e outro em casa de vegetação. O experimento, de campo, foi instalado em área comercial infestada naturalmente por *P. brachyurus*, no município de Vicentinópolis – GO, sendo conduzido no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. O município está localizado ao Sul do Estado de Goiás (17° 44' 06" S, 49° 48' 18" O, altitude de 646 m) onde clima apresenta duas estações bem definidas, uma seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a abril) (IBGE, 2010).

No experimento de campo, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 4 + 2, com quatro repetições. Os fatores de tratamentos consistiram em: cultivares, com dois níveis (BRSGO Iara e M-Soy 8001), e métodos de controle de plantas daninhas, com quatro níveis: arranquio manual; e controle químico com os herbicidas lactofen (Naja), 180 g do i.a.ha⁻¹; chlorimuron-ethyl (Classic), 20 g do i.a.ha⁻¹; e haloxifop-r (Verdict), 63,35 g do i.a.ha⁻¹ + óleo mineral (Nimbus), 0,5 % v/v. Os dois tratamentos adicionais consistiram da cultivar transgênica BRS Valiosa RR, associada ao controle manual de plantas daninhas e ao controle químico com herbicida glyphosate.

As cultivares utilizadas foram escolhidas com base em estudo prévio (Ferreira et al., 2009) em que se considerou a cultivar BRSGO Iara como resistente a *P. brachyurus* (fator de reprodução, FR, inferior a 1,0) e a cultivar M-Soy 8001 como suscetível (FR=4,9). A cultivar BRS Valiosa RR foi utilizada por ser resistente ao herbicida glyphosate e, naquele estudo apresentou FR=2,5.

Os tratamentos foram dispostos em parcelas de oito linhas de 6,0 m de comprimento com espaçamento entre elas de 0,5 m. Antes da semeadura foram coletadas amostras de solo, em cada parcela, que foram processadas em laboratório para obtenção da população inicial de *P. brachyurus*, conforme metodologia descrita por Jenkins (1964). As duas linhas externas de cada parcela (1 e 8) foram utilizadas como bordaduras (Figura 1).

As linhas intermediárias 2 e 7 foram utilizadas para as avaliações de biomassa e índice de área foliar (IAF); as linhas 3 e 6, para avaliação populacional de *P. brachyurus*; e as linhas 4 e 5 foram reservadas para avaliação de produtividade de grãos.

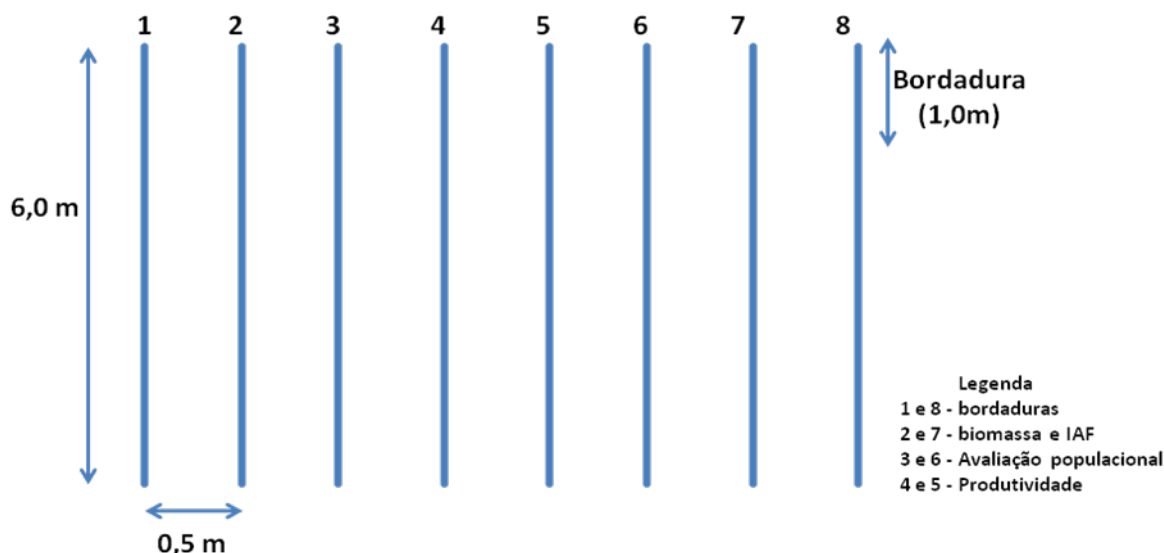


Figura 1. Croqui representativo de uma parcela experimental.

As cultivares foram semeadas em densidade populacional de 500 mil plantas por hectare. Os herbicidas, aplicados em pós-emergência, utilizando-se um pulverizador pressurizado CO_2 , com pressão de 4 kgf.cm^{-2} , vazão de 200 L.ha^{-1} e bicos tipo leque. O controle manual de plantas daninhas e a aplicação dos herbicidas foram realizados quando as plantas estavam em estágio V4 a V5 (Fehr & Caviness, 1977).

Ao longo do período de condução do experimento foram aplicadas iscas inseticidas granuladas, pois havia grande quantidade de formigas cortadeiras na área. Não foi realizada pulverização com fungicidas para o controle de ferrugem asiática, pois até a segunda avaliação não se detectou incidência da doença.

As folhas utilizadas para determinação de IAF foram coletadas após duas e seis semanas da aplicação dos herbicidas, sendo tomadas de quatro plantas aleatórias. A medição foi realizada com o uso do leitor de área foliar CI-202 Laser Area Meter (Leaf area meter) Bio-Science. A determinação da biomassa foi feita, nos estádios fenológicos R3 e R8. Para isso, as plantas foram cortadas rente ao solo, contadas e levadas para secar em estufa de aeração forçada à temperatura de 65°C , até estabilização do peso. Posteriormente, o material foi pesado em balança analítica, convertendo-se o peso em gramas por metro quadrado (g.m^{-2}). Além dessas avaliações, foram avaliadas a massa

fresca e a massa seca das vagens formadas.

Para a determinação da densidade populacional de *P. brachyurus*, raízes de quatro plantas foram coletadas em cada parcela e levadas ao laboratório. Lá, foram lavadas em água corrente, para eliminação de partículas de solo, e deixadas sobre papel toalha para eliminação do excesso de água. Posteriormente, foram pesadas em balança analítica e cortadas em pedaços de aproximadamente 2 cm de comprimento, sendo preparadas alíquotas de 10 g de raízes. Nos casos em que o volume de raízes da amostra não chegava a 10 g, era feita extração do volume total das raízes e estimada a densidade populacional do nematoide para um volume de 10 g.

As raízes foram colocadas em liquidificador, acrescidas de 250 mL de água, sendo trituradas por trinta segundos. A suspensão foi vertida em peneira de 100 mesh sobreposta a outra 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 um becker. Em seguida, as amostras foram, levadas para centrifuga, primeiramente em suspensão com água e caolim, e, posteriormente, com sacarose, segundo metodologia descrita por Coolen & D'Herde (1972). A identificação e quantificação do fitonematoide foram realizadas com o auxílio de microscópio óptico (aumento de 40x) e de uma lâmina de Peters.

As avaliações quanto à população de *P. brachyurus* consistiram na determinação do número de juvenis e adultos. Estas avaliações foram efetuadas aos 45 e 90 dias após a emergência (DAE). O fator de reprodução (FR) é calculado pela razão entre a população final (Pf) e a população inicial (Pi), segundo preconizou Oostenbrink (1966). No presente estudo, para o cálculo de FR utilizou-se como população inicial aquela obtida aos 45 DAE e como população final, aquela obtida aos 90 DAE. A determinação de FR foi utilizada em razão do baixo número de nematoides nas amostras de solo, quando da realização da coleta para obtenção da população inicial. Isto ocorre porque, embora seja uma área com histórico de altas populações de *P. brachyurus*, no momento da instalação do experimento (coleta de amostras para análise da população inicial) não havia plantas e a umidade do solo estava baixa.

Embora houvesse a previsão de avaliação da produtividade de grãos esta não foi determinada devido à alta incidência de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), no final do ciclo da cultura, bem como a elevada infestação de plantas daninhas em algumas parcelas (Figura 2).

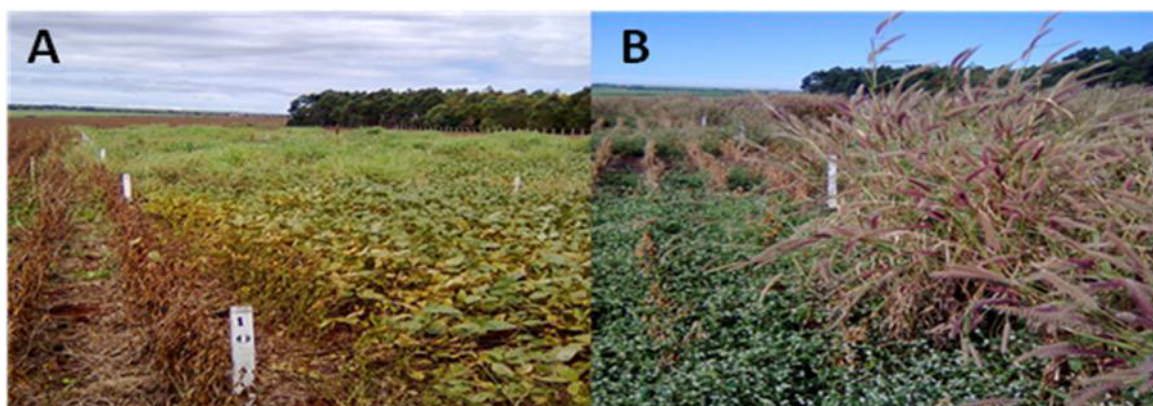


Figura 2. Parcelas com alta incidência de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (A); e plantas daninhas (B). Vicentinópolis, GO. 2010.

O experimento em casa de vegetação foi conduzido no período de setembro a novembro de 2011, na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, GO. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, também em esquema fatorial $2 \times 4 + 2$, com seis repetições. Os tratamentos foram os mesmos avaliados em condições de campo.

As cultivares foram semeadas em vasos de cerâmica com capacidade de 1,4 L. Como substrato utilizou-se uma mistura de areia e solo, previamente esterilizados por autoclavagem, na proporção de 1:1 (v/v). Os vasos foram mantidos sobre bancadas com bordas elevadas e os espaços entre os vasos, preenchidos com areia mantida úmida, visando manter uniformes a temperatura e a umidade do substrato nos vasos.

Na semeadura utilizaram-se cinco sementes por vaso e, após a emergência das plântulas, foi realizado desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso. A inoculação com *P. brachyurus* foi realizada 15 dias após a emergência. O inóculo foi obtido de plantas de soja, cultivar BRS Valiosa RR, mantidas em casa de vegetação. Uma suspensão de 2,5 mL contendo quinhentos indivíduos, foi distribuída com o auxílio de uma pipeta em um sulco aberto ao lado do colo das plantas em cada vaso. Os herbicidas foram aplicados vinte dias após a emergência. Durante o período de condução do experimento foram feitas regas diárias, tomando-se o cuidado de não se encharcar o substrato.

Aos trinta e sessenta dias após a inoculação (DAI) procedeu-se a determinação da densidade populacional dos nematoides nas raízes. As raízes foram levadas ao laboratório, lavadas e submetidas à extração dos nematoides pelo método Coolen & D'Herde, conforme descrito anteriormente. Os resultados foram expressos em número de nematoides por 10 g de raízes. O cálculo de FR foi feito pela razão entre população final

(60 DAE) e a população inicial. Ainda foram avaliados o peso fresco de raízes e a biomassa da parte aérea aos trinta e sessenta dias.

3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados experimentais foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância. Os testes estatísticos foram realizados com dados transformados em potência Box & Cox (1964). Uma vez atendidas às pressuposições estatísticas, foi realizada análise de variância com teste F (Snedecor), a 5% de probabilidade.

Para as comparações de médias de tratamentos foram construídos e testados contrastes ortogonais, com significância estatística avaliada pelo “t” de Student (5% de significância). Estas análises foram implementadas no aplicativo computacional SAS (Statistical Analysis System), com uso de procedimento PROC GLM (Sas, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral observa-se que as médias populacionais de *P. brachyurus* obtidos no experimento de campo (Tabela 1) foram baixas. Este dado também pode ser verificado ao observarmos os contrastes ortogonais (Tabela 2). Isto se compararmos àquelas médias com as obtidas em casa de vegetação (Tabela 3) e, também, se considerarmos estudos de outros autores que encontraram, no campo, populações médias de 28.650, como Dias et al. (2007) e Sharma (1996), que relatou a ocorrência da espécie *P. brachyurus* numa infestação de 31.970 nematoides, em comparação com plantas sadias que foi de 4.192 nematoides por amostra. É possível que, no momento da locação das parcelas no campo, isto não tenha sido feito exatamente no local das reboleiras. Por outro lado, o fato de as médias populacionais serem relativamente uniformes pode ter ocorrido em função da utilização de milho (cultivar ADR 300) em safras anteriores.

Segundo Ribeiro et al. (2006), esta cultivar de milho apresenta resistência a *P. brachyurus*, servindo como planta armadilha para diminuir a densidade populacional do nematoide. Além disso, deve-se considerar que no ano de instalação do ensaio o produtor fez tratamento de sementes com abamectina, em toda área, o que pode ter contribuído para a redução populacional do nematoide.

P. brachyurus é um nematoide endoparasita migrador e, portanto, sua densidade populacional, quando avaliada em amostras de solo, é geralmente baixa. Assim, a população inicial, determinada a partir de amostras de solo coletadas no momento da instalação do experimento no campo, mostrou-se muito baixa, mesmo levando-se em conta que se trata de uma área com histórico de elevadas populações e de perdas ocasionadas pelo ataque deste nematoide. Somado a isto, no momento da coleta das amostras observou-se que a umidade do solo ainda estava muito baixa, o que também pode ter contribuído para as densidades populacionais tão baixas no solo.

Em razão dessas baixas densidades, optou-se no cálculo do fator de reprodução (FR), por usar, como população inicial, aquela obtida aos 45 dias após a emergência (DAE). Isto se baseia no fato de que, por se tratar de um nematoide de desenvolvimento lento, pois uma geração completa seu ciclo, em média, em 45 a 65 dias (Ferraz, 2006). Portanto, a densidade populacional determinada na primeira época de avaliação, aos 45

DAE, refere-se aos nematoides que penetraram e conseguiram se desenvolver nas raízes. Aquela população determinada aos 90 DAE se refere aos nematoides que se multiplicaram nas raízes das plantas, sendo usada como população final, para cálculo de FR. Esta variável resultou, em média, 1,57 para a cultivar BRSGO Iara, 2,62 para a cultivar M-Soy 8001 e 1,82 para a cultivar BRS Valiosa RR, não havendo diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio¹ de *Pratylenchus brachyurus* por 10 gramas de raízes aos 45 e 90 dias após a emergência (DAE) e fator de reprodução (FR), em função de métodos de controle de plantas daninhas e cultivares de soja em condições de campo. Vicentinópolis-GO, safra 2010/2011

Cultivares	Métodos de controle					Médias
	Manual	Lactofen	Clorimuron	Haloxifop	Glyphosate	
45 DAE						
BRS IARA	1649	1023	2171	885	-	1432
M-SOY 8001	673	965	1212	1659	-	1127
BRS VALIOSA RR	1263	-	-	-	1509	1386
Médias	1195	994	1691	1272	1509	
CV (%)	10,27					
90 DAE						
BRS IARA	829	1002	2019	791	-	1160
M-SOY 8001	1227 AB	704 A	2143 B	955 AB	-	1257
BRS VALIOSA RR	1431	-	-	-	1138	1284
Médias	1162	853	2081	873	1138	
CV (%)	7,72					
FR ²						
P90/P45						
BRS IARA	1,54	1,62	1,62	1,50	-	1,57
M-SOY 8001	3,02 AB	3,70 B	2,60 AB	1,15 A	-	2,62
BRS VALIOSA RR	2,15	-	-	-	1,50	1,82
Médias	2,23	2,66	2,11	1,32	1,50	
CV (%)	93,07					

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas linhas, não diferem entre si (teste de "t", 5%).

¹ Médias apresentadas em escala original, porém, com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964) em $x^{0,1}$.

² FR calculado pela razão entre a população de *P. brachyurus* aos 90 DAE e aos 45 DAE considerando-se o volume total de raízes de cada parcela experimental.

Quanto aos tratamentos com herbicidas, apenas para a cultivar M-Soy 8001 foram detectadas diferenças significativas sendo que, com o uso do herbicida haloxifop, FR foi menor que aquele observado quando se usou lactofen. Em geral, FR na cultivar M-Soy 8001 foi quase o dobro do observado na cultivar BRSGO Iara, mas, com o uso de haloxifop FR foi menor na cultivar M-Soy 8001 que aquele observado na cultivar BRSGO Iara.

Tabela 2. Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para a variável número de *Pratylenchus brachyurus* em 10 gramas de raízes e fator de reprodução (FR), em diferentes avaliações, no campo. Vicentinópolis-GO, safra 2010/2011

Contraste	Número ¹ de <i>Pratylenchus brachyurus</i> /10g de raízes		FR ²
	45 DAE ³	90 DAE	
Manual (Convencional vs Transgênica)	-51,0 ^{ns}	-201,5 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Manual (Iara x M-Soy 8001)	244,0 ^{ns}	-99,5 ^{ns}	-1,47 ^{ns}
Lactofen (Iara x M-Soy 8001)	14,5 ^{ns}	74,5 ^{ns}	-2,32 ^{ns}
Clorimuron (Iara x M-Soy 8001)	239,7 ^{ns}	-31 ^{ns}	-0,98 ^{ns}
Haloxifop (Iara x M-Soy 8001)	-193,5 ^{ns}	-41 ^{ns}	0,35 ^{ns}
BRS Iara (Manual vs Herbicidas)	217,0 ^{ns}	-331 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
BRS Iara (Só entre Herbicidas)	NE ^{ns}	NE ^{ns}	NE ^{ns}
M-Soy 8001 (Manual vs Herbicidas)	-454,2 ^{ns}	-30,2 ^{ns}	1,38 ^{ns}
M-Soy 8001 (Só entre Herbicidas)	NE ^{ns}	NE [*]	NE [*]
BRS Valiosa RR (Manual vs Glifosato)	-67,8 ^{ns}	73,4 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV (%)	10,27	7,72	8,16

¹Dados transformados em $x^{0,1}$. Estimativas apresentadas são referentes aos dados originais.

²Fator de reprodução com dados transformados em $x^{0,1}$.

³Épocas expressas em dias após a emergência (DAE);

NE: não estimado.

ns: não significativo.

*valores estatisticamente diferentes, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

No ensaio em casa de vegetação, foram observados valores de FR muito baixos (abaixo de 1,0), sendo detectadas diferenças significativas apenas dentro da cultivar BRSGO Iara (Tabela 3). Estas médias muito baixas de FR podem ser devido ao tempo requerido para o *P. brachyurus* completar seu ciclo. Como já mencionado anteriormente, este é um nematoide de desenvolvimento lento e, é possível que a avaliação feita aos 60 dias após a inoculação não tenha sido suficiente para que o nematoide se multiplicasse nas raízes, embora a densidade populacional do nematoide tenha sido bem mais elevada que aquela observada em campo (Tabela 1).

Considerando-se que a escolha das cultivares de soja utilizadas neste trabalho deu-se em função de estudos preliminares, nos quais se tinha comportamento de resistência e suscetibilidade para as cultivares BRSGO Iara e M-Soy 8001, respectivamente, esperava-se observar diferenças significativas entre as cultivares nas avaliações de densidade populacional de *P. brachyurus*, tanto no experimento de campo (Tabela 1), como em casa de vegetação (Tabela 3). Esse fato não foi observado, uma vez que o número de indivíduos apresentou-se relativamente uniforme entre as cultivares, não confirmando os resultados obtidos por Ferreira et al. (2009).

Tabela 3. Número médio¹ de *Pratylenchus brachyurus* por 10 gramas de raízes, aos 30 e 60 dias após a inoculação (DAI) e FR em função dos métodos de controle de plantas daninhas e cultivares de soja, em casa de vegetação. Goiânia-GO, 2010/2011

Cultivares	Métodos de controle					Médias
	Manual	Lactofen	Clorimuron	Haloxifop	Glyphosate	
30 DAI						
BRS IARA	6798 a	7263 a	4556 a	3931 a	-	5652
M-SOY 8001	4519 a	2801 b	3513a	4039 a	-	3718
BRS VALIOSA RR	7209 a	-	-	-	5680 a	6444
Médias	6175	5032	4034	4015	5680	
CV (%)	15,48					
60 DAI						
BRS IARA	12308	21658	19280	22589	-	18958
M-SOY 8001	18548	22928	16738	26310	-	21131
BRS VALIOSA RR	17180	-	-	-	18539	17859
Médias	16012	22293	18009	24449	18539	
CV (%)	13,82					
FR ²						
Pf/Pi(P60/P500)						
BRS IARA	0,15 A	0,25AB	0,31 AB	0,39 B	-	0,27
M-SOY 8001	0,27 A	0,32 A	0,20 A	0,44 A	-	0,31
BRS VALIOSA RR	0,27 A	-	-	-	0,29 A	0,28
Médias	0,23	0,28	0,25	0,41	0,29	
CV (%)	25,26					

¹Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964) em $x^{0,2}$ e $x^{0,3}$, respectivamente

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si (teste de "t", 5%).

²FR calculado pela razão entre a população de *P. brachyurus* aos 60 DAI, considerando-se o volume total de raízes de cada parcela, e a população inicial (inóculo inicial).

Embora vários estudos venham sendo realizados recentemente visando avaliação do comportamento de cultivares de soja em relação a *P. brachyurus*, os resultados não têm sido consistentes (Dias et al., 2007; Ribeiro et al., 2007; Andrade et al., 2009; Ferreira et al., 2009). Nos estudos de Ribeiro et al. (2007), Andrade et al. (2009) e Ferreira et al. (2009), a cultivar BRSGO Iara apresentou FR entre 1,0 e 1,5, enquanto Dias et al. (2007) encontraram FR de 6,2 para a mesma cultivar. Estes mesmos autores encontraram FR variando de 4,9 a 38,2 para a cultivar M-Soy 8001 e para a cultivar BRS Valiosa RR, entre 2,5 e 7,6.

Na avaliação aos 90 dias após a emergência, no experimento de campo, constatou-se diferença significativa entre os métodos de controle para a cultivar M-Soy 8001 (Tabela 1). Nos contrastes ortogonais realizados (Tabela 2) observou-se diferença entre os herbicidas lactofen e clorimuron. A aplicação de lactofen resultou em redução da população de *P. brachyurus*, quando comparada ao tratamento com clorimuron. Essa

redução no número de indivíduos com a aplicação de lactofen pode ter ocorrido por ação do herbicida, uma vez que este pertence ao grupo químico dos difeniléteres, que são responsáveis por aumento nos níveis de diversos compostos secundários (Devine et al., 1993). Lydon & Duke (1989) relataram que o tratamento com 5 ppm de acifluorfen (grupo químico difeniléteres) aumentou 75 vezes o conteúdo de gliceolina, uma fitoalexina, em folhas de soja. Embora esse tipo de avaliação não tenha sido realizada no presente estudo, isto pode ter ocorrido, proporcionando, assim, redução na reprodução dos nematoides.

Já no experimento em casa de vegetação esse comportamento não se confirmou (Tabela 3). Embora as densidades populacionais de *P. brachyurus* tenham sido mais altas, não foram observadas diferenças significativas entre os métodos de controle de plantas daninhas. Somente na avaliação aos 30 dias após a inoculação, quando se usou lactofen, houve diferença entre as cultivares, sendo que em M-Soy 8001 houve menor desenvolvimento de nematoides. No entanto, este efeito foi pontual, pois não se manteve aos 60 dias após a inoculação e também não foi observado no campo. Esse fato também pode ser observado quando se analisa a Tabela 4 no desdobramento dos efeitos de tratamentos em contrastes ortogonais com as cultivares BRSGO Iara e M-Soy 8001, na análise entre herbicidas.

Tanto no ensaio de campo, como em casa de vegetação, não foram observados efeitos significativos da cultivar transgênica nem do herbicida glyphosate sobre a densidade populacional de *P. brachyurus* (Tabelas 1 e 3). Esperava-se que o herbicida glyphosate influenciasse a população de nematoides, devido ao seu mecanismo de ação sobre a planta, bloqueando a rota do ácido shiquímico, por meio da inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSPsintase).

A inibição desta enzima reduz a disponibilidade de aminoácidos aromáticos (triptofano, fenilalanina e tirosina) e ocasiona a formação de ácido cinâmico e seus derivados, inibindo, desse modo, a produção de ácidos hidroxifenólicos, flavonóides e de compostos fenólicos mais complexos, como a lignina (que faz parte da composição da parede celular) (Weaver & Herrmann, 1997).

Tabela 4. Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para as variáveis número de *Pratylenchus brachyurus* e fator de reprodução (FR) em diferentes avaliações, em casa de vegetação em Goiânia-GO, 2010/2011

Contraste	Número ¹ de <i>Pratylenchus brachyurus</i> /10g de raízes		FR ²
	30 DAI ³	60 DAI	Pf/Pi
Manual (Convencional vs Transgênica)	-516,83 ^{ns}	-584,00 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
Manual (Iara x M-Soy 8001)	379,83 ^{ns}	-1040,00 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
Lactofen (Iara x M-Soy 8001)	743,83 ^{ns}	-211,67 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
Clorimuron (Iara x M-Soy 8001)	173,83 ^{ns}	423,67 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Haloxifop (Iara x M-Soy 8001)	-18,00 ^{ns}	-620,17 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
BRS Iara (Manual vs Herbicidas)	773,83 ^{ns}	-4433,83 ^{ns}	-0,49 ^{ns}
BRS Iara (Só entre herbicidas)	NE*	NE ^{ns}	NE*
M-Soy 8001 (Manual vs Herbicidas)	533,83 ^{ns}	-1722,00 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
M-Soy 8001 (Só entre Herbicidas)	NE*	NE ^{ns}	NE ^{ns}
BRS Valiosa RR (Manual vs Glifosato)	254,87 ^{ns}	-226,46 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
CV (%)	15,48	13,82	25,26

¹Dados transformados em $x^{0,2}$. Estimativas apresentadas são referentes aos dados originais.

²Fator de reprodução com dados transformados em $x^{0,3}$.

³Épocas expressas em dias após a inoculação (DAI);

NE: não estimado.

ns: não significativo.

*valores estatisticamente diferentes, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

Quanto às variáveis que refletem o crescimento das plantas, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares testadas, tanto no ensaio de campo (Tabelas 5 e 6), como em casa de vegetação (Tabelas 7 e 8). Isto reforça que não há cultivares resistentes a *P. brachyurus* entre as cultivares testadas, pois segundo Bradley et al. (2003), os melhores resultados de crescimento vegetativo são obtidos em cultivares resistentes. Analisando os resultados do ensaio em campo (Tabela 5), nota-se que para o peso fresco de raízes, aos 45 DAE, houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as cultivares BRSGO Iara e M-Soy 8001. Entre os métodos de controle, observou-se que com o uso de lactofen e clorimuron o peso fresco das raízes foi menor em relação aos demais tratamentos. Estas diferenças não se manifestaram na avaliação aos 90 DAE.

Com relação ao índice de área foliar (IAF), diferenças significativas ($P \leq 0,05$) relacionadas à aplicação de herbicidas foram observados nas avaliações, tanto a três semanas quanto a seis semanas após a emergência. A três semanas, para a cultivar BRSGO Iara, observou-se que os métodos de controle lactofen e clorimuron resultaram em índices menores. Pode-se observar que para a cultivar M-Soy 8001, nesta mesma época de avaliação, somente o método de controle lactofen apresentou resultado com índice menor (Tabela 5).

Tabela 5. Peso fresco de raízes (g), índice de área foliar (IAF) (cm²) e biomassa (g.m⁻²) em diferentes cultivares sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas em campo. Vicentinópolis-GO, 2010/2011

Cultivares	Métodos de controle					Médias
	Manual	Lactofen	Clorimuron	Haloxifop	Glyphosate	
Peso fresco de raízes ¹						
45 DAE						
BRS IARA	25,53 B	13,49 A	9,93 A	24,34 B	-	18,32
M-SOY 8001	23,96 B	13,84 A	14,45 A	15,55 AB	-	16,95
BRS VALIOSA RR	25,33	-	-	-	23,88	24,60
Médias	24,94	13,66	12,19	19,94	23,88	
CV (%)	11,16					
90 DAE						
BRS IARA	37,54	22,01	21,7	35,18	-	29,10
M-SOY 8001	33,51	26,54	18,37	22,27	-	25,17
BRS VALIOSA RR	20,02	-	-	-	27,23	23,62
Médias	30,35	24,27	20,03	28,72	27,23	
CV (%)	14,91					
IAF ²						
3 semanas						
BRS IARA	5230 AB	3498,35 A	2846 A	7063 B	-	4659
M-SOY 8001	5451 B	2645 A	3259 AB	4098 B	-	3863
BRS VALIOSA RR	5519	-	-	-	1586	3553
Médias	5400	3072	3053	5580	1586	
CV (%)	4,01					
6 semanas						
BRS IARA	7989 AB	4850 A	4502 A	10988 B	-	7082
M-SOY 8001	7748 B	4394 AB	3902 A	8308 B	-	6088
BRS VALIOSA RR	7689 B	-	-	-	2730 A	5210
Médias	7809	4622	4202	9648	2730	
CV (%)	4,19					
Biomassa – Vagem fresca ³						
BRS IARA	257 B	125 A	88 A	348 B	-	205
M-SOY 8001	276 B	93 A	138 A	210 B	-	179
BRS VALIOSA RR	391	-	-	-	101	246
Médias	308	109	113	279	101	
CV (%)	15,82					
Biomassa - Vagem seca ⁴						
BRS IARA	72 B	36 A	27 A	92 B	-	57
M-SOY 8001	83 C	29 B	15 A	116 C	-	61
BRS VALIOSA RR	62 B	-	-	-	28 A	45
Médias	72	33	21	104	28	
CV (%)	6,88					

^{1, 2, 3 e 4} Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964) em $x^{0,3}$, $x^{0,1}$, $x^{0,4}$ e $x^{0,2}$, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si (teste de "t", 5%).

Tabela 6. Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para as variáveis índice de área foliar (IAF) e biomassa em diferentes avaliações³, no experimento de campo. Vicentinópolis-GO, safra 2010/2011

Contraste	IAF ¹		Biomassa ²			
			Peso fresco de raízes ^a		Massa fresca vagem ^b	Massa seca vagem ^c
	3 semanas	6 semanas	45 DAE	90 DAE		
Manual (Convencional vs Transgênica)	-89,5 ^{ns}	89,8 ^{ns}	-0,3 ^{ns}	7,7 *	-36,02 ^{ns}	7,5 ^{ns}
Manual (Iara x M-Soy 8001)	-55,18 ^{ns}	60,1 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-4,7 ^{ns}	-2,6 ^{ns}
Lactofen (Iara x M-Soy 8001)	213,3 ^{ns}	113,9 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-1,13 ^{ns}	8,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}
Clorimuron (Iara x M-Soy 8001)	-103,3 ^{ns}	149,9 ^{ns}	-1,13 ^{ns}	0,8 ^{ns}	-12,3 ^{ns}	2,9*
Haloxifop (Iara x M-Soy 8001)	741,3*	670 ^{ns}	2,19 ^{ns}	3,2 ^{ns}	34,4 (0,059) ^{ns}	-5,90 ^{ns}
BRS Iara (Manual vs Herbicidas)	570,6 ^{ns}	906,7 ^{ns}	7,20 *	8,4 ^{ns}	52,8 ^{ns}	15,31*
BRS Iara (Só entre herbicidas)	NE*	NE*	NE*	NE ^{ns}	NE*	NE*
M-Soy 8001 (Manual vs Herbicidas)	1587,4*	1660,1 ^{ns}	7,01 *	8,3 ^{ns}	96,9**	21,9**
M-Soy 8001 (Só entre Herbicidas)	NE*	NE*	NE*	NE ^{ns}	NE*	NE**
BRS Valiosa RR (Manual vs Glifosato)	-206,7 ^{ns}	-808,3*	0,36 ^{ns}	-1,8 ^{ns}	-3,04 ^{ns}	-12,4**
CV (%)	4,01	4,19	11,16	14,91	15,82	6,88

¹Dados transformados em $x^{-0,1}$ e $^2(a=x^{0,3}, b=x^{0,4}, c=x^{0,2})$, respectivamente. Estimativas apresentadas são referentes aos dados originais.

³Épocas expressas em semanas após a aplicação dos herbicidas;

NE: não estimado.

ns: não significativo.

** diferença a 1%; * diferença a 5%.

Na avaliação realizada na sexta semana do desenvolvimento da cultura, para a cultivar BRSGO Iara, ocorre o mesmo comportamento com relação aos métodos de controle lactofen e clorimuron, com as menores médias de IAF. Porém, para a cultivar M-Soy 8001, o método de controle que reduziu IAF foi clorimuron que não diferiu de lactofen, diferentemente do observado em três semanas de desenvolvimento. Portanto, de maneira geral, ambos os produtos, clorimuron e lactofen reduziram IAF nas cultivares BRSGO Iara e M-Soy 8001. Na cultivar BRS Valiosa RR, este índice foi reduzido pelo herbicida glyphosate na avaliação realizada seis semanas após a emergência (Tabela 5).

Ainda considerando o experimento de campo, os métodos de controle lactofen e clorimuron reduziram biomassa de vagem fresca e de vagem seca, tanto na cultivar BRSGO Iara como na cultivar M-Soy 8001. Ao analisarmos a cultivar BRS Valiosa RR nota-se que com o uso do glyphosate a biomassa de vagem seca também foi menor (Tabela 5).

Tabela 7. Peso fresco de raízes (g) e biomassa da parte aérea (g.m⁻²) das diferentes cultivares sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas em casa de vegetação. Goiânia-GO, 2010/2011

Cultivares	Métodos de controle					Médias
	Manual	Lactofen	Clorimuron	Haloxifop	Glyphosate	
Peso fresco de raízes ¹						
30 DAI						
BRS IARA	15,73 AB	14,56 AB	9,6 A	18,28 B	-	14,54
M-SOY 8001	17,29 A	17,9 A	19,45 A	17,16 A	-	17,95
BRS VALIOSA RR	14,88 A	-	-	-	16,24 A	15,56
Médias	15,96	16,23	14,52	17,72	16,24	
CV (%)			37,79			
60 DAI						
BRS IARA	2,14 A	1,91 A	2,65 A	3,15 A	-	2,46
M-SOY 8001	2,41 A	2,93 A	2,21 A	2,92 A	-	2,61
BRS VALIOSA RR	3,06 A	-	-	-	10,90 B	6,98
Médias	2,54	2,42	2,43	3,03	10,90	
CV (%)			44,09			
Biomassa - Parte aérea ²						
30 DAI						
BRS IARA	51,1 B	23,09 A	26,50 A	25,64 A	-	31,58
M-SOY 8001	48,32 B	26,31 A	27,27 A	30,26 A	-	33,04
BRS VALIOSA RR	44,32 B	-	-	-	25,96 A	35,14
Médias	47,91	24,70	26,88	27,95	25,96	
CV (%)			14,11			
60 DAI						
BRS IARA	19,09 A	14,74 A	17,95 A	21,86 A	-	18,41
M-SOY 8001	19,56 A	16,61 A	12,23 A	19,74 A	-	17,03
BRS VALIOSA RR	28,43 B	-	-	-	12,16 A	20,29
Médias	22,36	15,67	15,09	20,80	12,16	
CV (%)			27,79			

¹ e ² Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964) em $x^{-0,1}$ e $x^{0,4}$, respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas linhas, não diferem entre si (teste de "t", 5%).

Quanto ao experimento em casa de vegetação, apenas para a cultivar BRSGO Iara foram observados efeitos de herbicidas sobre o peso fresco de raízes (Tabela 7). Analisando os contrastes ortogonais, observou-se que, com o uso do herbicida clorimuron, houve redução do peso fresco de raízes (Tabela 8). Este efeito não se manteve aos 60 DAI, época em que somente o uso de glyphosate resultou no aumento do peso fresco das raízes da cultivar BRS Valiosa RR (Tabela 7).

Tabela 8. Contrastes ortogonais efetuados entre os grupos de interesse e suas respectivas estimativas, para as variáveis peso fresco de raízes e biomassa de parte aérea, no experimento conduzido em Goiânia-GO, safra 2010/2011

Contraste	Peso fresco de raízes ¹		Biomassa parte aérea ²	
	30 DAI	60 DAI	30 DAI	60 DAI
Manual (Convencional vs Transgênica)	0,54 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	1,79 ^{ns}	-3,03 ^{ns}
Manual (Iara x M-Soy 8001)	-0,30 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Lactofen (Iara x M-Soy 8001)	-0,55 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-0,32 ^{ns}
Clorimuron (Iara x M-Soy 8001)	-1,64 ^{**}	0,07 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Haloxifop (Iara x M-Soy 8001)	0,18 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,77 ^{ns}	0,35 ^{ns}
BRS Iara (Manual vs Herbicidas)	0,79 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	13,02 ^{**}	0,45 ^{ns}
BRS Iara (Só entre herbicidas)	NE [*]	NE ^{ns}	NE [*]	NE ^{ns}
M-Soy 8001 (Manual vs Herbicidas)	-0,44 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	10,19 ^{**}	1,68 ^{ns}
M-Soy 8001 (Só entre Herbicidas)	NE ^{ns}	NE ^{ns}	NE [*]	NE ^{ns}
BRS Valiosa RR (Manual vs Glifosato)	-0,23 ^{ns}	0,05 [*]	3,06 ^{**}	2,71 ^{**}
CV (%)	4,18	3,4	14,11	27,79

¹ e ² Dados transformados em $x^{0,3}$ e $x^{0,4}$, respectivamente. Estimativas apresentadas são referentes aos dados originais.

NE: não estimado.

ns: não significativo.

*diferença a 5%; ** diferença a 1%.

Quanto à biomassa da parte aérea observou-se, aos 30 DAI, todas as cultivares foram afetadas pelos herbicidas, reduzindo esta biomassa (Tabela 7). Observando os contrastes ortogonais nota-se que os herbicidas indiscriminadamente reduziram a biomassa de parte aérea das cultivares, pois somente com o controle manual foram encontradas maiores médias (Tabela 8). Esse comportamento não se manteve nos 60 DAI, quando somente o uso do glyphosate reduziu a biomassa de parte aérea na cultivar BRS Valiosa RR (Tabela 7). Isto pode ser explicado devido ao período residual dos produtos que pode ter tido interferência quando da primeira avaliação.

Os valores de biomassa bem menores, encontrados na segunda época de avaliação, se justificam porque o desenvolvimento vegetativo em ambiente controlado (casa de vegetação) é diferente quando se compara com situações de campo. No campo ocorre desenvolvimento vegetativo normal das plantas, enquanto em casa de vegetação, o crescimento fica limitado pelo espaço e volume dos vasos, havendo estiolamento nas primeiras semanas, além da carência de nutrientes.

Os herbicidas são amplamente utilizados na cultura da soja, nos dias atuais, principalmente o glyphosate, que é utilizado em todo o mundo e em áreas infestadas por toda a ordem de nematoides, inclusive *P. brachyurus* (Noel & Wax, 2009). No presente estudo não foram detectados efeitos consistentes dos herbicidas sobre as populações do nematoide *P. brachyurus*. Embora, clorimuron e lactofen tenham afetado, em alguma

magnitude, o desenvolvimento das plantas, isto não influenciou significativamente as densidades populacionais de *P. brachyurus*, nem o seu fator de reprodução.

Considerando-se que as pesquisas sobre comportamento de cultivares de soja em relação a *P. brachyurus* ainda não oferecem resultados consistentes de resistência ou suscetibilidade, sugere-se que estudos nesta linha, visando testar efeitos de herbicidas em cultivares resistentes e suscetíveis, sejam continuados e aprofundados; haja vista que a não detecção desses efeitos, embora possa derivar de sua ausência, também pode ser decorrente de erro tipo II, em razão de falta de poder dos experimentos e dos testes estatísticos.

5 CONCLUSÕES

- O uso da cultivar transgênica e do herbicida glyphosate não afetam a densidade populacional de *Pratylenchus brachyurus*;
- Não há diferença no comportamento das cultivares em relação ao nematoide *P. brachyurus*;
- Os herbicidas clorimuron, lactofen e haloxifop não influenciam a população de *P. brachyurus*;
- Clorimuron e lactofen reduzem o crescimento das plantas nas cultivares de soja BRSGO Iara e M-Soy 8001.

6 REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. Burlington: Elsevier, 2004. 952 p.
- ALSTON, D. G.; SCHMITT, D. P.; BRADLEY, J. R.; COBLE, H. D. Multiple pest interactions in soybean: effects on *Heterodera glycines* egg populations and crop yield. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 25, n. 1, p. 42-49, 1993.
- ALVES, T. C. U. **Reação de cultivares de soja ao nematóide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus***. 2008. 41 f. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical)– Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.
- ANDRADE, V.; CELLA, V.; DARAOIT, L.; SILVA, J. F. Reação de diferentes genótipos de soja ao nematóide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA - MERCOSOJA, 5, 2009, Goiânia. **CD-ROM, Anais...** Londrina: Embrapa Soja.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- BRADLEY, C. A.; NOEL, G. R.; GRAU, C. R.; GASKA, J. M.; KURTZWEIL, N. C.; MACGUIDWIN, A. E.; WAX, L. M.; HARTMAN, G. L.; PEDERSEN, W. L. Impact of herbicides on *Heterodera glycines* susceptible and resistant soybean cultivars. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 35, n. 1, p. 88-97, 2003.
- BRASIL, M. D. M. A.-M. Instrução normativa. 41, de 01 de julho de 2008. Estabelece a lista de pragas quarentenárias ausentes (A1) e de pragas quarentenárias presentes (A2) para o Brasil e aprova os procedimentos para as suas atualizações. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 8, 2008.
- BUCKELEW, L. D.; PEDIGO, L. P.; MERO, H. M.; OWEN, M. D. K.; TYLKA, G. L. Effects of weed management systems on canopy insects in herbicide-resistant soybeans. **Journal of Economic Entomology**, Iowa, v. 93, n. 5, p. 1437-1443, 2000.
- CALZAVARA, S. A.; SANTOS, J. M.; FAVORETO, L. Resistência de porta-enxertos cítricos a *Pratylenchus jaehni* (Nematoda: Pratylenchidae). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 31, n. 1, p. 7-11, 2007.
- CARMO, D. B.; SANTOS, M. A.; A., F.; NASCIMENTO, A. F.; OLIVEIRA, J. A.; SOUZA, S. P.; FRANÇA, R. O. Reação de adubos verdes à multiplicação do fitonematóide *Pratylenchus brachyurus*. In: Ciclo de Seminários do Curso de Agronomia da UFU, 6, 2007, Uberlândia. **Anais eletrônicos...** Uberlândia: UFU. Disponível em: <www.pet.iaciag.ufu.br>. Acesso em: 25 set. 2008.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. **Nematology Monographs & Perspectives**, Brill-Boston, v. 6, n. 15, p. 529, 2007.

CHITWOOD, B. G. Root-knot nematodes. Part I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proceedings of the Helminthological. **Society of Washington**, Whashington, v. 16, n. 1, p. 90-104, 1949.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012**. 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_07_05_08_41_20_boletim_graos_-_10julho_2012.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

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.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. B. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2007. Circular Técnica 43.

DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. Oxygen toxicity and herbicidal action; Secondary physiological effects of herbicides. In: DEVINE, M. (Ed.). **Physiology of herbicide action**. New Jersey: Prentice-Hall, 1993. p. 177-188.

DIAS, W. P.; FERRAZ, S.; SILVA, A. A.; LIMA, R. D.; VALLE, L. A. C. Hospedabilidade de algumas ervas daninhas ao nematoide de cisto da soja. **Nematologia Brasileira**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 9-14, 1995.

DIAS, W. P.; RIBEIRO, N. R.; LOPES, I. O. N.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S.; SILVA, J. F. V. Manejo de nematóides na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 28, 2007, Goiânia. **Programa e Anais**. Goiânia. p. 26.

DIAS, W. P.; RIBEIRO, N. R.; PIVATO, A.; MOLINA, D. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematóide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: RESUMOS REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30, 2008, Rio Verde. **Programa e Anais**. Rio Verde. p. 137.

EDWARDS, C. A.; STAFFORD, C. J. Interaction between herbicides and soil fauna. **Annual of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 91, n. 1, p. 132 -137, 1979.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil**. Londrina, 2003.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil**. Embrapa Soja. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2010.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região Central do Brasil - 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja, 2008. Centro Nacional de Pesquisa de Soja.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja região Central do Brasil 2011**. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados e Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. Centro Nacional de Pesquisa de Soja.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A soja em números**. Embrapa Soja: Artigos sobre dados econômicos. 2012. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op-page=294&cod-pai=17>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. Special Report, 80.

FERRAZ, L. C. C. B. Reações de genótipos 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, n. 1, p. 157 -195, 1999.

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

FERRAZ, L. C. C. B. O nematóide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo fundo, v. 96, n. 1, p. 23-27, 2006. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=745>. Acesso em: 19 jun. 2010.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KUMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. São Paulo: Ceres, 1995. p. 168-201. v.1.

FERRAZ, S.; VALLE, L. A. C. **Controle de fitonematóides por plantas antagônicas**. Viçosa: UFV, 1997.

FERREIRA, A. D.; ROCHA, M. R.; ALVES, T. G.; FERREIRA, C. S.; BARBOSA, K. A. G.; TEIXEIRA, R. A.; SANTOS, L. C. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus* em área naturalmente infestada. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 311-FALTA, 2009.

FILIPJEV, I. N.; SCHUURMANS STEKHOVEN JR, J. H. **A manual of agricultural Helminthology**. Leiden: The Netherlands, 1941. 878 p.

FOURIE, H.; MCDONALD, A. H.; LOOTS, G. C. Plant-parasitic nematodes in field crops in South Africa. **Nematology Monographs & Perspectives**, Leiden, v. 3, n. 5, p. 447-454, 2001.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: UFV, 2001.

FUNDAÇÃO, M. FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MATO GROSSO. **Boletim de pesquisa de soja n. 11**. 2007.

GODFREY, G. H. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n. sp. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, n. 6, p. 611-629, 1929.

GOOD, J. M. Nematodes. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). Soybeans: improved, production and uses. **American Society of Agronomy**, Winconsin, v. 4, n. 16, p. 527-543, 1973.

GOULART, A. M. C. **Aspectos Gerais sobre nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. (Documentos 219).

GRAHAN, T. W. **Nematode root rot of tobacco and other plants**. South Carolina: South Carolina Agricultural Experiment Station and Clemson Agricultural College, 1951. Bulletin 390.

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

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão territorial do Brasil e limites territoriais**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMENICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 341-344, 2007.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; BELUTI, D. B.; MACHADO, A. C. Z. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 39-44, 2006.

INSERRA, R. N.; DUNCAN, L. W.; TROCCOLI, A.; DUNN, D.; SANTOS, J. M.; VOVLAS, N. *Pratylenchus jaehni* sp. n. from citrus in Brazil and its a relationship with *P. coffeae* and *P. loosi* (Nematoda: Pratylenchidae). **Nematology Monographs & Perspectives**, Leiden, v. 3, n. 1, p. 653-665, 2001.

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

JOHAL, G. S.; HUBER, D. M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, Purdue, v. 31, n. 3, p. 144-152, 2009.

LAL, R. Accumulation, metabolism, and effects of organophosphorus insecticides on microorganisms. **Advances in Applied Microbiology**, San Diego, v. 28, n. 1, p. 149-200, 1982.

LEVENE, B. C.; OWEN, M. D. K.; TYLKA, G. L. Influence of herbicide application to soybeans on soybean cyst nematode egg hatching. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 30, n. 3, p. 347-352, 1998a.

LEVENE, B. C.; OWEN, M. D. K.; TYLKA, G. L. Response of soybean cyst nematodes and soybean (*Glycine max*) to herbicides. **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n. 2, p. 264-270, 1998b.

LOOF, P. A. A. The family Pratylenchidae Thorne, 1949. In: NICKLE, W. R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1991. p. 363-421.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A.; QUAGGIO, J. A. Heterodera sp. reduz produção de soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, 1992, Lavras. **Resumos...** . Sociedade Brasileira de Nematologia/Escola Superior de Agricultura de Lavras. p. 81.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. São Paulo: Nobel, 1981.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. São Paulo: Nobel, 1984. 316 p.

LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, A. I. L.; PAULO, E. M. Multiplicação de *Meloidogyne javanica* em plantas daninhas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 12, n. 1, p. 84-92, 1988.

LOVATO, B. V.; TRAFANE, L. G.; ANDRADE, V.; FERREIRA, H. J.; ARAMAKI, P. H.; MARTINHO, L. Avaliação da eficiência do nematicida abamectina (Avicta 500 Fs) para o controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja *Glycine max*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA - MERCOSOJA, 5, 2009, Goiânia. **CD-ROM, Anais...** Londrina: Embrapa Soja.

LUC, M. A reappraisal of Tylenchina (Nemata): 7. The family Pratylenchidae Thorne, 1949. **Revista de Nematologia**, Paris, v. 10, n. 1, p. 203-218, 1987.

LYDON, J.; DUKE, S. O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, London, v. 25, n. 4, p. 361-373, 1989.

MACHADO, A. C. Z. ***Pratylenchus brachyurus* x algodoeiro: patogenicidade, métodos de controle e caracterização molecular de populações**. 2006. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitopatologia)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2006.

MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. **Diagnóstico molecular do nematóide das lesões *Pratylenchus brachyurus***. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/diagnostico/index.htm>. Acesso em: 19 jun. 2010.

MCDONALD, A. H.; VAN DEN BERG, E. H. 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.

MELLO, A. F. S.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Potential control of *Pratylenchus brachyurus* by *Chenopodium ambrosioides*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 513-516, 2006.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos usos. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 24, n. 1, p. 139-148, 2005.

MUSUMECI, M. R.; RÜEGG, E. F. Influência dos fungicidas carbendazim e metalaxyl na atividade biológica de solos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 618-621, 1984.

NEVES, D. L.; RIBEIRO, G. C.; GALVÃO, J. C. B.; MORAES, E. B.; CAMPOS, H. D.; SILVA, L. H. C. P. Ocorrência de fitonematóides em amostras de lavoura da região sudoeste de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 28, 2007, Goiânia. **Programa e Anais**. Goiânia. p. 76.

NOEL, G. R.; WAX, L. M. *Heterodera glycines* population development on soybean treated with glyphosate. **Nematropica**, Bradenton, v. 39, n. 2, p. 247-253, 2009.

OLSON, B. M.; LINDWALL, C. W. Soil microbial activity under chemical fallow conditions: effects of 2,4-D and glyphosate. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 23, n. 11, p. 1071-1075, 1991.

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

PERRY, R. N.; BEANE, J. Effects of certain herbicides on the in-vitro hatch of *Globodera rostochiensis* and *Heterodera schachtii*. **Revue de Nématologie**, Paris, v. 12, n. 2, p. 191-196, 1989.

POPOVICI, I.; STAN, G.; STEFAN, V. The influence of atrazine on soil fauna. **Pedobiologia**, Jena, v. 7, n. 3, p. 209-215, 1977.

POZO, C.; MARTÍNEZ-TOLEDO, M. Y.; SALMEIRON, Y.; RODELAS, B.; GÓNZALEZ-LÓPEZ, J. Effect of chlorpyrifos on soil microbial activity. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v. 14, n. 2, p. 187-192, 1995.

PRADO, R. C. O. Soja é alimento e energia. In: FUNDAÇÃO, M. (Ed.). **Boletim de pesquisa de soja 2007**. Rondonópolis: Fundação MT, 2007. p. 11-14.

REGEHR, D. L.; PETERSON, D. E.; OHLENBUSCH, P. D.; FICK, W. H.; STAHLMAN, P. W.; WOLF, R. E. **Chemical Weed Control for Field Crops, Pasture, Rangeland, and Noncropland**. Manhattan: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 2003. 51 p. (Report of Progress 902).

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. **Avaliação da reação de espécies vegetais ao nematoide das lesões radiculares**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2006. 5 p. (Documentos 287).

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A.; LOPES, I. O. N. Reação de algumas espécies vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 28, 2007, Goiânia. **Programa e Anais**. Goiânia. p. 58.

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

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

ROCHA, M. R.; SANTOS, L. C.; TEIXEIRA, R. A.; ARAUJO, 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: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 30, 2008, Rio Verde. **Resumos**. Londrina: Embrapa. p. 140-141.

SANTOS, J. M.; GONZAGA, V.; CAMPOS, A. S.; CALZAVARA, S. A. *Pratylenchus jaehni* (Nemata: Pratylenchidae): o nematoide das lesões radiculares dos citros. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 25, 2005, Piracicaba. **Resumos**. Piracicaba.

SAS. **Statistical Analytical System**. Cary, North Carolina: SAS, 1999. 86 p.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology: the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on Nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p. 7-14.

SEAGRO. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E IRRIGAÇÃO/GOVERNO DE GOIÁS. **Portal do Agronegócio Goiano**. 2011. Disponível em: <http://www.agronegocio.goias.gov.br/index.php?pg=arqdoc&id_categoria=33>. Acesso em: 30 set. 2011.

SHARMA, R. D. Nematóide de pastagem, *Pratylenchus brachyurus* atacando soja nos cerrados do Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 29, 1996. **Resumos**. p. 419.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. **Agrotóxico e ambiente**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 400 p.

SILVA, F. G. **Levantamento de fitonematóide nas culturas de soja e milho no município de Jataí-GO**. 2007. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: fitopatologia)–Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SILVA, J. F. V.; FERRAZ, L. C. C. B.; ASMUS, G. L.; CARNEIRO, R. G.; MAZAFFERA, P. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja e Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001.

SOUZA, R. O.; ANTONIOLI, Z. L.; DORNELLES, S. H. B. Influência de dois desseccantes aplicados na aveia preta sobre a mesofauna em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: S.B.C.P.D. p. 456.

SUBAGJA, J.; SNIDER, R. J. The side effects of herbicides atrazine and paraquat upon *Folsomia candida* and *Tullbergia granulata* (Insecta, Colembola). **Pedobiologia**, Jena, v. 22, n. 1, p. 141-152, 1981.

TIHOHOD, D. **Nematologia Agrícola Aplicada**. Jaboticabal: Funep, 1993. 343 p.

VYAS, S. C. Soil microorganisms and their activities. In: VYAS, S. C. (Ed.). **Non-target effects of agricultural fungicides**. Boca Raton: CRC Press, 1988. p. 131-160.

WANG, K. H.; SIPES, B. S.; SCHIMITT, D. P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, Florida, v. 32, n. 1, p. 35-57, 2002.

WARDLE, D. A.; PARKINSON, D. Influence of the herbicides 2,4-D and glyphosate on soil microbial biomass and activity: a field experiment. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 24, n. 2, p. 185-186, 1992.

WEAVER, L. M.; HERRMANN, K. M. Dynamics of the shikimate pathway in plants. **Trends in Plant Science**, London, v. 2, n. 9, p. 346-351, 1997.

WINGFIELD, G. I.; DAVIES, H. A.; GREAVES, M. P. The effect of soil treatment on the response of the soil microflora to the herbicide dalapon. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 39-46, 1977.

WONG, A. T. S.; TYLKA, G. L.; HARTZLER, R. G. Effects of eight herbicides on in vitro hatching of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 24, n. 4, p. 578-584, 1993.

YEATES, G. W.; WARDLE, D. A.; WATSON, R. N. Responses of soil nematode populations, community structure, diversity and temporal variability to agricultural intensification over a seven-year period. **Soil Biology Biochemistry**, New Zealand, v. 31, n. 12, p. 1721-1733, 1999.

ZAMBIAZI, T. C.; BELOT, J. L.; FUHRMAN, E.; FLORIANI, G. K.; GHISLENI, I.; BAGGIO, J.; SOUZA, V. Identificação de nematóides fitoparasitas predominantes no Estado do Mato Grosso, na cultura do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 6, 2007, Uberlândia. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/trabalhos/Fitopatologia/Trabalho%20F08.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2011.