

FERNANDO GODINHO DE ARAÚJO

ASPECTOS DA BIOLOGIA E MANEJO DO NEMATOIDE DE CISTO DA SOJA

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

Orientadora:

Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha

Goiânia, GO - Brasil
2013

FERNANDO GODINHO DE ARAÚJO

Aspectos da biologia e manejo do Nematóide de cisto da soja

Tese DEFENDIDA em 04 de julho de 2013, e APROVADA pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:


Prof.^a. Dr.^a. Mara Rúbia da Rocha
Presidente da Banca – EA/UFG


Prof.^a. Dr.^a. Patrícia G. Santos Melo
EA/UFG


Prof. Dr. Hércules Diniz Campos
FESURV – Rio Verde, GO.


Dr.^a. Neucimara Rodrigues Ribeiro
Don Mario Sementes – Londrina, PR


Dr. Mauricio Conrado Meyer
Embrapa Soja

Goiânia - Goiás
Brasil

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre me dar força nos momentos em que mais precisei.

Aos meus pais, Walter Luiz de Araújo e Vera Lúcia Godinho de Araújo, meus irmãos Danielle Godinho de Araújo e Walter Luís de Araújo Júnior, minha avó Cecília Pacheco de Araújo e minha madrinha Domary do Nascimento Godinho por sempre acreditarem no meu potencial e me apoiarem em todas minhas decisões.

À minha esposa Fernanda Tironi Arrais Godinho pela compreensão, amizade, apoio e carinho durante toda minha caminhada na pós-graduação.

À professora, amiga e madrinha Dra. Mara Rúbia da Rocha pela orientação durante iniciação científica, mestrado e doutorado e por me ensinar o que é pesquisa.

Aos companheiros de pós-graduação: Kássia Aparecida Garcia Barbosa, Gleina Costa Silva Alves, Leonardo de Castro Santos, Renato Andrade Teixeira, Leonardo Barros e Adélia Cristina pela agradável convivência no Laboratório de Nematologia e auxílio na condução dos ensaios.

Aos estagiários Juliana Oliveira e Rodrigo Ferrari por auxiliarem na condução e avaliação dos ensaios.

Aos demais estagiários do Laboratório de Nematologia: Matheus Fagundes, Lucas Moraes Lobo, Igor Fredson por todo auxílio fornecido.

Aos Professores e Funcionários da Escola de Agronomia pelo conhecimento transmitido e amizade com que me receberam como estudante de graduação, pós-graduação e professor.

Ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí por permitir que eu concluísse o esse curso de Doutorado, me liberando parcialmente para a condução dos ensaios e redação da Tese.

Aos amigos Guilherme Malafaia e Aline Rodrigues por me apoiarem durante a redação da Tese e quando estava só em Pires do Rio – GO.

Em especial a minha avó Maria Madalena Godinho (*in memoriam*) que mesmo não estando presente entre nós sempre me deu força e conforto durante toda essa caminhada.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	06
ABSTRACT	08
1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA CULTURA DA SOJA.....	13
2.2 NEMATOIDE DE CISTO DA SOJA (<i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952).....	14
2.2.1 Aspectos gerais do <i>H. glycines</i>	14
2.2.2 Biologia e ciclo de vida do <i>H. glycines</i>	15
2.2.2.1 Influência da resistência genética no ciclo de vida do <i>H. glycines</i>	17
2.2.2.2 Influência da concentração de inóculo no ciclo de vida do <i>H. glycines</i>	19
2.2.2 Alternativas de manejo do <i>H. glycines</i>	20
2.3 TRATAMENTO DE SEMENTES NO MANEJO DE NEMATOIDES.....	23
3 PENETRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE <i>Heterodera glycines</i> EM CULTIVARES DE SOJA SUCETÍVEL E RESISTENTE	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
3.1 INTRODUÇÃO.....	29
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.4 CONCLUSÕES.....	41
4 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO NO DESENVOLVIMENTO DE <i>Heterodera glycines</i> EM CULTIVARES DE SOJA RESISTENTES E SUSCETÍVEL	42
RESUMO	42
ABSTRACT	43
4.1 INTRODUÇÃO.....	44
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.4 CONCLUSÕES.....	55
5 EFICÁCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA SOBRE A POPULAÇÃO DE <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952	57

RESUMO	57
ABSTRACT	58
5.1 INTRODUÇÃO.....	59
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.4 CONCLUSÕES.....	76
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
7 REFERÊNCIAS	80

RESUMO GERAL

ARAÚJO, F.G. Aspectos da biologia e manejo do nematoide de cisto da soja. 2013. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.¹

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo sendo o Brasil o segundo maior produtor. Diversos problemas fitossanitários afetam a cultura da soja, dentre eles o nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. A busca por alternativas de manejo eficiente desse nematoide e a compreensão de sua biologia têm sido temas muito difundidos, mas ainda carente de estudos. Dessa forma, foram conduzidos experimentos em condições de casa de vegetação e campo naturalmente infestado visando conhecer melhor o comportamento de *H. glycines* e propor alternativas para seu manejo. O primeiro estudo teve como objetivo avaliar a penetração e a duração do ciclo de *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0⁻), em cultivares de soja resistente (BRSGO 8860RR) e suscetível (BRS Valiosa RR) em condições controladas de casa de vegetação. Foram realizadas avaliações de coloração de raiz aos 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 30 dias após a inoculação (DAI). A penetração do *H. glycines* ocorreu durante todo o período de avaliação nas duas cultivares. O ciclo do *H. glycines* se completou em 15 dias, tanto na cultivar suscetível como na cultivar resistente. Na cultivar resistente o período de pico de formação de J3, J4 e fêmeas foi atrasado em relação a cultivar suscetível. O segundo estudo teve como objetivo avaliar se a resistência ao *H. glycines* é eficiente na redução do desenvolvimento do nematoide, mesmo sob elevada concentração de inóculo, bem como se esse aumento na concentração de inóculo e a resistência afetam a penetração de juvenis e a taxa de sobrevivência do *H. glycines*. Foram conduzidos dois ensaios utilizando-se três cultivares de soja, uma suscetível (BRS Valiosa RR) e duas resistentes (BRSGO Chapadões e BRSGO 8860RR), submetidas a quatro concentrações de inóculo (1.000, 2.500, 5.000 e 10.000 ovos e J2 por vaso). O aumento na concentração inicial de inóculo de *H. glycines* resultou no aumento da população final do nematoide na cultivar suscetível. A reação de resistência das cultivares não foi afetada por altas concentrações de inóculo e a penetração de J2 nas raízes aumentou com o aumento da concentração de inóculo independentemente da cultivar. A taxa de sobrevivência do nematoide foi maior na cultivar suscetível diminuindo com o aumento da concentração do inóculo, não sendo influenciada pela concentração de inóculo para cultivares resistentes. O terceiro estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento de sementes de duas cultivares de soja resistente (BRSGO 8860RR) e suscetível (BRS Valiosa RR), com produtos a base de abamectina e tiodicarbe no manejo de *H. glycines*. Foram conduzidos dois experimentos, sendo um em campo naturalmente infestado e outro em condições de casa de vegetação. Os tratamentos de sementes não afetaram o estande e a altura das plantas de soja. Não foi observado efeito dos tratamentos de sementes sobre o nematoide no experimento conduzido em campo. Em condições de casa de vegetação os tratamentos de sementes com produtos a base de abamectina, nas dosagens de 50 e 75 mL i.a. 100 kg sementes⁻¹ acrescido de tiametoxam (70 mL i.a.) e os tratamentos imidacloprido + tiodicarbe (105+315 mL i.a.) e imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (75+225 e 30+70 mL i.a.) reduziram o número de fêmeas por grama

¹ Orientadora: Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha. EA - UFG

de raiz na cultivar suscetível. O tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe (75+225 mL i.a.) também reduziu o número de ovos por fêmea na cultivar resistente, BRSGO 8860RR.

Palavras-chave: *Glycine max*, *Heterodera glycines*, ciclo de vida, concentração de inóculo, controle químico.

ABSTRACT

ARAUJO, F.G. Biology aspects and management of soybean cyst nematode. 2013. Thesis (Doctorate in Agronomy: Plant Production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.²

Soybean is the most important oilseed crop grown in the world and Brazil is the second largest producer. Many pest problems can affect soybean, including the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. The search for efficient management alternatives of this nematode and understanding of their biology have been largely studied, but still lacking information. Experiments were conducted under greenhouse conditions and naturally infested field aiming to better understand the behavior of *H. glycines* and to propose management alternatives. The first study had the purpose to evaluate the penetration and life cycle of *H. glycines*, race 3 (HG Type 0 -) in soybean cultivars resistant (BRSGO 8860RR) and susceptible (BRS Valiosa RR) under greenhouse conditions. Evaluations in stained roots were made at 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 and 30 days after inoculation (DAI). The penetration of *H. glycines* occurred throughout the period of evaluation in both cultivars. The *H. glycines* life cycle was completed in 15 days, both in the susceptible and resistant cultivars. Resistant cultivar had the peak period of formation of J3, J4 and females delayed in comparison with the susceptible cultivar. The second study aimed to evaluate effectiveness of the resistance to *H. glycines* under high inoculum concentration, and the effect of increasing inoculum rates on the penetration of juveniles and *H. glycines* survival. Two experiments were conducted using three soybean cultivars (BRS Valiosa RR, susceptible to *H. glycines*; BRSGO Chapadoes and BRSGO 8860RR, both resistant to *H. glycines*) under four inoculum concentrations (1.000, 2.500, 5.000 and 10.000 eggs and J2 per plant). The increase in the *H. glycines* inoculum concentration increased the final nematode population in the susceptible cultivar. The cultivar resistance was not affected by high inoculum concentration. The root penetration of J2 increased as the inoculum concentration increased regardless the cultivar. The survival rate was higher in the susceptible cultivar decreasing with increasing of inoculum concentration. The third study evaluated the effect of seed treatment two soybean cultivars (resistant BRSGO 8860RR and susceptible BRS Valiosa RR). Two experiments were conducted, one in a naturally infested field and other under greenhouse conditions. The seed treatments did not affect the stand and the plant height of the resistant soybean cultivar. There was no effect of seed treatments on the nematode population in the field experiment. Under greenhouse, seeds treated with abamectin (50 and 75 mL a.i. 100 kg seed⁻¹) + thiamethoxam (70 mL a.i.), imidacloprid + thiodicarb (105+315 mL a.i.) and thiodicarb + imidacloprid with carbendazim + thiram (75+225 e 30+70 mL a.i.) reduced the number of females per gram of roots on the susceptible cultivar. Seed treatment with imidacloprid + thiodicarb (75+225 mL a.i.) also reduced the number of eggs per female on the resistant cultivar BRSGO 8860RR.

² Adviser: Profa. Dra. Mara Rúbia da Rocha. EA - UFG

Keywords: *Glycine max*, *Heterodera glycines*, life cycle, inoculum concentration, chemical control.

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma planta pertencente à família *Fabaceae* (*Leguminosae*), subfamília *Faboidea* (*Papilionoidea*), gênero *Glycine*, espécie *Glycine max*. É uma das mais importantes oleaginosas cultivadas, sendo um dos cinco grãos sagrados (arroz, soja, trigo, cevada e milho) considerados essenciais na existência da civilização chinesa. Antes da Era Cristã a soja já era cultivada, tendo sua domesticação início há cerca de 1.000 anos A.C. (Sediyama et al., 2009).

A primeira referência sobre a soja no Brasil data de 1882, na Bahia. Inicialmente foi cultivada como planta forrageira e, a partir de 1950, iniciou-se sua exploração como produtora de grãos (Embrapa, 2008). A soja é uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. Na safra 2012/13 a área plantada foi de aproximadamente 27,71 milhões de hectares, com uma produção de 81,55 milhões de toneladas e uma produtividade média de 2.941 kg ha⁻¹ (Conab, 2013).

Mais de cem espécies de nematoides envolvendo aproximadamente cinquenta gêneros estão associados à cultura da soja. No Brasil, as espécies que causam maiores danos são *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* (Ferraz, 2001). Segundo Dias et al. (2007) a importância dessas espécies para o país se deve a aspectos relevantes, como a presença endêmica em diversas regiões produtoras (*M. javanica* e *M. incognita*), elevada variabilidade genética (*H. glycines*) e risco potencial de dano com o incremento da área cultivada com espécies suscetíveis (*P. brachyurus* e *R. reniformis*).

O nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) é um dos principais patógenos da cultura pelos prejuízos que pode causar e pela facilidade de disseminação. O sintoma inicial de ocorrência do nematoide nas lavouras de soja caracteriza-se pela presença de reboleiras, onde as plantas mostram-se atrofiadas e cloróticas, com poucas vagens (Dias et al., 2009). O nematoide penetra nas raízes da planta de soja e dificulta a absorção de água e nutrientes, ficando o sistema radicular reduzido e infestado por fêmeas com formato de limão ligeiramente alongado. Quando a fêmea morre,

seu corpo se transforma em uma estrutura dura denominada cisto, cheia de ovos, altamente resistente à deterioração, à dessecação e muito leve, que ao desprender da raiz fica no solo. O cisto pode sobreviver no solo, na ausência de planta hospedeira, por mais de oito anos. Assim, é praticamente impossível eliminar o nematoide nas áreas onde ele ocorre (Embrapa, 2011).

O ciclo de vida do nematoide de cisto da soja dura cerca de 21 a 24 dias, com temperaturas variando entre 23 e 25°C, obtendo-se de 4 a 5 gerações durante o ciclo da cultura (Lauritis et al., 1983; Young, 1992). Nas condições brasileiras o *H. glycines* completa seu ciclo de vida em torno de 29 dias, com temperaturas em torno de 28,7°C, sendo possível a obtenção de 3 a 4 gerações durante o ciclo da cultura (Cunha et al., 2008). Diversos fatores podem influenciar no ciclo do *H. glycines*, dentre eles pode-se citar a resistência genética de cultivares de soja (Anand & Brar, 1983; Young, 1984; Young, 1992; Yue et al., 2000; Li et al., 2004; Brucker et al., 2005) e a densidade de inóculo (Wang et al., 1998; Brito et al., 1999; Asmus & Ferraz, 2002; Tood et al., 2003; Rocha et al., 2008).

O nematoide *H. glycines* foi primeiramente identificado no Brasil na safra 1991/92 (Lima et al., 1992; Lordello et al., 1992; Monteiro & Morais, 1992) e encontra-se disseminado por dez estados brasileiros, em cerca de 150 municípios (Embrapa, 2011). Entretanto, mesmo em municípios onde sua ocorrência já foi registrada deve-se prevenir sua disseminação para áreas ainda isentas deste parasita. Nas áreas onde o nematoide já ocorre deve-se lançar mão de um conjunto de medidas visando manter sua densidade populacional em níveis que não causem prejuízos econômicos, pois a erradicação é praticamente impossível.

As principais medidas de controle do nematoide de cisto da soja são a rotação de culturas (Wrather et al., 1992; Garcia & Silva 1997; Garcia et al., 1999), o manejo de solo (Andrade & Asmus, 1997; Garcia et al., 2000; Rocha et al., 2006; Rocha et al., 2007; Barbosa et al., 2010) e a utilização de cultivares resistentes (Arantes et al., 1999; Dias et al., 2004; Dias et al., 2007; Embrapa, 2011). É recomendado o emprego dessas três medidas de forma associada, para evitar a pressão de seleção sobre a população do nematoide.

O controle químico de *H. glycines* apresenta controvérsias devido sua baixa eficiência e, principalmente, da relação custo/benefício para o seu emprego na cultura da soja, em que, muitas vezes, o gasto gerado com o nematicida não compensa o incremento

de produtividade (Fernandes & Tihohod, 1996; Koenning et al., 1998). Dessa forma, tecnologias recentes, tem investido no desenvolvimento de produtos químicos para o tratamento de sementes como uma ferramenta a mais no manejo de *H. glycines*. Esse tratamento visa suprimir o nematoide durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, dando uma proteção inicial ao sistema radicular (Parisi et al., 1972; Sosa Moss & Camacho, 1973; Truelove et al., 1977; Rodríguez Kábana & Weaver, 1987; Fask & Starr, 2006; Monfort et al., 2006; Faske & Starr, 2007; Cabrera et al., 2009; Bessi et al., 2010; Kubo et al., 2012). Dentre os produtos que estão sendo empregados no tratamento de sementes destacam-se aqueles a base de avermectina e de metilcarbamato de oxima. Os dois principais princípios ativos derivados desses grupos, empregados nessa forma de controle, são respectivamente a abamectina e o tiodicarbe. Esses compostos estão sendo empregados em baixas dosagens, quando comparados a nematicidas convencionais e têm apresentando eficiência com relação a uma série de nematoides em diferentes culturas (Becker, 1999; Fask & Starr, 2006; Monfort et al., 2006; Faske & Starr, 2007; Bessi et al., 2010; Kubo et al., 2012; Ribeiro et al., 2012).

Portanto, para o sucesso do manejo do *H. glycines* é de fundamental importância conhecer a sua biologia, o seu comportamento no ambiente e as ferramentas disponíveis para a redução populacional do nematoide. Assim, o presente trabalho teve como objetivo conhecer melhor o comportamento do *H. glycines* e propor alternativas para o seu manejo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA CULTURA DA SOJA

A soja é considerada uma das plantas mais importantes do mundo por seus grãos serem ricos em proteína e óleo. Os teores médios de proteína e óleo das cultivares plantadas no Brasil estão em torno de 38% e 19%, respectivamente. A soja pode ser utilizada como adubo verde, forragem, silagem, feno e pastagem. O grão pode fornecer óleo tanto para alimentação humana como para a fabricação de biodiesel, desinfetantes, lubrificantes, sabões, etc. O farelo é utilizado na alimentação humana e animal e na manufatura de muitos produtos processados ou semiprocessados (Sediyama, 2009).

A soja, cultivada em todo o mundo, é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem, inicialmente era uma planta rasteira, que ocorrera no leste da Ásia. Sua evolução ocorreu de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies selvagens, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (Embrapa, 2004). Apesar de sua intensa exploração na alimentação oriental, o Ocidente ignorou o seu cultivo por aproximadamente cinco mil anos. Somente na segunda década do século vinte os Estados Unidos da América iniciaram sua exploração comercial, inicialmente como forrageira, e posteriormente como grão (Embrapa, 2008).

Em relação às grandes culturas produtoras de grãos a soja foi a que mais cresceu em termos percentuais, tanto no Brasil, como no restante do mundo. De 1970 a 2007, o crescimento da produção global foi de 763% (de 44 para 236 milhões de toneladas), enquanto as produções de culturas como trigo, arroz, feijão, cevada e girassol cresceram, no máximo, um terço desse montante (Embrapa, 2008).

O Centro-Oeste brasileiro na década de 80 se consolidou como potência agrícola, quando a cultura da soja se estabilizou na região Sul do país e expandiu-se pelos Cerrados. Na safra 2012/13, o país cultivou cerca de 27,71 milhões de hectares de soja, sendo 12,78 milhões de hectares cultivados na região Centro-Oeste, o que representa cerca de 46% da área nacional plantada (Conab, 2013). Dessa forma, praticamente metade de toda área plantada com soja está situada no Centro-Oeste Brasileiro.

No tocante a produção de soja, a região Centro-Oeste também detém lugar de destaque quando comparada com as demais regiões. Das 81,55 milhões de toneladas de soja produzidas no país, 34,8 milhões de toneladas são provenientes dessa pujante região, que representa 52,4% da produção nacional. A produtividade da cultura também tem grande destaque nos estados que compõe a região Centro-Oeste. Na safra 2012/13 a produtividade média desses estados foi de 2.941 kg.ha⁻¹, 12,63% acima da média nacional (Conab, 2013).

A história da agricultura brasileira foi alterada sensivelmente devido ao crescimento da produção de soja no país. Foi à soja, inicialmente apoiada pela cultura do trigo, a grande responsável pelo desenvolvimento da agricultura comercial brasileira (Embrapa, 2007). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de grãos de soja, e possui alta competitividade em termos técnicos. Mesmo com um crescimento anual na área cultivada com a oleaginosa, a produtividade continuou crescendo a taxas maiores que nos demais países (FAO, 2012). Esse crescimento significativo na produtividade se deve também, ao fato de o País, ao longo dos últimos anos, ter realizado importantes investimentos na geração e difusão de tecnologias de alto nível específicas para cada região do país.

O aumento na produção de soja traz consigo problemas novos que despertam o interesse da comunidade científica. Problemas no campo da fitossanidade são cada vez mais comuns e disseminados entre os países produtores desta oleaginosa. Dentre esses problemas fitossanitários podem-se destacar os nematoides. Esses patógenos parasitam o sistema radicular, diminuindo a absorção de nutrientes e conseqüentemente reduzindo a produtividade da cultura. O nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) tem grande destaque devido, principalmente, ao seu alto nível de dano à cultura, sua capacidade de sobrevivência no solo e a sua ampla disseminação nas áreas cultivadas.

2.2 NEMATOIDE DE CISTO DA SOJA (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952)

2.2.1 Aspectos gerais do *H. glycines*

O nematoide *H. glycines* é um dos principais patógenos que afeta a cultura da soja, nos principais países produtores desta oleaginosa, como os Estados Unidos e o Brasil. As perdas causadas por *H. glycines*, nos dez principais países produtores, foram superiores

às causadas pelas demais doenças que afetaram a cultura na safra de 1994 (Wrather et al., 1997). A diminuição de produtividade ocasionada por este nematoide nos Estados Unidos, nos anos de 2003 a 2005, foram respectivamente 2,9; 3,47 e 1,93 milhões de toneladas do grão, o que evidencia a severidade da doença (Wrather & Koenning, 2006).

Na região Central do Brasil, em condições de alto índice populacional, em especial quando associado ao excesso de calagem, as perdas causadas pelo nematoide de cisto da soja chegaram a atingir 100%. No entanto, os níveis de danos causados são variáveis, em função de diversos fatores como a fertilidade e manejo do solo, o grau de suscetibilidade das cultivares, o tempo de presença do nematoide na área e a adoção de práticas de controle, como a rotação de culturas com espécies não hospedeiras e a utilização de cultivares resistentes (Dias et al., 2009).

Os sintomas do nematoide aparecem em reboleiras e, em muitos casos, as plantas acabam morrendo. O sistema radicular fica reduzido e infestado por minúsculas fêmeas do nematoide com formato de limão ligeiramente alongado. Inicialmente de coloração branca, a fêmea, posteriormente, adquire a coloração amarela. Quando a fêmea morre, seu corpo se transforma em uma estrutura dura denominada cisto. O cisto pode sobreviver no solo, na ausência de planta hospedeira, por mais de oito anos (Embrapa, 2011).

2.2.2 Biologia e ciclo de vida do *H. glycines*

O ciclo de vida do *H. glycines* varia em função de uma série de fatores. Considerando a temperatura do solo na faixa de 23°C a 25°C, o ciclo desse nematoide dura em torno de 21 a 24 dias. Dessa forma, é possível a obtenção de 4 a 5 gerações em um único ciclo da cultura (Lauritis et al., 1983; Young, 1992). Nas condições brasileiras, Cunha et al. (2008) observaram que o *H. glycines*, com temperatura média do solo de 28,7%, completa seu ciclo com 29 dias, possibilitando a ocorrência de 3 a 4 gerações do nematoide durante o ciclo da soja.

O gênero *Heterodera* se caracteriza pela formação de cistos. O cisto é o corpo da fêmea adulta, após sua morte, de coloração amarronzada, resistente às intempéries do ambiente, contendo uma média de 200 a 600 ovos (Cares & Baldwin, 1995). Nas condições climáticas brasileiras a média do número de ovos por cisto está em torno de 150 a 250 (Embrapa, 2011).

O início do ciclo de vida dos fitonematóides depende da habilidade de eclosão de seus juvenis. Diversos fatores físicos e químicos podem influenciar no processo de eclosão. A temperatura é um dos fatores que interferem nesse processo do ciclo do nematoide de cisto da soja. Para *H. glycines* a temperatura ideal para eclosão é de 24 °C. Outro fator que interfere é a umidade do solo e a aeração. A umidade ideal é próxima a capacidade de campo, variando em função do teor de argila do solo. Solos muito úmidos têm a diminuição do oxigênio, afetando a eclosão. No tocante aos fatores químicos que afetam a eclosão, o principal são os exsudados radiculares (Young, 1992).

Os ovos, no interior do cisto ou da fêmea, sofrem embriogênese, dando origem ao juvenil de primeiro estágio (J1). Este tem sua ecdise, ou troca de cutícula, dentro do ovo e torna-se o juvenil de segundo estágio (J2), que eclode, migra no solo e invade as raízes da planta hospedeira. Os juvenis recém-eclodidos (J2) são atraídos às raízes dos hospedeiros por quimiotaxismo. Para realizar essa tarefa, os juvenis de *H. glycines* utilizam um apurado sistema sensorial que detecta os exsudados radiculares das plantas hospedeiras (Fragoso et al., 2007). Os J2, que são a forma infectiva do nematoide, não se alimentam até o estabelecimento do parasitismo. Suas reservas energéticas são corpúsculos de lipídios armazenados na porção posterior de seu corpo (Abad et al., 2003), sendo essa reserva suficiente para manutenção do juvenil por aproximadamente duas semanas (Fragoso et al., 2007).

A penetração do juvenil de *H. glycines* ocorre na base da coifa, onde há a presença de tecido meristemático. Como consequência dessa penetração, ocorre a diminuição da expansão do sistema radicular da planta hospedeira. Após a migração intracelular no tecido, facilitada pela ação de celulase, pectinases e proteases (Hussey et al., 2002) e por expansinas vegetais (Gal et al., 2006), os nematoides atingem o parênquima vascular, onde induzem a formação do sítio de alimentação ou sincício.

Para completar seu ciclo de vida, o *H. glycines* depende da formação do seu sítio de alimentação (Van Der Eycken et al., 1996), já que esta será sua única fonte de nutrientes durante o seu parasitismo. O sincício é o somatório de células vegetais modificadas, que funcionam como drenos de nutrientes do eixo vascular para o nematoide. Esse sítio de alimentação é formado a partir da fusão citoplasmática de células adjacentes (Fragoso et al., 2007).

O J2, após o seu estabelecimento, continua o seu desenvolvimento, sofrendo mais três ecdises, até atingir a fase adulta. O sexo dos juvenis pode ser identificado através

de observações morfológicas dos primórdios das genitálias, no estágio J3. No estágio J4, o macho, cujo formato do corpo é alongado, cessa a alimentação e deixa as raízes. As fêmeas permanecem fixadas à raiz, com o corpo para o lado de fora e a parte anterior internamente nos tecidos radiculares, com o corpo no formato de limão. Os machos adultos são necessários para a reprodução e frequentemente são encontrados na massa gelatinosa que a fêmea secreta durante a postura. Nesta fase, a fêmea libera parte dos ovos em uma pequena matriz gelatinosa liberada pelo ânus e o restante permanece retido no interior do seu corpo. Após a morte, a fêmea adquire coloração marrom e se desprende da raiz se tornando cistos contendo, em seu interior, ovos viáveis (Young, 1992).

O cisto, por ser uma estrutura leve e resistente, constitui a mais eficiente unidade de dispersão do nematoide. Dessa forma, é facilmente levado de uma área para outra, a curta ou longas distâncias, por qualquer forma de movimentação de solo (Dias et al., 2007). Diversos fatores podem afetar o ciclo do *H. glycines*. Dentre eles podem ser citados a temperatura, o teor de água no solo, a textura do solo, a cultura presente na área e mesmo resistência genética ao *H. glycines* (Young, 1992). Outro fator que tem sido considerado é a concentração do inóculo inicial presente na área. Altas densidades de inóculo têm provocado inclusive mudanças no fator de reprodução do nematoide, reduzindo-o (Asmus & Ferraz, 2002).

2.2.2.1 Influência da resistência genética no ciclo de vida do *H. glycines*

O nematoide penetra de forma semelhante em cultivares resistentes e suscetíveis, sendo a resistência conferida por reação de hipersensibilidade, que ocorre após o estabelecimento do sincício. De modo geral, em cultivares resistentes, os juvenis de *H. glycines* são incapazes de estabelecer locais de alimentação, em função da deterioração do sincício que ocorre em alguns dias, acarretando a morte do nematoide dentro do tecido radicular (Kim et al., 1987; Kim & Riggs, 1992; Tylka, 2008). As fêmeas desse nematoide são as responsáveis pela maioria dos danos em função da formação de sincícios e por se alimentarem desde o estágio J2 até a fase adulta, enquanto os machos alimentam-se somente nos estádios J2 e J3 (Endo, 1964; Endo, 1965).

Quando uma cultivar de soja possui algum gene de resistência ao *H. glycines* esse nematoide não consegue completar seu ciclo de vida e quando consegue tem-se diminuição no número de ovos e conseqüentemente no número de J2. Asmus et al. (2001)

observaram que a penetração de J2 ocorre de forma semelhante em cultivares de soja suscetível e resistente. No entanto, Kim et al. (1987) e Carpentieri-Pípolo et al. (2005) afirmam que o estabelecimento do sincício, nas cultivares resistentes, é interrompido com aproximadamente dez dias após a infecção.

Em geral, a resistência ao nematoide de cisto da soja é definida com base no número de fêmeas adultas que se desenvolvem nas raízes das plantas testadas em relação a uma variedade suscetível padrão (Lee 74), em casa de vegetação. Quando o índice de fêmea é inferior a 10% em relação à variedade suscetível padrão, a cultivar de soja é considerada resistente. Se o índice de fêmea for superior a 10% e inferior a 30%, a cultivar é considerada moderadamente resistente e se for superior a 30% é considerada suscetível (Schimitt & Shannon, 1992). Dessa forma, as cultivares de soja resistentes presentes no mercado, podem ter um baixo grau de parasitismo do nematoide permitindo que os indivíduos capazes de parasitar o sistema radicular dessas cultivares completem seu ciclo de vida.

No Brasil, existe uma série de cultivares resistentes ao nematoide de cisto, sendo estas derivadas de cultivares norte-americanas (Dias et al., 2009). No entanto, a base genética dessa resistência é relativamente estreita podendo o patógeno superar facilmente a resistência dessas cultivares devido a sua alta variabilidade (Yue *et al.*, 2000). Com isso, nem sempre o processo de formação do sincício é interrompido podendo o nematoide completar seu ciclo de vida e fêmeas adultas serem encontradas no sistema radicular de cultivares resistentes (Young, 1992; Li et al., 2004; Brucker et al., 2005). Li et al. (2004) ao avaliarem o efeito do gene de resistência, *rhg1*, na penetração, desenvolvimento e reprodução de *H. glycines*, raça 3, observaram que a presença desse gene não impede a penetração do nematoide mas afeta o desenvolvimento e a fecundidade das fêmeas, indicando que alguns indivíduos são capazes de completar seu ciclo de vida mesmo em sistema radicular de soja com gene de resistência.

Dentre as cultivares resistentes também é possível observar diferenças no parasitismo em função do genitor utilizado na transferência dessa resistência. Brucker et al. (2005) observaram que existe uma diferença funcional nos alelos ligados ao *rhg1*, sendo que os alelos ligados aos genes de resistência da PI 437654 conferem maior resistência que os ligados a PI 88788. Com isso, em áreas com altas concentrações populacionais, cultivares derivadas da PI 88788 tem maior desenvolvimento de fêmeas em seus sistemas radiculares em função dessa menor estabilidade da resistência. Anand & Brar (1983) e

Young (1984) constataram essa diferença entre cultivares de soja resistentes e recomendam que para um melhor manejo populacional, seja empregada mais de uma fonte de resistência ao *H. glycines* no desenvolvimento de cultivares comerciais.

2.2.2.2 Influência da concentração de inóculo no ciclo de vida do *H. glycines*

A concentração do inóculo presente também exerce influência sobre o ciclo do *H. glycines*. Altas densidades populacionais muitas vezes não são acompanhadas de um crescente número de fêmeas nas raízes. Grande quantidade de J2 que penetram nas raízes de soja não consegue estabelecer sincícios nos tecidos vasculares das plantas, não conseguindo completar seu ciclo de vida. A alta competição por sítios de alimentação pode inclusive causar um desbalanço na proporção entre machos e fêmeas, aumentando o número de machos em decorrência da morte de fêmeas (Koliopanos & Triantaphyllou, 1972; Stelle, 1975; Evan & Fox, 1977; Colgrove & Niblack, 2005).

Wang et al. (1998) ao avaliarem a influencia de diferentes densidades de inóculo (100, 1.000, 4.000 e 10.000 ovos e J2 por vaso) na determinação de raças de *H. glycines* concluíram que concentrações superiores a 4.000 reduzem o número de fêmeas no sistema radicular da cultivar de soja suscetível, Lee 74. Observaram também que densidades iniciais de inóculo abaixo de 1.000 ovos e J2 por vaso gerava dados inconsistentes na determinação de raça do *H. glycines*

Asmus & Ferraz (2002) ao testarem seis concentrações de inóculo de *H. glycines* (0, 1.200, 3.600, 10.800, 32.400 e 97.200 J2/vaso) sobre a fenologia da soja, concluíram que o aumento na concentração da população inicial promove uma redução da taxa fotossintética da soja e conseqüentemente na produção. Concluíram também que o aumento da concentração inicial do inóculo reduz o fator de reprodução do nematoide.

Nem sempre o aumento da concentração inicial de inóculo é acompanhado de uma redução do número de indivíduos de *H. glycines* no sistema radicular ou no solo. Alguns trabalhos trazem resultados demonstrando que o aumento dessa concentração pode ser acompanhado por um incremento na densidade do nematoide (Brito et al., 1999; Rocha et al.; 2008).

Brito et al. (1999) ao avaliarem sete diferentes níveis de inóculo (0, 2.000, 4.000, 8.000, 12.000, 16.000 e 20.000 ovos/vaso) de *H. glycines* em três diferentes épocas (28, 35 e 42 dias após a inoculação), no sistema radicular da cultivar de soja suscetível

‘FT-Cristalina’, constataram que o número de fêmeas no sistema radicular tende a aumentar com o aumento da concentração do inóculo inicial. Verificaram também que plantas nos vasos infestados com 2.000 ovos, o número de cistos foi superior aos demais tratamentos.

Rocha et al. (2008) avaliaram a relação de três populações iniciais (100, 200 e 300 J2) de *M. javanica* e *H. glycines* com desenvolvimento do sistema radicular da soja e constataram que ao aumentar-se a concentração inicial de inóculo aumentava-se o número de juvenis dos nematoides nos sistemas radiculares da cultivar de soja suscetível ‘Embrapa 20’. Concluíram também que a concentração de 300 J2 de *H. glycines* reduz a massa do sistema radicular da soja.

Tood et al. (2003) observaram que a densidade populacional, a suscetibilidade da cultura e a presença de genes de resistência ao *H. glycines* influenciam tanto na multiplicação como na taxa de sobrevivência do nematoide de cisto. A taxa de sobrevivência diminui sensivelmente com o aumento da densidade populacional ao passo que em baixas densidades populacionais taxas de sobrevivência superiores a 100% são obtidas. Esses resultados indicam que sob baixas densidades populacionais o nematoide é capaz de um grande aumento populacional quando a área é cultivada com uma cultivar de soja suscetível.

2.2.2 Alternativas de manejo do *H. glycines*

Com a detecção do nematoide de cisto da soja no Brasil, teve início, por parte das instituições de pesquisa e de assistência técnica, uma intensa divulgação de medidas de controle, todas baseadas na experiência relatada pelos norte-americanos. Como no País, não haviam cultivares de soja resistentes a esse fitonematoide, o controle inicial se restringiu a rotação de culturas e ao manejo de solo (Garcia et al., 1999). No entanto, os pesquisadores brasileiros avançaram suas pesquisas no intuito de introduzir os genes responsáveis pela resistência a *H. glycines* nas cultivares brasileiras, existindo atualmente mais de 40 cultivares de soja com resistência a esse nematoide (Embrapa, 2011).

A rotação de culturas é uma medida de controle indicada mesmo quando se tem disponibilidade de cultivares resistentes. Essa rotação permite manter os níveis populacionais do nematoide baixos, e com isso, ser possível incluir a utilização de cultivares suscetíveis em programa de rotação de cultivares. A utilização de cultivares

suscetíveis é de fundamental importância para evitar ou diminuir a pressão de seleção sobre a população do nematoide, evitando a “mudança” da raça presente no local (Garcia et al., 1999).

O cultivo de plantas não hospedeiras, seguido por plantio de cultivar resistente por dois ou três anos, diminui sensivelmente a população desse nematoide. Subsequentemente, ao plantar uma cultivar suscetível, a população do nematoide de cisto da soja irá aumentar, no entanto, esta ficará abaixo da população inicial e daquela que causaria queda na produção (Wrather et al., 1992).

Dentre as espécies não hospedeiras de *H. glycines*, as de ciclo anual e de interesse econômico direto são as indicadas para a rotação com a soja, em especial aquelas cujos tratos culturais possam ser executados com o maquinário já existente na propriedade. É de grande importância observar o valor de mercado da espécie escolhida. Dentre as espécies de primavera-verão cultivadas no Brasil figuram o milho, o arroz, o algodão, o sorgo, o girassol e a mamona. No Centro-Oeste, as principais culturas utilizadas na rotação são o milho, o arroz e o algodão. É importante salientar que as culturas da mandioca e do amendoim, mesmo não sendo hospedeiras do nematoide de cisto da soja, não devem ser cultivadas em áreas infestadas, devido ser necessário grande movimentação do solo durante a colheita o que favorece sua disseminação (Garcia & Silva, 1997; Garcia et al., 1999).

As diferentes formas de preparo do solo, de semeadura e de fertilização, englobadas como forma de manejo do solo, podem afetar a dinâmica do nematoide de cisto da soja, em função de alterações de ordem química, física e biológica (Garcia et al., 1999). Manejar adequadamente o solo é essencial para evitar a disseminação de cisto para outras áreas e de fundamental importância para diminuir os danos causados por esse fitonematoide. Andrade & Asmus (1997) observaram em Chapadão do Sul, MS, que após a gradagem de uma área infestada com nematoide de cisto, era possível encontrar cistos a uma distância de 5, 10, 15, 30 e até 55 metros da área gradeada. Dessa forma verificou-se que a disseminação de cistos de *H. glycines* pelo vento é inerente, sendo o plantio direto uma prática cultural recomendada para reduzir a contaminação de áreas livres do problema.

O pH e o teor de nutrientes do solo também influenciam o desenvolvimento de *H. glycines*. Doses crescentes de calcário foram associadas por Rocha et al. (2006) a uma diminuição do número de cistos no solo em condições de estufa de produção. No entanto,

Garcia & Silva (1996) observaram que pH do solo e saturação de bases muito altas, favorecem as populações de nematoide de cisto da soja. A aplicação de fertilizante também exerce influência sobre a densidade populacional de *H. glycines*. Plantas mal nutridas estão mais predispostas ao ataque de fitonematóides (Wrather et al., 1992). Uma adubação equilibrada favorece o desenvolvimento da planta permitindo que ela não apresente sintomas provocados por doenças (Wrather et al., 1984). Barbosa et al. (2010) observaram que doses crescentes de potássio reduziram o número de fêmeas no sistema radicular da cultivar suscetível BRSGO Luziânia.

A incorporação de resistência às principais doenças que afetam a cultura da soja, nas cultivares comerciais, contribui para a eliminação de fatores restritivos à produtividade (Arantes et al., 1999). A utilização de cultivares resistentes tem sido uma das principais formas de controle de *H. glycines* em função do seu baixo custo e pela boa aceitação pelo produtor. No entanto, a utilização de cultivares resistentes não deve ser a única opção, uma vez que em função da elevada diversidade genética, o nematoide pode desenvolver novas raças quando submetido à pressão de seleção (Dias et al., 2007). Para amenizar esse problema, os programas de melhoramento de soja buscam a diversificação das fontes de resistência, no entanto, nem sempre os agricultores tem utilizado a estratégia de rotação de cultivares como medida de controle.

A incorporação da resistência tem sido realizada com a seleção de linhagens, a partir de populações originárias de hibridizações entre genótipos adaptados e cultivares norte-americanas com resistência oriunda de “Peking” (cultivares Sharkey, Forrest, Centennial, Padre, Stonewall, Kirby, Custer, Gordon, Thomas, etc); e/ou das PI's 88788 (cultivares Bedford, Leflore, Linford, Fayette, Epps, Nathan, Avery, etc), 90763 (cultivar Cordell) e 437654 (cultivar Hartwig) (Dias et al., 2007).

Em cultivares resistentes, os juvenis de *H. glycines* são incapazes de estabelecer sítios de alimentação nas raízes. Dependendo do tipo ou da fonte de resistência, o ponto de alimentação pode deteriorar-se muito rapidamente ou alguns dias após a infecção. No entanto, o resultado final é o mesmo, os juvenis morrem de fome dentro do tecido radicular (Tylka, 2008).

O controle químico do *H. glycines*, apesar de ser uma alternativa, tem sido bastante criticado do ponto de vista do custo benefício dos produtos, principalmente na cultura da soja. Vários trabalhos têm sido conduzidos apontando um sucesso parcial dessa forma de controle, o que não compensaria o custo da aplicação do nematicida. Fernandes

& Tihohod (1996) afirmam que os nematicidas aldicarb (5, 7,5 e 10 kg i.a.ha⁻¹) e ethoprophos (15 e 20 kg.ha⁻¹) não foram eficientes no controle de *H. glycines* em avaliações realizadas até 75 dias após o tratamento. No entanto, Koenning et al. (1998) avaliando o nematicida aldicarb (0,84 kg i.a.ha⁻¹) em sulco de plantio observaram uma redução no número de fêmeas de *H. glycines* nas raízes da soja e um aumento de produtividade de 100 a 200 kg.ha⁻¹. Entretanto somente em uma das três safras avaliadas, o tratamento foi economicamente viável.

Pedrozo et al. (1999) avaliaram o efeito da abamectina e do aldicarb sobre o *H. glycines*, em condições controladas. As doses utilizadas de abamectina foram 100, 200 e 300 ml p.c.ha⁻¹, via aplicação foliar aos 15, 21, 28 e 35 dias após o transplântio da cultivar de soja Cristalina, sendo o aldicarbo aplicado em dose única (0,07g.vaso⁻¹), incorporado ao substrato dos vasos. Os tratamentos empregando abamectina aumentaram significativamente a altura de plantas e pesos da matéria fresca e seca de raízes e da parte aérea, além de reduzir o número de fêmeas por grama de raiz quando comparado à testemunha. Esses resultados demonstram que o controle químico teria potencial no manejo do *H. glycines*. No entanto, formas mais eficientes de aplicação desses nematicidas, que agridam menos o meio ambiente, seriam necessarias para o sucesso dessa medida de controle. Dessa forma, outra tática de manejo que tem sido proposta, visando o controle do nematoide e o custo benefício da técnica, é a utilização do tratamento de sementes com produtos químicos.

2.3 TRATAMENTO DE SEMENTES NO MANEJO DE NEMATOIDES

Uma nova alternativa que tem sido proposta como ferramenta para o manejo de nematoides é o tratamento de sementes tanto com produtos químicos como biológicos. Esses tratamentos tem o objetivo de suprimir os nematoides durante as primeiras semanas após o plantio, permitindo assim um desenvolvimento adequado do sistema radicular (Parisi et al., 1972; Sosa Moss & Camacho, 1973; Truelove et al., 1977; Rodríguez Kábana & Weaver, 1987; Fask & Starr, 2006; Monfort et al., 2006; Faske & Starr, 2007; Cabrera et al., 2009; Bessi et al., 2010; Kubo et al., 2012). Uma planta com um sistema radicular bem desenvolvido tem a capacidade de resistir melhor ao ataque de nematoides.

Embora a técnica seja antiga e muitos pesquisadores já tenham testado sua eficácia, mais recentemente, devido ao crescimento em importância da ocorrência de áreas

infestadas por nematoides, tem-se dado grande destaque a esta alternativa de controle. Aliado a esse fato tem-se a busca pela redução dos impactos ambientais inerentes a aplicação de agrotóxicos e o custo do tratamento. Dessa forma, o tratamento de sementes reduziria os custos e o impacto ambiental já que a quantidade de produto utilizada é reduzida e permite uma aplicação mais segura do produto químico.

Dentre os produtos com ação nematicida presentes no mercado com potencial para utilização na cultura da soja via tratamento de sementes, destacam-se aqueles a base de avermectina (abamectina) e metilcarbamato de oxima (tiodicarbe) (Becker, 1999; Fask & Starr, 2006; Monfort et al., 2006; Faske & Starr, 2007; Cabrera et al., 2009; Bessi et al., 2010; Kubo et al., 2012; Ribeiro et al., 2012). As avermectinas são produtos químicos da família das lactonas macrocíclicas, produzidas pelo fungo de solo *Streptomyces avermitilis*, tendo sido descoberta na década de 70 e contendo propriedades anti-helmínticas. A avermectina B1 (abamectina), o principal componente da fermentação, possui atividade potente contra artrópodes a nível laboratorial e foi selecionada posteriormente para o controle de ácaros fitófagos e insetos pragas em uma gama de plantas cultivadas (Lasota & Dybas, 1990). O metilcarbamato de oxima é um inseticida sistêmico que age no sistema nervoso central de insetos, interferindo na ação da enzima acetilcolinesterase, sendo seu principal representante o aldicarb (Omoto, 2000). O tiodicarbe também pertence a essa família e tem se destacado no tratamento de sementes visando o manejo de nematoides (Kubo et al., 2012; Ribeiro et al., 2012).

A eficiência da abamectina no manejo de nematoides foi comprovada por Fask & Starr (2006). Ao avaliarem a sensibilidade de *M. incognita* e *R. reniformis* a abamectina constataram que as concentrações de abamectina de 1,56 a 0,39 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ e 32,9 a 8,2 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ foram letais aos nematoides *M. incognita* e *R. reniformis*, respectivamente, e reduziram a infectividade em raízes de tomate. Nesse estudo, a toxicidade da abamectina foi semelhante ao do nematicida aldicarb.

Monfort et al. (2006) avaliaram a eficácia do tratamento de sementes com abamectina no controle de *M. incognita* na cultura do algodão, em condições de casa de vegetação e de campo. O tratamento de sementes em casa de vegetação aumentou a altura das plantas de algodão aos 35 dias após a inoculação e reduziram no número de nematoides por sistema radicular. A penetração de J2 também foi reduzida aos 14 dias após a inoculação para o tratamento empregando 100 g de abamectina por 100 kg sementes⁻¹. No campo o tratamento empregando abamectina na dose relatada

anteriormente e aldicarb ($5,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) reduziram a infecção do nematoide aos 14 dias após inoculação, não influenciando os resultados de produtividade.

Faske & Starr (2007) também avaliaram a proteção que o nematicida abamectina proporciona a raízes de algodão contra os dois principais nematoides que afetam a cultura, *M. incognita* e *R. reniformis*. A formação de galhas causadas por *M. incognita* foi reduzida dos 21 aos 35 dias quando se empregou o tratamento de sementes. O nematicida também afetou a penetração de ambos os nematoides no início do desenvolvimento das plantas. No entanto, com o passar do tempo, essa penetração sofreu um rápido incremento. Em seus estudos concluíram também que grande parte da abamectina aplicada via tratamento de sementes fica retida ao tegumento da semente, sendo uma pequena parte transferida para as raízes.

Cabrera et al. (2009) avaliaram a eficiência do tratamento de sementes com abamectina sobre os nematoides *Pratylenchus zae*, *Meloidogyne incognita* e *Heterodera schachtii* e concluíram que a penetração de *P. zea*, em milho e de *M. incognita* em algodão é reduzida em 80% na dose de $1,0 \text{ mg i.a. semente}^{-1}$ e $0,1 \text{ mg i.a. semente}^{-1}$, respectivamente, e de *H. schachtii*, em beterraba açucareira, em 60% na dose de $0,3 \text{ mg i.a.semente}^{-1}$. Observaram também que o número de galhas de *M. incognita*, em algodão, foi reduzido em 80% quando se empregou a dose de $0,1 \text{ mg i.a.semente}^{-1}$ no tratamento de sementes dessa cultura. Bessi et al. (2010) também avaliaram o efeito da abamectina, em tratamento de sementes, na penetração, colonização e reprodução de *M. incognita* e concluíram que esse tratamento reduziu a penetração de J2 nas raízes, resultando em menor colonização e reprodução do nematoide.

Kubo et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes produtos com ação nematicida no controle de *R. reniformis*, em algodão, em condições de casa de vegetação. Observaram que os tratamentos empregando tiodicarbe + imidacloprido, tiodicarbe + imidacloprido + clothianidim, tiodicarbe 350 e tiametoxam 350 FS + abamectina 500 FS foram eficientes na proteção das raízes de algodão contra a penetração do nematoide. Ribeiro et al. (2012) encontraram resultados semelhantes também em algodão, só que para o nematoide *P. brachyurus*, em que o tratamento de sementes com produtos a base de abamectina e tiodicarbe reduziram o número de nematoides no sistema radicular das plantas.

Na cultura da soja o tratamento de sementes, visando o controle de nematoides, ainda é muito incipiente. No entanto, alguns resultados têm demonstrado a eficiência do

tratamento de sementes no manejo de nematoides nesta cultura. Lovato et al. (2009) avaliaram o efeito de quatro doses de abamectina (0,37; 0,5; 0,65 e 0,72 g.kg de sementes⁻¹) no manejo de *M. javanica*, na cultura da soja, e observaram que abamectina nas doses de 0,62 e 0,75 g.kg de sementes⁻¹ podem ser utilizados com ferramenta de manejo desse nematoide na cultura, por reduzir a penetração. Vitti et al. (2009) avaliaram o efeito doses de abamectina (30, 40 e 50 g i.a.ha⁻¹), com e sem a adição de tiabendazol (9g i.a.ha⁻¹), no manejo de *H. glycines* na cultura da soja e observaram que a dose de 50 g i.a.ha⁻¹ reduz o número de ovos por fêmeas, 30 dias após o plantio, o número de fêmeas aos 45 dias e o número de cistos aos 60 dias, em campo naturalmente infestado.

3 PENETRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Heterodera glycines* EM CULTIVAR DE SOJA SUSCETÍVEL E RESISTENTE

RESUMO

O ciclo de vida do nematoide de cisto da soja dura em torno de 21 a 24 dias em temperaturas variando em torno de 23 a 25°C. No Estado de Goiás e nas demais regiões brasileiras é comum encontrar temperaturas médias superiores a 25°C assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a penetração e a duração do ciclo de *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0⁺), em cultivares de soja resistente e suscetível ao nematoide em condições controladas de casa de vegetação. O estudo foi conduzido com temperatura do solo variando de 23,9 a 31,1°C utilizando duas cultivares de soja que foram avaliadas em dez épocas, sendo que cada avaliação realizada em seis plantas. As cultivares de soja utilizadas foram a BRS Valiosa RR, suscetível, e a BRSGO 8860RR, resistente ao nematoide. Foram realizadas avaliações de coloração de raiz aos 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 30 dias após a inoculação (DAI). Aos 30 DAI, além da coloração de raízes, também foi realizada avaliação de fêmeas e ovos por meio de extração pelo método do peneiramento e flutuação. Verificou-se que a penetração de J2 de *H. glycines* ocorreu durante todo o período de avaliação, de forma semelhante na cultivar suscetível e na resistente, indicando que a resistência não teve ação sobre a penetração do nematoide. O ciclo do *H. glycines*, com temperatura do solo variando de 23,9° a 31,1° C e temperatura ambiente variando de 27,0° a 36,3°C se completou em 15 dias, tanto na cultivar suscetível como na cultivar resistente. O número de J2 que penetraram nas raízes de ambas as cultivares não diferiram, havendo maior intensidade de penetração do 6° ao 15° DAI. Na cultivar resistente o período de pico de formação de J3, J4 e fêmeas foi atrasado em relação aquela observada na cultivar suscetível.

Palavras-chave: *Glycine max*, nematoide de cisto, resistência genética.

PENETRATION AND DEVELOPMENT OF *Heterodera glycines* IN SUSCEPTIBLE AND RESISTANT SOYBEAN CULTIVARS

ABSTRACT

The *Heterodera glycines* life cycle complete within 21-24 days at temperatures ranging from 23 to 25 °C. In Goias state and in other Brazilian regions it is common to find average temperatures above 25 °C. Thus, the present study had the purpose to evaluate the penetration and life cycle length of *H. glycines*, race 3 (HG Type 0-) in two soybean cultivars under greenhouse conditions. During the study soil temperatures ranged from 23.9 to 31.1 °C. The soybean cultivars used were susceptible BRS Valiosa and resistant RR BRSGO 8860RR. Roots of six plants of each cultivar were stained at 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 and 30 days after inoculation (DAI). At 30 DAI number of females per root and eggs per female were also evaluated. *H. glycines* root penetration occurred throughout the evaluation period in both susceptible and resistant cultivars indicating that the resistance did not affect the nematode penetration. The *H. glycines* life cycle at soil temperature ranging from 23.9 °C to 31.1 °C was completed in 15 days in both the susceptible and the resistant cultivars. The J2 penetration was similar in the roots of both cultivars, with higher penetration from the 6th to the 15th DAI. Resistant cultivar had the peak period of formation of J3, J4 and females delayed in comparison with the susceptible cultivar.

Key words: *Glycine max*, cyst nematode, genetic resistance.

3.1 INTRODUÇÃO

O nematoide *Heterodera glycines* Ichinohe (1952) também conhecido como nematoide de cisto da soja é um dos principais patógenos que afeta a cultura da soja, nos principais países produtores desta oleaginosa. Esse nematoide foi detectado pela primeira vez no Brasil na safra de 1991/92 (Lima et al., 1992; Lordello et al., 1992; Monteiro & Morais, 1992) e está presente em cerca de 150 municípios, perfazendo uma área superior a 3,0 milhões de hectares (Dias et al., 2010).

Os sintomas do ataque desse nematoide aparecem em reboleiras e, em muitos casos, as plantas acabam morrendo. O sistema radicular fica reduzido e infestado por minúsculas fêmeas de *H. glycines*. Quando a fêmea morre, seu corpo se transforma em uma estrutura dura denominada cisto, de coloração marrom escura, cheia de ovos, altamente resistente à deterioração e à dessecação, que se desprende da raiz e fica no solo. O cisto pode sobreviver no solo, na ausência de planta hospedeira, por mais de oito anos (Lordello, 1984; Dias et al., 2010; Embrapa, 2011).

O ciclo de vida do *H. glycines*, em uma faixa de temperatura do solo variando entre 23°C a 25°C, dura em torno de 21 a 24 dias (Lauritis et al., 1983; Young, 1992). Dessa forma, é possível a obtenção de 4 a 5 gerações do nematoide em um único ciclo da cultura. Nas condições brasileiras, com temperaturas em torno de 28,7°C, o *H. glycines* completa seu ciclo de vida em torno de 29 dias após a infestação do solo, sendo possível a obtenção de 3 a 4 gerações do nematoide durante o ciclo da cultura (Cunha et al., 2008).

O ciclo de vida do *H. glycines*, tem início com os ovos já fertilizados, no interior dos cistos, que sofrem embriogênese, dando origem ao juvenil de primeiro estágio (J1). Este sofre ecdise dentro do ovo se tornando juvenil de segundo estágio (J2), que eclodem, migram no solo e invadem as raízes de plantas hospedeiras. Após o estabelecimento, o J2 continua o seu desenvolvimento, sofrendo mais três ecdises, até atingir a fase adulta, de macho ou fêmea. As fêmeas permanecem fixadas à raiz, com o corpo para o lado de fora e a parte anterior internamente nos tecidos radiculares. Os machos possuem corpo vermiforme, passando para o solo, onde não mais se alimentam e morrem após fertilizarem as fêmeas (Young, 1992).

Para completar seu ciclo de vida, o *H. glycines* depende da formação do seu sítio de alimentação (sincício) já que esta será sua única fonte de nutriente durante o seu parasitismo (Van Der Eycken et al., 1996). No entanto, o sincício se forma somente em

cultivares suscetíveis ao nematoide. Em cultivares resistentes ao *H. glycines*, os juvenis são incapazes de estabelecer locais de alimentação, em função da deterioração do sincício que ocorre em alguns dias, acarretando a morte do nematoide dentro do tecido radicular (Kim et al., 1987; Kim & Riggs, 1992; Tylka, 2008).

A base genética da resistência das cultivares de soja brasileiras, que são derivadas das cultivares norte-americanas, é relativamente estreita podendo o patógeno superar facilmente a resistência dessas cultivares devido a sua alta variabilidade (Yue *et al.*, 2000). Dessa forma, nem sempre o processo de formação do sincício é interrompido e fêmeas adultas podem ser encontradas no sistema radicular de cultivares resistentes (Young, 1992; Li et al., 2004; Brucker et al., 2005).

Visando compreender melhor o comportamento do nematoide de cisto da soja, nas condições brasileiras, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a penetração e a duração do ciclo de *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0⁺), em cultivares de soja resistente e suscetível sob condições controladas de casa de vegetação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido sob condições de casa de vegetação, na Escola de Agronomia/UFG (16°35'47.36"S; 49°16'48.01"O; altitude 726 metros). O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, com duas cultivares de soja, em dez diferentes épocas de avaliação, com seis repetições.

Foram semeadas quatro sementes das cultivares de soja resistente ao *H. glycines*, BRSGO 8860RR e suscetível BRSGO Valiosa RR em vasos de cerâmica de 0,3 L de capacidade contendo uma mistura de solo e areia, previamente autoclavados, na proporção de 1:1. Sete dias após a semeadura, foi realizado desbaste deixando somente uma plântula por vaso. Após o desbaste foi realizada a inoculação com uma suspensão contendo 5.000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0⁺).

O inóculo foi obtido de uma área naturalmente infestada do município de Campo Alegre – GO. O solo contendo cistos de *H. glycines* foi semeado com a cultivar de soja suscetível BRS Valiosa RR para multiplicação do inóculo, em casa de vegetação. Antes da montagem do experimento foi feita a determinação de raça do nematoide segundo Riggs & Schimitt (1988), sendo identificada como raça 3. Foi realizada também a

determinação do tipo HG segundo Niblack et al. (2002), ficando a população classificada como HG tipo 0.

Avaliações foram realizadas aos 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 30 dias após a inoculação (DAI) observando a penetração e o desenvolvimento de *H. glycines* no sistema radicular. Além destas avaliações que se deram pela técnica de coloração de raízes, também foi avaliado o número de fêmeas e ovos por extração das raízes.

Para avaliação da penetração e do desenvolvimento do nematoide as raízes das plantas de soja foram coradas adaptando-se a técnica de Byrd et al. (1983). Nessa técnica, os sistemas radiculares, após a assepsia prévia, foram fragmentados em pedaços de aproximadamente dois centímetros. Esses fragmentos foram embebidos, por quatro minutos, em uma solução a 1,5% de NaOCl, sendo posteriormente drenados e lavados para retirar todo o hipoclorito de sódio, e permaneceram embebidos em água por quinze minutos. Em seguida, adicionou-se 1 mL de corante em cerca de 30 mL de água e levou-se o material a fervura. O corante foi preparado diluindo-se 3,5 g de fucsina ácida em 250 mL de ácido acético e 750 mL de água destilada. Após a fervura, por aproximadamente trinta segundos, os fragmentos radiculares foram drenados, deixados esfriar para evitar a formação de bolhas dentro do tecido radicular, e lavados em água corrente, para retirar o excesso de corante. Em seguida foram colocados para clarear, em glicerina acidificada com três gotas de ácido clorídrico e novamente levadas à fervura. Após o clareamento, os fragmentos foram colocados em glicerina e armazenados em geladeira até a montagem das lâminas.

No momento da 10^a avaliação, aos 30 DAI, seis repetições de cada cultivar, foram destinadas para avaliação de fêmeas presentes nos sistemas radiculares pelo método descrito por Tihohod (2000) empregando jato forte de água sobre um conjunto de peneiras de 20 e 60 mesh. O material retido na peneira de 20 mesh foi descartado e o retido na peneira de 60 mesh foi recolhido e filtrado em papel de filtro sobre uma calha telada (Andrade et al., 1995) e levado ao microscópio estereoscópico (aumento de 15x) para contagem do número de fêmeas. Após a quantificação, dez fêmeas foram separadas aleatoriamente e rompidas em uma peneira de 100 mesh sobre outra de 400 mesh. Os ovos retidos na peneira de 400 mesh, foram colocados em um becker de 50 mL de capacidade. A suspensão foi homogeneizada e os ovos foram quantificados sob microscópio óptico (aumento 50x), com auxílio de uma câmara de Peters.

Em cada avaliação, empregando a técnica de coloração, foi realizada a contagem do número de juvenis de segundo (J2), terceiro (J3), quarto estágio (J4) e fêmeas nas raízes. Para essa quantificação, todos os fragmentos radiculares corados foram colocados em placas de Petri e as placas levadas a um microscópio estereoscópico (M 205 – aumento de 7.8x a 160x) para contagem.

Durante a condução do experimento, na casa de vegetação, foram realizadas leituras diárias da temperatura máxima e mínima empregando termômetro digital para ambiente, que mensura temperatura interna (solo) e externa (ambiente), com 0,1°C de resolução.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000), e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para realização das análises todos os dados foram transformados em *raiz quadrada de $x + 1$* .

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do solo, durante a condução do ensaio, foi de 26,6°C, sendo que essa variou de 23°C a 31°C, e a temperatura média do ambiente foi de 32°C, variando de 26,4°C a 40,1°C (Figura 3.1). Apesar da temperatura ambiental não afetar diretamente o nematoide, a medida que ela sofre incrementos a temperatura do solo também tende a aumentar e dessa forma afetar o ciclo do nematoide. A temperatura ótima para embriogênese, com menor mortalidade do nematoide, é de 24°C, sendo que a eclosão dos ovos ocorre em temperaturas variando entre 20° a 30°C (Alston & Schmitt, 1988). Como a temperatura média durante a condução do ensaio ficou em torno de 26,6°C, essa ficou dentro de uma faixa que não prejudica o desenvolvimento do nematoide, permitindo que esse conclua seu ciclo, mas pode ter interferido nos resultados aqui obtidos.

A maior concentração de J2 foi observada na avaliação realizada aos 9 DAI (Tabela 3.1). No entanto, maiores taxa de penetração foram observadas entre 6 e 15 DAI, indicando que os ovos e J2 permanecem com alta viabilidade até 15 DAI. Após os 15 DAI houve uma queda brusca na quantidade de J2 encontrados nas raízes até os 30 DAI (Tabela 3.1 e Figura 3.2). Embora tenha ocorrido penetração agressiva aos 21 DAI, sugere que estes J2 sejam provenientes de fêmeas formadas nas raízes, ou seja, uma segunda geração

do nematoide. De fato isto pode ser confirmado pela observação de fêmeas nas raízes de ambas as cultivares já aos 15 DAI (Tabela 3.2).

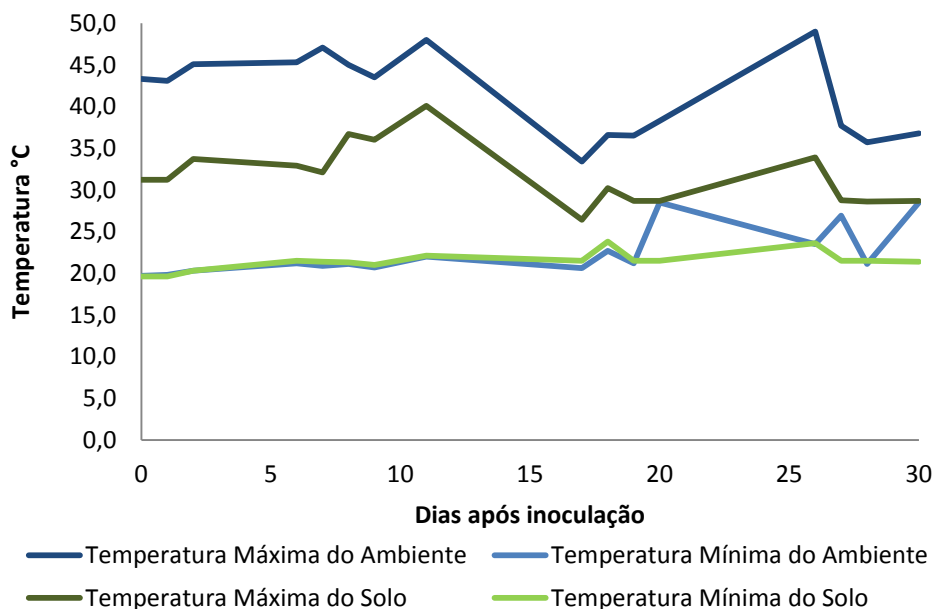


Figura 3.1. Temperaturas máximas e mínimas ambiental e do solo a partir da inoculação até a finalização do ensaio, em condição de casa de vegetação, Goiânia – GO.

É importante ressaltar que a penetração ocorreu de forma semelhante em ambas as cultivares, indicando que a resistência ao nematoide de cisto da soja só é manifestada após a penetração (Tabela 3.1). Isto corrobora os resultados obtidos por Acedo et al. (1984) e Asmus et al. (2001) que, avaliando a penetração de *H. glycines* em cultivares de soja resistente e suscetível, concluíram que os juvenis penetram igualmente em ambas as cultivares.

Os juvenis de terceiro estágio (J3) foram identificados a partir da avaliação realizada 6 DAI, com maior concentração na avaliação realizada 15 DAI tanto na cultivar resistente como na suscetível embora na cultivar resistente os valores tenham sido menores (Figura 3.2 e Tabela 3.1). Essa formação de J3 na cultivar resistente (Figura 3.2B) indica que a reação de hipersensibilidade não ocorre imediatamente após a inoculação e não impede o estabelecimento inicial do nematoide. Pelo contrário, as primeiras respostas com relação à infecção do nematoide de cisto da soja são similares às das cultivares suscetíveis. Segundo Kim et al. (1987) e Kim & Riggs (1992) os sincícios são iniciados nas raízes dentro de aproximadamente 42 horas após a inoculação. Com o progresso da infecção

ocorre a reação de hipersensibilidade. Cerca de cinco dias após a inoculação, o núcleo das células componentes do sincício ficam com amplas massas de cromatina aglutinada, desintegrando-se. Após a desintegração do núcleo, o citoplasma degenera, cessando a fonte de nutriente ao nematoide, matando-os por inanição. Dessa forma, enquanto a reação de hipersensibilidade não se completa, o nematoide continua o seu desenvolvimento.

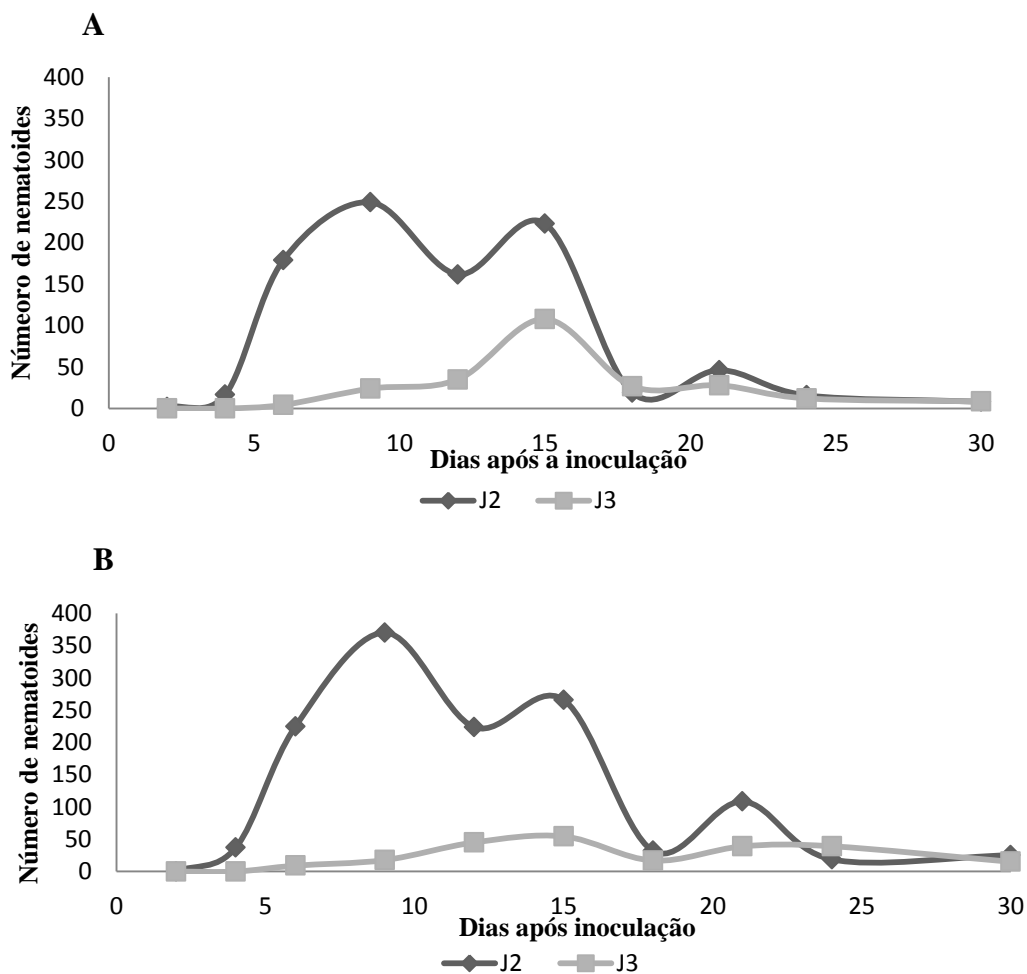


Figura 3.2. Número médio de juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) estágio de *H. glycines* por sistema radicular de cultivares de soja suscetível, BRS Valiosa RR (A), e resistente BRS GO 8860RR (B), em dez avaliações realizadas após inoculação, Goiânia – GO, 2012.

Juvenis de quarto estágio (J4) foram encontrados a partir dos 12 DAI (Tabela 3.2), com maior concentração na cultivar BRS Valiosa RR aos 15 DAI (Figura 3.3A) e na cultivar BRS GO 8860RR aos 21 (Figura 3.3B). Fêmeas de *H. glycines* foram encontradas

nas raízes de soja a partir de 15 DAI (Tabela 3.2). A partir dessa avaliação o número de fêmeas encontradas nas raízes das duas cultivares foi crescente até os 30 DAI, embora a quantidade encontrada nas raízes da cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, tenha sido bem maior que a encontrada na cultivar resistente, BRSGO 8860RR (Figura 3.3).

Tabela 3.1. Número médio de juvenis de segundo (J2) e terceiro (J3) estágio de *H. glycines*, raça 3, em 10 diferentes dias após a inoculação (DAI), por sistema radicular das cultivares de soja BRS Valiosa RR e BRSGO 8860RR, respectivamente suscetível e resistente ao nematoide. Goiânia – GO, 2012.

DAI	J2			J3		
	Valiosa	8860	Média*	Valiosa	8860	Média*
2	2,0	0,2	0,9 a	0,0	0,0	0,0 a
4	17,0	37,3	27,0 b	0,0	0,0	0,0 a
6	179,0	225,0	202,1 d	4,3	9,2	6,8 b
9	249,0	370,4	309,6 e	24,0	17,8	20,9 c
12	162,0	223,9	192,8 d	35,0	45,1	40,1 c
15	223,0	266,0	244,5 d	108,0	54,5	81,3 d
18	19,0	32,0	25,5 b	26,8	17,0	21,9 c
21	46,0	108,5	77,3 c	28,0	39,0	33,5 c
24	16,0	18,8	17,3 b	12,2	18,5	15,3 b
30	8,0	25,3	16,8 b	8,5	15,2	11,8 b
Média	92,0	130,7		24,7	21,6	
CV (%)		34,98			47,53	

* Dados originais e estatística realizada com dados transformados em raiz quadrada de $x + 1$. Médias seguidas das mesma letras não diferiram estatisticamente (Scott-Knott, $P < 0,05$)

Tabela 3.2. Número médio de juvenis de quarto estágio (J4) e de fêmeas de *H. glycines*, raça 3, em 10 diferentes dias após a inoculação (DAI), por sistema radicular das cultivares de soja BRS Valiosa RR e BRSGO 8860RR, respectivamente suscetível e resistente ao nematoide. Goiânia – GO, 2012.

DAI	J4			Fêmea		
	Valiosa*	8860*	Média	Valiosa*	8860*	Média
2	0,0 A a	0,0 A a	0,0	0,0 A a	0,0 A a	0,0
4	0,0 A a	0,0 A a	0,0	0,0 A a	0,0 A a	0,0
6	0,0 A a	0,0 A a	0,0	0,0 A a	0,0 A a	0,0
9	0,0 A a	0,0 A a	0,0	0,0 A a	0,0 A a	0,0
12	4,7 B b	1,0 A a	2,8	0,0 A a	0,0 A a	0,0
15	17,2 B c	6,5 A b	11,8	4,3 A b	0,2 A a	0,8
18	9,2 A b	14,3 A c	11,8	6,0 B b	0,5 A a	1,1
21	12,7 A c	20,0 B c	16,3	9,3 A b	2,5 A a	2,0
24	6,5 A b	7,7 A b	7,1	25,8 B c	13,7 A b	6,6
30	2,2 A a	13,0 B c	7,6	91,3 B d	27,7 A c	19,8
Média	5,2	6,2		13,7	4,5	
CV (%)		36,08			43,42	

* Dados originais e estatística realizada com dados transformados em raiz quadrada de $x + 1$. Médias seguidas das mesma letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferiram estatisticamente (Scott-Knott, $P < 0,05$)

Na extração de fêmeas pelo método tradicional (Tihohod, 2000) , realizada 30 DAI, foi possível verificar um maior número de fêmeas totais e fêmeas por grama de raiz na cultivar de soja suscetível (Tabela 3.3). Entretanto, a presença de fêmeas nas raízes da cultivar resistente, mesmo que em números bastante inferiores, mostram que a resistência desta cultivar não é completa. Quanto ao número de ovos/fêmea não houve diferença entre as cultivares (Tabela 3.3).

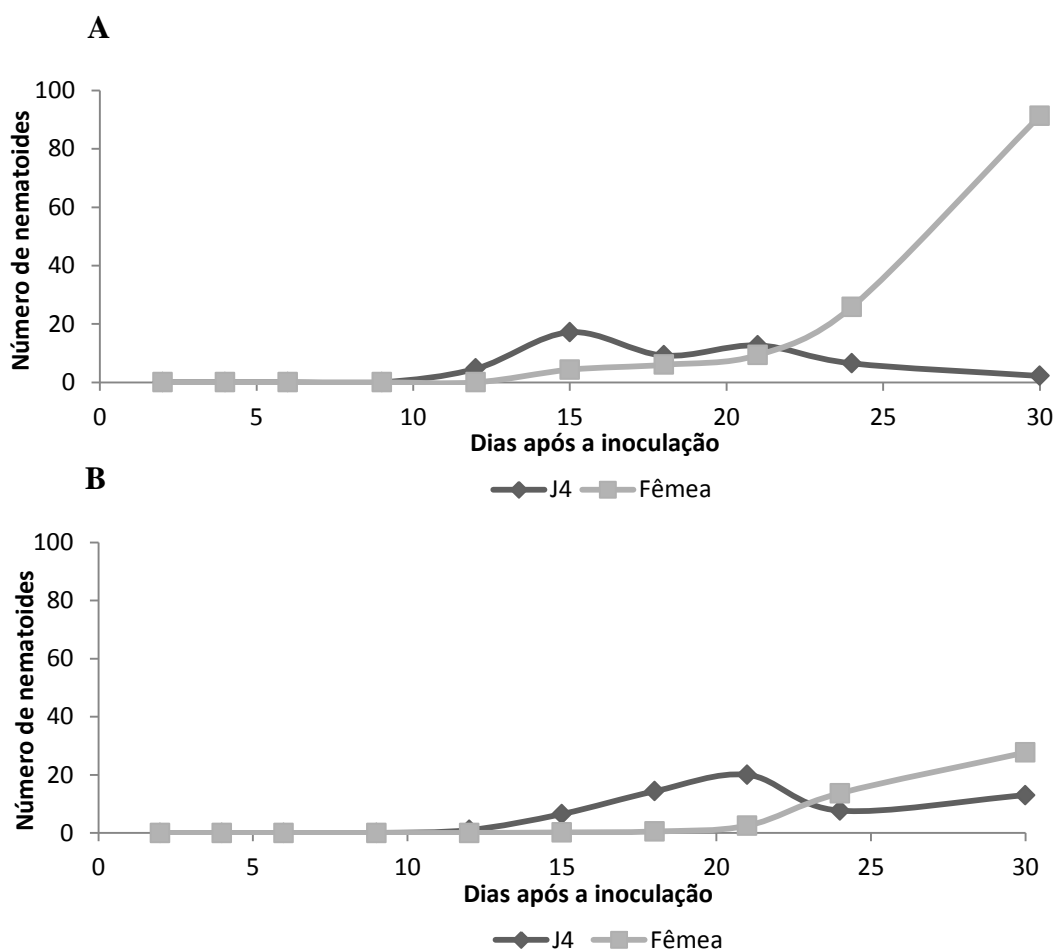


Figura 3.3. Número médio de juvenis de quarto estágio (J4) e de fêmeas de *H. glycines* em raízes de cultivares de soja suscetível, BRS Valiosa RR (A), e resistente, BRSGO 8860RR (B), em dez avaliações realizadas após inoculação, Goiânia-GO, 2012.

Tabela 3.3. Número total de fêmeas por sistema radicular, de fêmeas por grama de raiz e de ovos por fêmeas das cultivares de soja BRS Valiosa RR e BRSGO 8860RR, respectivamente suscetível e resistente ao *H. glycines*, raça 3, Goiânia – GO, 2012.

Cultivar	Fêmea*	Fêmea/g Raiz*	Ovo/Fêmea*
Valiosa	171,333 b	183,5 b	50 a
8860	9,167 a	12,333 a	42 a
CV (%)	34,64	36,42	25,43

* Dados originais e estatística realizada com dados transformados em raiz quadrada de $x + 1$. Médias seguidas das mesma letras não diferiram estatisticamente (Scott-Knott, $P < 0,05$)

A cultivar BRSGO 8860RR tem como fonte de resistência a PI 88788 que confere uma resistência menos estável que aquela conferida, por exemplo, pela PI 437654. Essa resistência de cultivares ao *H. glycines* está fortemente associada à presença do gene *rhg 1*. No entanto, existem diferenças funcionais nos alelos ligados ao *rhg 1*, sendo que os alelos ligados aos genes de resistência da PI 437654 conferem uma maior resistência que os ligados a PI 88788 (Brucker et al., 2005). Além disso, é importante ressaltar que o nematoide *H. glycines* possui uma grande variabilidade genética e, dessa forma, as fontes de resistência muitas vezes não se estendem a todos os indivíduos da população (Young, 1992).

Pela observação das Figuras 3.2 e 3.3 pode-se inferir que há menor desenvolvimento de J3 e de J4 nas raízes da cultivar resistente, ou mesmo que há um atraso no desenvolvimento destes. No entanto, ao se observar os dados da Tabela 3.1 e 3.2, que originam as referidas figuras, conclui-se que as quantidades totais de J3 e J4 formadas são semelhantes nas duas cultivares e que não há atraso no desenvolvimento de *H. glycines* nas raízes da cultivar BRSGO 8860RR. Na verdade o que se observa é um deslocamento do período de maior formação destes estádios de desenvolvimento do nematoide. Assim, a quantidade de J3 nas raízes da cultivar resistente nas avaliações realizadas aos 21, 24 e 30 DAI são maiores que as observadas nas raízes da cultivar suscetível nestas mesmas épocas. E a quantidade de J4 foi maior nas avaliações aos 18, 21, 24 e 30 DAI em comparação com a cultivar suscetível. Já a formação de fêmeas foi sempre menor na cultivar resistente.

Não se pode dizer que houve atraso no desenvolvimento de *H. glycines* nas raízes da cultivar resistente porque J3, J4 e fêmeas começaram a ser encontrados nas raízes das duas cultivares nas mesmas épocas de avaliação, ou seja, aos 6, 12 e 15 DAI, respectivamente. No entanto, os números foram menores na cultivar resistente no início do período em que foram encontrados (Tabela 3.2).

Ao observar os resultados de fêmeas obtidos na avaliação 30 DAI pelo método de coloração e pelo método de extração tradicional é possível observar que com a extração há quantificação de um número maior de fêmeas. Pelo método de extração tradicional foi possível recuperar um número mais elevado de fêmeas que pelo método da coloração, para a cultivar suscetível, e um número inferior para a cultivar resistente. Essa diferença provavelmente é em função da não extração de fêmeas no caso da cultivar resistente, ou da perda de fêmeas no caso da cultivar suscetível. No método de coloração de Byrd et al. (1983) as raízes de soja são lavadas em água corrente para retirada do excesso de substrato e posteriormente mantidas em repouso em uma solução de hipoclorito de sódio. Nesse manuseio, muitas fêmeas podem ser perdidas, uma vez que essas fêmeas se desprendem muito facilmente das raízes. Esse fato provavelmente ocorreu na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, e explica a recuperação de um menor número de fêmeas quando comparado com o método de extração tradicional. Já a técnica de extração envolvendo jato forte de água e o peneiramento, apesar de extrair com eficiência as fêmeas que estão aderidas nas raízes, não consegue extrair as fêmeas que ficam internas no tecido radicular. Dessa forma, é provável, que em função de um menor desenvolvimento das fêmeas na cultivar resistente, essas fiquem retidas dentro do tecido radicular e não seja possível de serem extraídas pelo método de avaliação tradicional. Porém, pela técnica de coloração são possíveis de serem quantificadas, o que explica o maior número de fêmeas recuperadas nessa técnica para a cultivar resistente, BRSGO 8860 RR.

A avaliação dos indivíduos no interior das raízes foi bastante satisfatória, permitindo identificar de forma nítida os estádios de desenvolvimento de *H. glycines* em ambas as cultivares (Figura 3.4). Não foi notada diferença nos estádios do *H. glycines* J2, J3 e J4 formados nas duas cultivares (Figura 3.4A, 3.4B e 3.4C). O que se observou de diferente entre as cultivares foi a ausência de ovos formados pelas fêmeas na cultivar resistente, além da menor quantidade de indivíduos (Figura 3.4E). Isto pode ser uma indicação de sincícios mal formados ou com conteúdo granular que impediu ou dificultou a alimentação do nematoide.

É possível observar também que essa fêmea possui um tamanho reduzido quando se compara com uma fêmea que se desenvolveu no sistema radicular da cultivar de soja suscetível (Figura 3.4D). Isto confirma os resultados encontrados por Li et al. (2004) que comprovaram que a presença do gene *rgl 1*, que confere a resistência a cultivar BRSGO 8860, não afeta a penetração do *H. glycines* mas afeta o crescimento,

desenvolvimento e fecundidade das fêmeas. Contudo, na avaliação pelo método de extração não foi observada diferença significativa entre as duas cultivares para o número de ovos/fêmea. O número de ovos na cultivar suscetível foi baixo, considerando-se que o esperado para as condições brasileiras é de aproximadamente 100 a 250 ovos/fêmea (Embrapa, 2011).

Ao avaliar o desenvolvimento completo do nematoide, em função de suas fases do ciclo de vida, é possível verificar que o *H. glycines*, raça 3 completa seu ciclo de vida com 15 DAI, nas duas cultivares, embora menores quantidades de fêmeas foram encontradas na resistente. É interessante ressaltar que mesmo sendo resistente ao nematoide, a cultivar BRSO 8860RR, permite que o nematoide complete seu ciclo de vida.

Cunha et al. (2008) avaliaram o ciclo de vida do *H. glycines*, raça 9, nas condições do Estado do Maranhão, e concluíram que esse se encerra com 29 dias após a inoculação do nematoide no solo, para uma temperatura média do solo de 28,7°C. Como não foi avaliada a penetração não é possível saber ao certo o período que o J2 levou para penetrar nas raízes e dessa forma saber com exatidão a duração do ciclo do nematoide, portanto estima-se.

Em todas as avaliações foi possível a visualização de J2, o que torna evidente que a penetração do *H. glycines* ocorreu de forma constante nas raízes de ambas cultivares de soja e tudo indica que as penetrações ocorridas após os 15 DAI são de J2 provenientes da segunda geração do nematoide. Outro fato observado foi a possibilidade de identificar todas as fases do ciclo do *H. glycines* no sistema radicular da cultivar de soja resistente, BRSGO 8860RR. Esse resultado comprova que o nematoide é capaz de completar seu ciclo de vida em cultivar resistente, demonstrando também possível variabilidade genética do patógeno. Corroborando com os resultados obtidos por Li et al. (2004), Brucker et al. (2005) e Fagihi et al. (2008) que mostraram que a resistência conferida pelo gene *rgl 1* oriundos da PI 88788 não é uma resistência completa.

Nas condições em que o ensaio foi desenvolvido, o *H. glycines*, raça 3, completou seu ciclo de vida com 15 dias embora o pico populacional tenha ocorrido aos 30 DAI. Isto é bastante preocupante do ponto de vista de manejo populacional, já que, no campo, quando se efetua a semeadura da soja os nematoides já estão presentes no solo e, ao considerar os diferentes grupos de maturação das cultivares de soja plantadas, que variam de aproximadamente 115 a 150 dias, seria possível obtenção de 7 a 10 gerações do nematoide por ciclo da cultura.

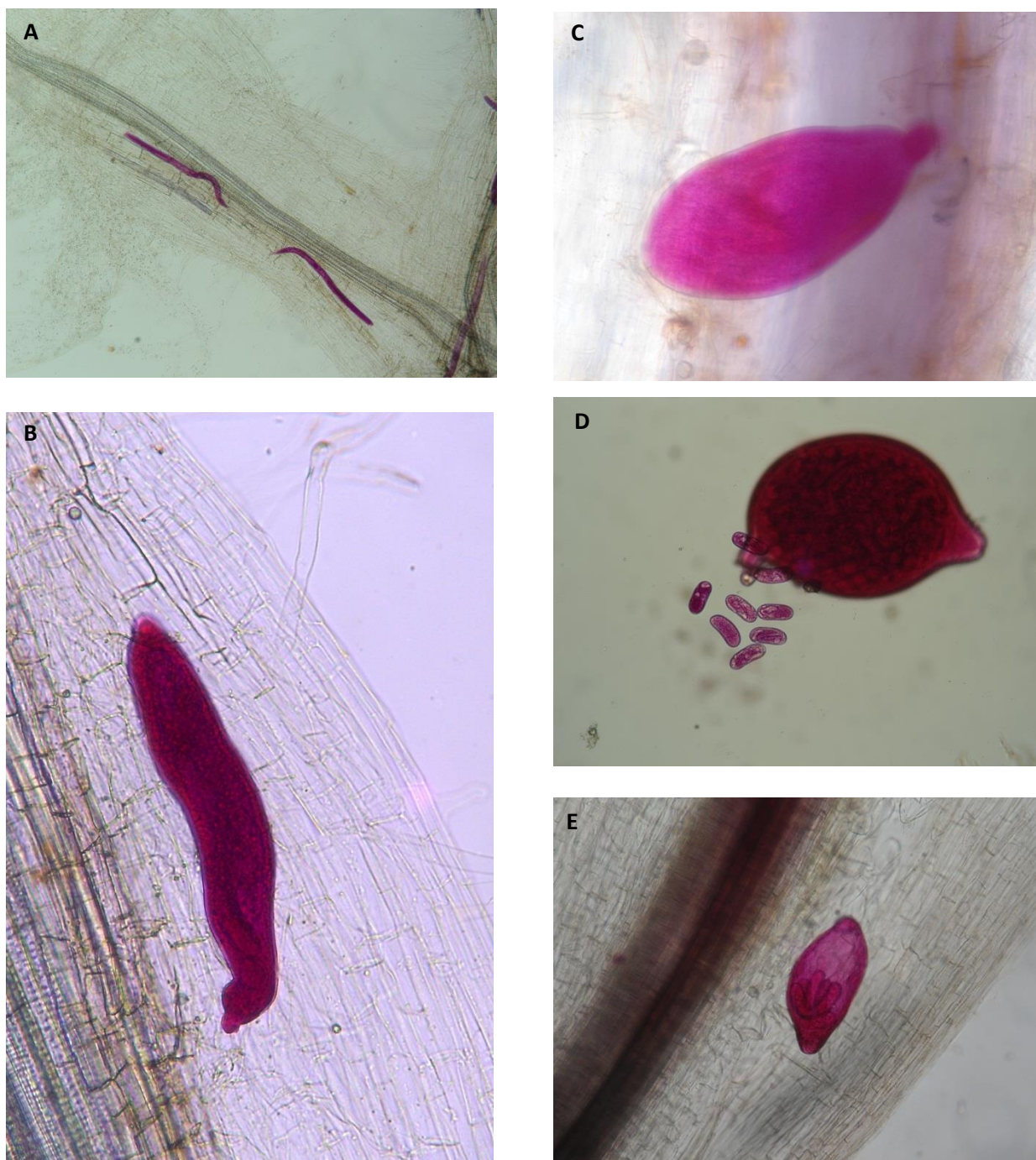


Figura 3.4. Indivíduos de *H. glycines* em raízes de soja. A – juvenis de segundo estágio (J2). B – juvenil de terceiro estágio (J3). C – juvenis de quarto estágio (J4). D - fêmea e ovos, cultivar suscetível, BRS Valiosa RR. E – fêmea em cultivar resistente, BRSGO 8860 RR, retida no interior do sistema radicular.

3.4 CONCLUSÃO

Sob temperatura média de 26,6°C o *H. glycines* completou o ciclo em 15 dias após a inoculação em cultivar de soja suscetível e resistente.

A penetração de J2 de *H. glycines* ocorreu de forma semelhante em cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, e na resistente BRSGO 8860RR.

Tanto na cultivar resistente como na suscetível há uma maior intensidade de penetração de J2 entre o 6º e 15º dias após a inoculação.

Na cultivar de soja resistente BRSGO 8860RR o período de pico de formação de J3, J4 e fêmeas de *H. glycines* nas raízes é atrasado em relação a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR.

4 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO NO DESENVOLVIMENTO DE *Heterodera glycines* EM CULTIVARES DE SOJA RESISTENTES E SUSCETÍVEL

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a reação de resistência ao *H. glycines* é eficiente na redução do desenvolvimento do nematoide, mesmo sob elevada concentração de inóculo, bem como se esse aumento na concentração de inóculo e a reação de resistência afetam a penetração de juvenis e a taxa de sobrevivência do *H. glycines*. Foram conduzidos dois ensaios utilizando-se três cultivares de soja, uma suscetível (BRS Valiosa RR) e duas resistentes (BRSGO Chapadões e BRSGO 8860RR) a *H. glycines*, submetidas a quatro concentrações de inóculo (1.000, 2.500, 5.000 e 10.000 ovos e J2 por vaso). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, com doze repetições. Foram realizadas duas avaliações, a primeira aos 10 dias após a inoculação (DAI) avaliando-se a penetração de juvenis nas raízes, e a segunda aos 30 DAI avaliando-se o número de fêmeas nas raízes, sendo calculada a taxa de sobrevivência a partir dessas duas avaliações. O aumento na concentração inicial de inóculo de *H. glycines* resulta no aumento da população final do nematoide na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR. A reação da resistência das cultivares não é afetada por altas concentrações de inóculo. A penetração de J2 nas raízes aumenta com o aumento da concentração de inóculo independente da cultivar ser resistente ou suscetível. A taxa de sobrevivência do nematoide é maior na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, diminuindo com o aumento da concentração do inóculo, não sendo influenciada pela concentração de inóculo para cultivares resistentes.

Palavras-chave: *Glycine max*, nematoide de cisto, densidade de inóculo, taxa de sobrevivência.

**INFLUENCE OF *Heterodera glycines* INOCULUM POPULATION
DENSITY ON SOYBEAN CULTIVARS RESISTANT AND
SUSCEPTIBLE**

ABSTRACT

This study evaluated the effect of increasing the *H. glycines* inoculum concentration on nematode root penetration and survival, in resistant and susceptible soybean cultivars. The study evaluated the effectiveness of resistance under high inoculum concentration. Two experiments were conducted using three soybean cultivars, one susceptible (BRS Valiosa RR) and two resistant (BRSGO Chapadoes and BRSGO 8860RR), under four inoculum concentrations (1.000, 2.500, 5.000 and 10.000 eggs and J2 per plant) using a completely randomized design, in a 3 x 4 factorial scheme, with twelve replications. Evaluations were performed 10 days after inoculation (DAI) to access the juveniles penetration into the roots, and 30 DAI to access the number of females on the roots. The survival rate was calculated. The increase in the *H. glycines* inoculum concentration increased the final nematode population on the susceptible cultivar BRS Valiosa RR. High inoculum concentration did not affect the resistance of the cultivars. The J2 penetration into the roots increased with increasing inoculum concentration regardless of the cultivar being resistant or susceptible. The *H. glycines* survival rate was higher in the susceptible cultivar BRS Valiosa RR, decreasing with the increasing inoculum concentration. On the resistant cultivars the inoculums concentration did not affect the nematode survival.

Keywords: *Glycine max*, cyst nematode, inoculum density, survival rate.

4.1 INTRODUÇÃO

O nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) foi descrito pela primeira vez em 1915, no Japão, e detectado nos Estados Unidos em 1954. No Brasil a primeira identificação desse patógeno foi na safra de 1991/92 e atualmente encontra-se distribuído nos dez principais Estados produtores de soja (MG, MS, MT, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA). Na região Central do Brasil, em condições de populações muito elevadas do nematoide no solo, principalmente se associadas com excesso de calagem, as perdas podem chegar a 100 %. Mesmo em lavouras de soja sem sintomas aparentes de danos, como acontece nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, as produtividades de cultivares suscetíveis têm sido cerca de 400 kg ha⁻¹ menores em comparação as resistentes (Garcia et al., 2005).

Nas áreas onde este nematoide encontra-se disseminado, aparentemente, as populações estão sob controle, visto que, é de conhecimento geral entre os produtores, o uso de cultivares resistentes associado à rotação de culturas resultando em redução populacional do nematoide a níveis que não causam prejuízo econômico. No entanto, o produtor deve estar sempre atento porque o uso indiscriminado de cultivares resistentes pode levar ao desenvolvimento de raças/tipos diferentes de *H. glycines* com capacidade para se desenvolverem nas cultivares antes tidas como resistentes. Com isso as populações voltam a crescer e a causar prejuízos econômicos à cultura da soja.

Uma série de fatores podem afetar as populações de *H. glycines* e mesmo o seu ciclo de vida, sendo a concentração do inóculo um deles (Todd et al., 2003). Altas densidades populacionais muitas vezes não são acompanhadas de um crescente número de fêmeas nas raízes. Grande quantidade de J2 que penetram nas raízes de soja não conseguem estabelecer sincícios nos tecidos vasculares das plantas, não conseguindo completar seu ciclo de vida. Além disso, cultivares resistentes e suscetíveis podem apresentar comportamento diferenciado quando submetidas a maior ou menor pressão de inóculo (Koenning, 2000).

Dentre as cultivares resistentes também é possível observar diferenças no parasitismo em função do parental utilizado na transferência dessa resistência. Anand & Brar (1983) e Young (1984) constataram essa diferença e recomendam que, para um melhor manejo populacional, seja empregada mais de uma fonte de resistência ao *H. glycines* no desenvolvimento de cultivares comerciais. Brucker et al. (2005) observaram

que existe diferença funcional nos alelos ligados ao *rhg1*, sendo que os alelos ligados aos genes de resistência da PI 437654 conferem maior resistência que os ligados a PI 88788. Dessa forma, em áreas com altas densidades populacionais, cultivares derivadas da PI 88788 poderiam ter maior desenvolvimento de fêmeas em seus sistemas radiculares em função dessa menor estabilidade da resistência.

Brito et al. (1999) avaliaram sete níveis de inóculo (0, 2.000, 4.000, 8.000, 12.000, 16.000 e 20.000 ovos/vaso) de *H. glycines* em três diferentes épocas (28, 35 e 42 dias após a inoculação) e observaram que o número de fêmeas no sistema radicular tende a aumentar com o aumento da concentração do inóculo inicial. Resultado semelhante foi encontrado por Rocha et al. (2008) que observaram aumento no número de fêmeas a medida em que se aumentou a concentração inicial do inóculo.

O incremento na população inicial do nematoide nem sempre é acompanhado por um acréscimo no número de fêmeas ou fator de reprodução do mesmo. Wang et al. (1998) ao avaliarem a influencia de diferentes densidades de inóculo (100, 1.000, 4.000 e 10.000 ovos e J2 por vaso) na determinação de raças de *H. glycines* concluíram que concentrações superiores a 4.000 reduzem o número de fêmeas no sistema radicular da cultivar suscetível Lee 74. Asmus & Ferraz (2002) ao testarem seis concentrações de inóculo de *H. glycines* (0, 1.200, 3.600, 10.800, 32.400 e 97.200 J2/vaso) observaram que o aumento na concentração da população inicial promove uma redução no fator de reprodução.

A resistência e a concentração de inóculo também têm grande influência na taxa de sobrevivência do *H. glycines*. Colgrove & Niblack (2005) obtiveram baixas taxas de sobrevivência para as diferenciadoras PI 88788, PI 437654, PI 548402 e PI 90763, todas resistentes ao *H. glycines*, e taxas superiores a 100% para a cultivar suscetível Lee. Tood et al. (2003) observaram que a densidade populacional de *H. glycines* influenciam tanto na sua multiplicação como na sua taxa de sobrevivência. A taxa de sobrevivência diminui sensivelmente com o aumento da densidade populacional ao passo que em baixas densidades populacionais taxas de sobrevivência superiores a 100% são obtidas.

O objetivo do presente trabalho foi verificar se a reação da resistência ao *H. glycines* é eficiente na redução do desenvolvimento do nematoide, sob elevada concentração de inóculo, bem como se esse aumento na concentração de inóculo e a reação de resistência afetam a penetração de juvenis e a taxa de sobrevivência do *H. glycines*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos sob condições de casa de vegetação, sendo o primeiro experimento entre março e abril de 2011 e o segundo, de dezembro de 2011 a janeiro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 (cultivares) x 4 (concentrações do inóculo), com doze repetições.

Sementes das cultivares de soja BRSGO 8860RR (resistente a *H. glycines*, raça 3 e moderadamente resistente a raça 14), BRSGO Chapadões (resistente às raças 1, 2, 3, 4, 5 e 14) e BRS Valiosa RR (suscetível) foram semeadas em vasos de cerâmica, de 0,3 L de capacidade, contendo uma mistura de areia e solo (1:1) estéril. Foram colocadas quatro sementes em cada vaso e, após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se uma plântula por vaso. Dois dias após o desbaste, as plantas remanescentes foram inoculadas com 1.000, 2.500, 5.000 e 10.000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0⁻), por vaso. Os vasos foram mantidos sobre bancadas, com bordas elevadas, imersos em areia, que foi mantida úmida durante todo o período de condução dos experimentos.

Dez dias após a inoculação, plantas de seis repetições foram retiradas dos vasos e destinadas à coloração do sistema radicular para avaliação da penetração de juvenis e cálculo da taxa de sobrevivência. As outras seis repetições permaneceram nos vasos por mais 20 dias para avaliação do número de fêmeas.

Para avaliação da penetração de juvenis, as raízes foram coradas por meio da técnica que emprega o clareamento com NaOCl e coloração com fucsina ácida (Byrd et al., 1983). Os sistemas radiculares foram fragmentados em pedaços de aproximadamente 2 cm e embebidos, por quatro minutos, em uma solução a 1,5% de NaOCl. Posteriormente esses fragmentos foram drenados, lavados para retirar todo o hipoclorito de sódio e permaneceram embebidos em água por quinze minutos. Em seguida, adicionou-se uma gota de corante em cerca de 30 mL de água e o material levado à fervura. O corante foi preparado diluindo-se 3,5 g de fucsina ácida em 250 mL de ácido acético (99,7%) e 750 mL de água destilada. Após a fervura, por aproximadamente trinta segundos, os fragmentos radiculares foram drenados, deixados esfriar para evitar a formação de bolhas dentro do tecido radicular e lavados em água corrente, para retirar o excesso de corante. Em seguida foram colocados para clarear em glicerina acidificada com duas gotas de ácido

clorídrico e levados a fervura. Após o clareamento, os fragmentos foram colocados em glicerina e armazenados em geladeira até a quantificação. As raízes coradas foram colocadas em placas de Petri e o número de juvenis foram quantificados sob microscópio estereoscópico (aumento de 15x).

O número de juvenis nas raízes coradas e o número de fêmeas presentes nos sistemas radiculares das plantas mantidas nos vasos foram utilizados para calcular a taxa de sobrevivência, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de sobrevivência} = \frac{\text{fêmeas presentes no sistema radicular}}{\text{número de juvenis nas raízes coradas}} \times 100$$

Para avaliação do número de fêmeas, as plantas que permaneceram nos vasos foram retiradas 30 dias após a inoculação, levadas ao laboratório e as raízes lavadas, sob jato forte de água, sobre um conjunto de peneiras de 20 mesh e 60 mesh. O material retido na peneira de 20 mesh foi descartado, e o retido na peneira de 60 mesh, foi recolhido e vertido em papel de filtro sobre uma calha telada (Andrade et al., 1995). O papel de filtro foi levado ao microscópio estereoscópico (aumento de 15x) para contagem do número de fêmeas.

Após a quantificação, dez fêmeas foram separadas aleatoriamente e rompidas em uma peneira de 100 mesh sobre outra de 400 mesh. A suspensão contendo os ovos retidos na peneira de 400 mesh, foi colocada em becker de 50 mL de capacidade. A suspensão foi homogeneizada e os ovos presentes em uma alíquota de 1 mL foram quantificados sob microscópio óptico (aumento 50x), com auxílio de câmara de Peters. A operação de contagem do número de ovos foi repetida por três vezes e calculada a média dos valores encontrados. O sistema radicular das plantas foi submetido à pesagem (peso fresco).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando detectadas diferenças significativas entre as concentrações de inóculo realizou-se análise de regressão empregando o SISVAR (Ferreira, 2000). Para realização das análises todos os dados foram transformados em *raiz quadrada de x + 1*.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento houve interação significativa entre cultivares de soja e concentração de inóculo para variável número de fêmeas nas raízes ($P < 0,05$). O número de fêmeas observadas nas raízes da cultivar de soja suscetível BRS Valiosa RR foi maior que o encontrado nas raízes das cultivares resistentes BRSGO 8860RR e BRSGO Chapadões, em todas as concentrações de inóculo (Tabela 4.1). No segundo experimento não houve interação significativa, mas houve efeito tanto da cultivar, como das concentrações de inóculo ($P < 0,05$). A cultivar suscetível BRS Valiosa RR apresentou maior número de fêmeas nas raízes que a cultivar BRSGO 8860RR. Esta, por sua vez, também diferiu da cultivar BRSGO Chapadões (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Número médio de fêmeas e ovos por fêmea nas cultivares de soja BRS Valiosa RR, BRSGO 8860RR e BRSGO Chapadões submetidas a diferentes concentrações de inoculo de *H. glycines*, Goiânia – GO.

Experimento 1 (março - abril / 2011)						
Concentrações de inóculo (Ovos e J2)	Fêmeas*			Ovos/Fêmea		
	BRS Valiosa RR	BRSGO 8860RR	BRSGO Chapadões	BRS Valiosa RR	BRSGO 8860RR	BRSGO Chapadões
1000	17,33 B**	0,67 A	0,00 A	46,15	50,67	0,00
2500	42,17 B	4,17 A	0,00 A	50,26	23,60	0,00
5000	61,00 B	3,33 A	0,17 A	42,42	23,04	8,00
10000	159,67 B	11,67 A	0,17 A	54,05	23,30	8,50
Média	70,04	4,96	0,08	48,22 C	30,15 B	4,13 A
CV (%)		49,96			46,39	
Experimento 2 (dezembro / 2011 - janeiro / 2012)						
1000	19,33	1,67	0,00	45,02	12,46	0,00
2500	59,67	6,67	0,00	40,45	12,48	0,00
5000	64,50	9,17	0,00	27,63	17,61	0,00
10000	89,83	8,67	0,00	39,76	9,19	0,00
Média	58,33 C	9,88 B	0,00 A	38,21 C	12,93 B	0,00 A
CV (%)		55,65			39,28	

*Dados transformados em raiz quadrada de $x + 1$, para análise estatística.

**Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si. Tukey, 5%.

Observou-se que na cultivar resistente BRSGO 8860RR houve desenvolvimento de fêmeas diferentemente da cultivar resistente BRSGO Chapadões em que a formação de fêmeas foi praticamente nula (Tabela 4.1). A diferença de parasitismo entre as cultivares resistentes é, provavelmente, em função da fonte de resistência utilizada na obtenção destas cultivares. A cultivar BRSGO Chapadões tem sua fonte de resistência

ao *H. glycines* proveniente da PI 437654 enquanto que a cultivar BRSGO 8860RR tem sua fonte de resistência oriunda da PI 88788 (Dias et al., 2007).

Brucker et. al (2005) observaram que as PI 88788 e PI 437654 tem cada uma um alelo de resistência funcional ao *H. glycines* diferente no gene *rhg1* ou próximo a ele, o que imprime respostas distintas com relação ao parasitismo desse nematoide. Os alelos ligados aos genes de resistência da PI 437654 conferem maior resistência que os ligados a PI 88788. Em função dessa diferença tem-se observado que nas cultivares provenientes de PI 88788 há desenvolvimento de *H. glycines* nas raízes, embora em número bem menor que o apresentado por uma cultivar suscetível (Dongo & Opperman, 1997; Li et al., 2004)

No experimento realizado de março a abril de 2011 o número de fêmeas por sistema radicular aumentou em função do aumento da concentração do inóculo inicial para a cultivar suscetível BRS Valiosa RR e para a cultivar resistente BRSGO 8860RR ($P < 0,05$) (Figura 4.1A). Resultado semelhante foi obtido para a cultivar suscetível BRS Valiosa RR, no experimento 2 (Figura 4.1 B). Esse aumento no número de fêmeas é algo esperado, principalmente para a cultivar suscetível, uma vez que ao se elevar a concentração de J2 aumenta-se a taxa de infecção e como essa cultivar não possui gene de resistência, o desenvolvimento do nematoide não é paralisado. Dessa forma, o aumento na concentração inicial de inóculo de *H. glycines*, tende a aumentar o número de fêmeas presentes no sistema radicular de cultivares de soja suscetível ao nematoide (Koenning, 2000).

Os resultados encontrados corroboram os de Brito et al. (1999), que ao avaliarem diversos níveis de inóculo de *H. glycines* em sistema radicular da cultivar de soja suscetível FT-Cristalina, concluíram que o aumento do número de ovos inoculados é acompanhado por um aumento no número de fêmeas. No entanto, é interessante salientar que o aumento no parasitismo do nematoide ocorre até certo nível. Quando a concentração é muito alta, aumenta-se a competição por sítios de alimentação, o que pode acarretar na redução do número de nematoides no sistema radicular. Wang et al. (1998) observaram que sob concentrações de inóculo superiores a 4.000 ovos e J2 de *H. glycines* o número de fêmeas por sistema radicular da cultivar de soja suscetível Lee 74 passava a diminuir em comparação com concentrações mais baixas. Asmus & Ferraz (2002) concluíram que o aumento das concentrações de inoculo inicial de *H. glycines* reduz o fator de reprodução do nematoide.

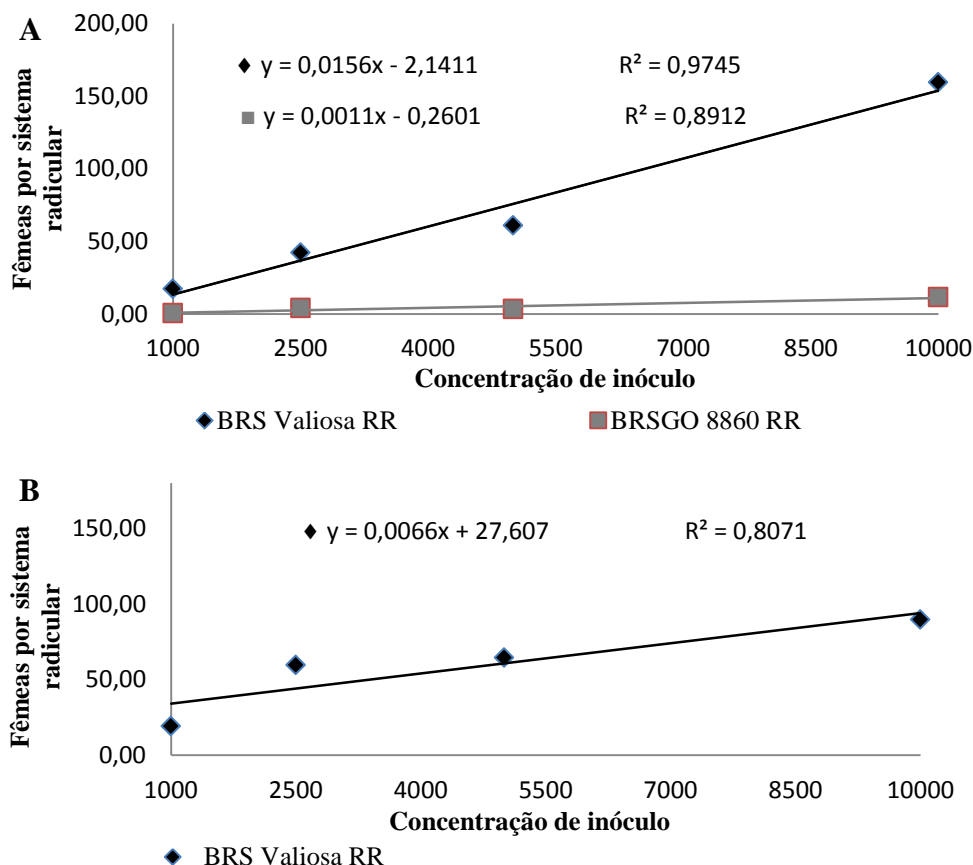


Figura 4.1. Número médio de fêmeas por sistema radicular de cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo de *H. glycines*. Figura A: experimento conduzido em março e abril de 2011; Figura B: experimento conduzido em dezembro/2011 - janeiro/2012, Goiânia-GO.

Para as cultivares resistentes nem sempre o aumento na concentração de inóculo provoca aumento no número de fêmeas. Esse aumento só foi verificado para a cultivar BRSGO 8860RR, no experimento 1 (Figura 4.1A). No experimento 2 esse aumento não foi significativo. A cultivar BRSGO Chapadões, também resistente ao nematoide de cisto, não teve o parasitismo do nematoide influenciado pelas concentrações de inóculo empregadas em nenhum dos ensaios. Estes resultados indicam que sob alta concentração de inóculo, a resistência da cultivar BRSGO 8860RR é afetada ao passo que a da cultivar BRSGO Chapadões não é. Esta diferença entre as cultivares resistentes se deve às fontes de resistências utilizadas na obtenção destas cultivares. Como o *H. glycines* possui uma grande variabilidade genética, as fontes de resistência muitas vezes não se estendem a todos os indivíduos da população (Anand & Brar, 1983; Young, 1992). O maior desenvolvimento de fêmeas no sistema radicular da cultivar BRSGO 8860RR

provavelmente ocorreu em função da menor estabilidade da resistência conferida pela PI 88788 (Dongo & Opperman, 1997; Li et al., 2004; Brucker et al. 2005; Faghihi et al., 2007). Por isso tem sido recomendado o emprego de mais de uma fonte de resistência no desenvolvimento de novas cultivares, com o intuito de ampliar o espectro de resistência ao *H. glycines* (Anand & Brar, 1983; Young, 1984). Assim, é recomendável que o produtor utilize cultivares com diferentes fontes de resistência.

A reação de resistência das cultivares não é afetada pelo aumento das concentrações de inóculo. Mesmo sob altas concentrações de inóculo de *H. glycines* as cultivares resistentes, BRSGO 8860RR e BRSGO Chapadões, mantêm-se com um menor número de fêmeas por sistema radicular quando comparada a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR (Tabela 4.1). Esses resultados indicam que a utilização da resistência genética seria eficiente na redução populacional do nematoide mesmo sob altas concentrações de inóculo. No entanto, a utilização isolada de cultivares resistentes, como única alternativa de manejo do nematoide de cisto, proporciona uma seleção de indivíduos capazes de parasitar essas cultivares. Sucessivos cultivos poderiam aumentar a frequência desses indivíduos e levar a uma quebra da resistência (Dias et al., 1998).

O número de ovos por fêmea apenas foi influenciado pelas cultivares, sendo observado, nos dois experimentos, que a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, sempre teve número maior de ovos por fêmea, diferindo das cultivares resistentes BRSGO 8860RR e BRSGO Chapadões ($P < 0,05$) (Tabela 4.1). É interessante ressaltar que a quantificação de ovos na cultivar suscetível foi muito baixa, considerando-se que o esperado para as condições brasileiras é de aproximadamente 100 a 250 ovos/fêmea (Embrapa, 2011). No entanto, mesmo com esse baixo número de ovos foram observadas diferenças entre cultivares resistentes e suscetíveis.

A diferença no número de ovos entre cultivares suscetível e resistente era esperada uma vez que as cultivares resistentes possuem o gene de resistência ao *H. glycines*, *rgl 1*, que afeta o crescimento, desenvolvimento e fecundidade das fêmeas (Li et al., 2004). Portanto é comum a obtenção de um menor número de ovos em cultivares com o gene de resistência.

Também houve diferença entre as duas cultivares resistentes com relação ao número de ovos por fêmea ($P < 0,05$). Isto ocorreu porque a cultivar BRSGO 8860RR apresentou desenvolvimento de fêmeas, enquanto que na cultivar BRSGO Chapadões o número de fêmeas foi praticamente nulo (Tabela 4.1).

Na penetração do nematoide ocorreu interação significativa entre cultivares e concentrações de inóculo no experimento realizado em março e abril de 2011 e somente efeito da concentração no experimento realizado em dezembro de 2011 e janeiro de 2012 ($P < 0,05$) (Tabela 4.2). No primeiro experimento foi observada diferença significativa entre a cultivar suscetível e as cultivares resistentes apenas na maior concentração de inóculo (10.000 ovos e J2 por planta), ocorrendo maior penetração de J2 de *H. glycines* no sistema radicular da cultivar BRS Valiosa RR. No entanto, nas demais concentrações não houve diferença na penetração de J2 nas diferentes cultivares. Fato que pode se explicar pela reação de resistência ao *H. glycines* ocorrer após a penetração do nematoide. Em cultivares resistentes, os juvenis de *H. glycines* penetram normalmente, mas são incapazes de estabelecer sítios de alimentação, em função da deterioração do sincício que ocorre em alguns dias, acarretando a morte do nematoide dentro do tecido radicular (Kim et al., 1987; Kim & Riggs, 1992; Tylka, 2008). Como essa reação de resistência não ocorre imediatamente após a penetração, em avaliações precoces, como a que ocorreu 10 DAI, é possível encontrar grande número de juvenis nas raízes.

Tabela 4.2. Penetração e taxa de sobrevivência de *H. glycines* nas cultivares de soja BRS Valiosa RR, BRSGO 8860RR e BRSGO Chapadões submetidas a diferentes concentrações de inóculo de *H. glycines*, Goiânia – GO.

Experimento 1 (março - abril / 2011)										
Concentrações Ovos e J2	Penetração*						Taxa de Sobrevivência			
	BRS Valiosa RR		BRSGO 8860 RR		BRSGO Chapadões		BRS Valiosa RR	BRSGO 8860RR	BRSGO Chapadões	
1000	23,00	A**	33,00	A	16,50	A	134,27	3,61	0,00	
2500	61,33	A	45,33	A	24,17	A	85,70	12,41	0,00	
5000	157,83	A	150,33	A	91,50	A	38,13	2,94	0,28	
10000	433,67	B	175,17	A	193,50	A	43,05	9,54	0,49	
Média	168,96		100,96		81,42		75,61	B	7,12	A
CV (%)			31,13						60,32	
Experimento 2 (dezembro / 2011 - janeiro / 2012)										
1000	36,17		53,67		58,67		80,71	26,13	0,00	
2500	66,50		96,50		91,17		106,89	8,34	0,00	
5000	91,00		229,67		199,17		121,90	3,43	0,00	
10000	157,67		149,50		125,17		147,14	6,01	0,00	
Média	87,83		132,33		118,54		114,16	B	12,92	A
CV (%)			39,22						78,78	

*Dados transformados em *raiz quadrada* de $x + 1$, para análise estatística.

**Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si. Tukey, 5%.

A diferença encontrada no experimento 1, da maior penetração de J2 na cultivar suscetível em relação às cultivares resistentes quando se inoculou as plantas com

10.000 ovos e J2 por planta, pode ser porque algum fator ocorrido naquela época de condução possa ter favorecido a maior penetração do nematoide nas raízes. Fatores como temperatura (Ross, 1963; Alston & Schmitt, 1998) e o teor de água do solo (Heatherly et al., 1992; Johnson et al., 1993) podem influenciar a penetração e a movimentação do nematoide.

A penetração no experimento 1 aumentou de forma linear à medida que se aumentou a concentração de inóculo para as três cultivares, embora nas cultivares resistentes os números tenham sido inferiores aos observados na cultivar suscetível (Figura 4.2A). No experimento 2 também foi observado um aumento linear para a cultivar BRS Valiosa RR (Figura 4.2B). Já na cultivar BRSGO 8860RR observou-se efeito quadrático com aumento da penetração de juvenis até a concentração de 6.741 ovos e J2 por planta, passando a diminuir a partir desta. Esta diminuição pode ser em função da competição entre as formas infectantes do *H. glycines* por locais para penetrarem e posteriormente estabelecerem sítios de alimentação. Desta forma à medida que se aumenta a concentração do inóculo ocorre um aumento na competição entre indivíduos que pode afetar inclusive o fator de reprodução do nematoide, reduzindo-o (Asmus & Ferraz, 2002).

A taxa de sobrevivência do nematoide só foi influenciada pelas cultivares de soja ($P < 0,05$) (Tabela 4.2). Nos dois experimentos a taxa de sobrevivência do nematoide na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR foi superior à taxa observada nas cultivares resistentes (Tabela 4.2). Isto já era esperado já que nas cultivares resistentes, mesmo havendo penetração dos juvenis, estes não se desenvolvem até a fase de adultos. Alguns podem ter seu desenvolvimento paralisado logo após o estabelecimento do sincício (Kim et al., 1987; Kim & Riggs, 1992). Outros podem chegar no estágio J3, J4 e até mesmo adulto, dependendo da resistência da cultivar. Como demonstrado anteriormente, a cultivar BRSGO 8860RR, que tem sua fonte de resistência derivada da PI 88788, possibilita o desenvolvimento de fêmeas adultas em suas raízes, embora em menor número que na cultivar suscetível (Tabela 4.1).

As taxas de sobrevivência observadas nas cultivares resistentes, que variaram de 0% a 26,13% (Tabela 4.2), se apresentaram com valores próximos aos encontrados por Colgrove & Niblack (2005) para as diferenciadoras PI 88788, PI 437654, PI 548402 e PI 90763, todas resistentes ao *H. glycines*. Na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, as taxas de sobrevivência variaram de 43,05% a 147,14%. Evans & Fox (1977) e Colgrove & Niblack (2005) encontraram para a cultivar de soja Lee, também suscetível, taxas variando

de 22,3 a 33% e 66,6 a 111,1 %, respectivamente, o que comprova a grande variação na taxa de sobrevivência para cultivares suscetíveis e que essas podem assumir valores superiores a 100%.

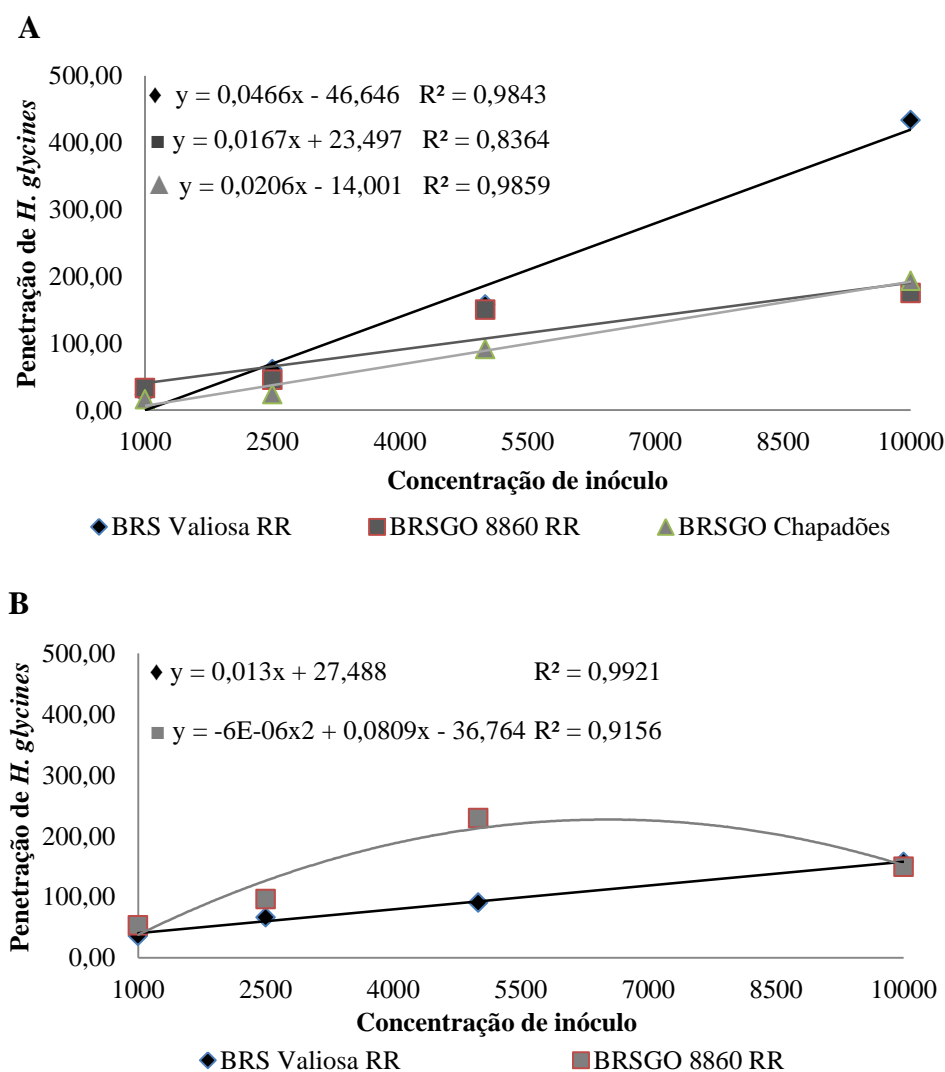


Figura 4.2. Penetração de juvenis de *H. glycines* no sistema radicular de cultivares de soja submetidas a diferentes concentrações de inóculo de *H. glycines*. Figura 2A: experimento conduzido em abril e maio de 2011; Figura 2B: experimento conduzido em dezembro/2011 - janeiro/2012, Goiânia-GO.

Não foi observada interação significativa entre a taxa de sobrevivência e as concentrações de inóculo na ANOVA ($P < 0,05$). No entanto, ao analisar o desdobramento da análise estatística, essa interação foi observada no experimento 1. Foi verificada uma diminuição da taxa de sobrevivência à medida que se aumentava a concentração de ovos e

J2 de *H. glycines* para a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR (Figura 4.3). Essa diminuição da taxa de sobrevivência pode ter ocorrido em função do aumento da competição por sítios de alimentação e com isso, nem todos os nematoides que penetraram o sistema radicular da soja conseguiram chegar à fase adulta.

Asmus & Ferraz (2002), ao avaliarem a influência de diversas concentrações de inóculo de *H. glycines* (1.200, 3.600, 10.800, 32.400 e 97.200 J2) sobre a área foliar, fotossíntese, produção de soja e reprodução do nematoide, observaram que o aumento na concentração inicial do inóculo reduz o fator de reprodução do inóculo, ou seja, o aumento na concentração afeta negativamente a taxa de sobrevivência de *H. glycines*. Tood et al. (2003) observaram que a densidade populacional de *H. glycines* influenciou diretamente a taxa de sobrevivência do nematoide e que essa taxa tende a diminuir sensivelmente com o aumento da densidade populacional.

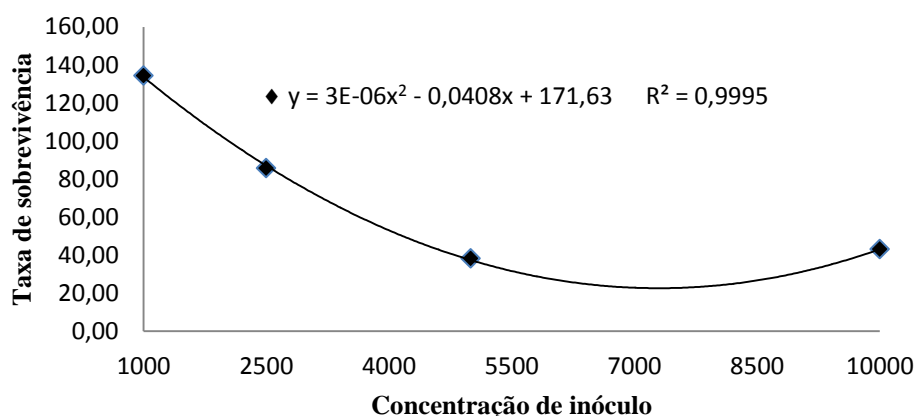


Figura 4.3. Taxa de sobrevivência de *H. glycines*, na cultivar de soja suscetível BRS Valiosa RR, em experimento conduzido em março - abril/2011, Goiânia-GO.

4.4 CONCLUSÃO

O aumento na concentração inicial de inóculo de *H. glycines* resulta no aumento da população final do nematoide na cultivar suscetível BRS Valiosa RR.

A reação da resistência das cultivares não é afetada por altas concentrações de inóculo.

A penetração de J2 de *H. glycines* nas raízes aumenta com o aumento da concentração de inóculo independentemente da cultivar ser resistente ou suscetível.

A taxa de sobrevivência do nematoide é maior na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, diminuindo com o aumento da concentração do inóculo.

Em cultivares resistentes a taxa de sobrevivência não é influenciada pelo aumento da concentração de inóculo.

5 EFICÁCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA SOBRE A POPULAÇÃO DE *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952

RESUMO

O tratamento de sementes tem sido estudado como ferramenta alternativa no manejo de nematoídes em geral. No manejo do nematoíde de cisto da soja o controle químico não tem sido alternativa viável, mas o tratamento de sementes pode vir a ser uma medida importante a ser incorporada no conjunto de medidas visando manter níveis populacionais mais baixos. Dessa forma, o presente trabalho visou avaliar o efeito do tratamento de sementes de duas cultivares de soja no manejo de *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0), em campo naturalmente infestado e em condições de casa de vegetação. Os experimentos foram desenvolvidos em delineamento de blocos casualizados no campo e inteiramente casualizado em casa de vegetação. Em ambos experimentos usou-se esquema fatorial 2 x 7, sendo duas cultivares de soja (BRS Valiosa RR, suscetível, e BRSGO 8860RR, resistente), e sete tratamentos de sementes: 1 – testemunha; 2 – abamectina e tiametoxam (50 e 70); 3- abamectina e tiametoxam (75 e 70); 4 – imidacloprido + tiodicarbe (75+225); 5 - imidacloprido + tiodicarbe (105+135); 6 - imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (75+225 e 30+70); 7 - imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (105+315 e 30+70). Para o experimento em campo, a avaliação de fêmeas correspondeu a um fatorial 2 x 7 x 3 (épocas de avaliação) e cisto 2 x 7 x 5 (épocas de avaliação). Os tratamentos de sementes não afetaram o estande e a altura das plantas de soja. A cultivar de soja resistente, BRSGO 8860RR reduziu o número de fêmeas por grama de raiz, o número de ovos por fêmea e o número de cistos por 100 cm³ de solo nos dois experimentos. Não foi observado efeito dos tratamentos de sementes sobre o nematoíde no experimento conduzido em campo. Em condições de casa de vegetação os tratamentos de sementes com abamectina e tiametoxam, nas duas dosagens, e imidacloprido + tiodicarbe (105+315) e imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (75+225 e 30+70) reduziram o número de fêmeas por grama de raiz, para cultivar suscetível, BRS Valiosa RR. O tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe (75+225) também reduziu o número de ovos por fêmea na cultivar resistente BRSGO 8860RR.

Palavras-chave: *Glycine max*, nematoíde de cisto, controle químico, nematicidas.

EFFICACY OF CHEMICAL TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS ON POPULATIONS OF *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952

ABSTRACT

The Seed treatment has been studied as an alternative for nematode management. The chemical control hasn't been considered for the soybean cyst nematode management, but the seed treatment may be an important measure to maintain nematode populations at low level. The present study was conducted with the purpose to evaluate the effect of soybean seed treatment on *H. glycines*, race 3 (HG Type 0 -) population, under greenhouse conditions and naturally infested field. The experiments were conducted in a randomized block design in the field and completely randomized in the greenhouse. Both experiments had a factorial 2 x 7 scheme, with two soybean cultivars (BRS Valiosa RR, susceptible, and BRSGO 8860RR, resistant) and seven seed treatments: 1 - control, 2 - abamectin and thiamethoxam (50 and 70), 3 - abamectin and thiamethoxam (75 and 70), 4 - thiodicarb + imidacloprid (75+225), 5 - thiodicarb + imidacloprid (105+315), 6 - thiodicarb + imidacloprid and carbendazim + thiram (75+225 and 30+70), 7 - thiodicarb + imidacloprid and carbendazim + thiram (105+315 and 30+70). The seed treatments did not affect the soybean plant stand and height. The soybean resistant cultivar BRSGO 8860RR reduced the number of females per gram of root, the number of eggs per female and the number of cysts per 100 cm³ of soil in both experiments. There was no effect of seed treatments on nematode population in the field experiment. Under greenhouse conditions seeds treated with the two rates of abamectin and thiamethoxam, thiodicarb + imidacloprid (105+315) and thiodicarb + imidacloprid and carbendazim + thiram (75+225 e 30+70) (treatments 2, 3, 5 and 6) reduced the number of females per gram of root on the susceptible cultivar, BRS Valiosa RR. Seed treatment with imidacloprid + thiodicarb (75+225) also reduced the number of eggs per female in the resistant cultivar BRSGO 8860RR.

Keywords: *Glycine max*, cyst nematode, chemical control, nematicides.

5.1 INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. O complexo soja no Brasil colheu, na safra 2012/13, cerca de 81,55 milhões de toneladas do grão, em uma área plantada de aproximadamente 27,71 milhões de hectares, com produtividade média de 2.941 kg ha⁻¹ (Conab, 2013).

A cultura da soja se configura como a base do agronegócio brasileiro. No entanto, para conseguir atingir índices consideráveis de produtividade o produtor necessita controlar uma série de problemas fitossanitários que afetam a cultura. Dentre esses problemas pode-se destacar o nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, que foi detectado no país pela primeira vez na safra de 1991/92 (Lima et al., 1992; Lordello et al., 1992; Monteiro & Morais, 1992). Atualmente esse nematoide está presente em cerca de 150 municípios de 10 Estados brasileiros (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA), perfazendo uma área superior a 3,0 milhões de hectares (Dias et al., 2010).

A erradicação de *H. glycines* nas áreas contaminadas é praticamente impossível. Dessa forma, o produtor deve conviver com esse nematoide adotando práticas culturais com o intuito de manter baixos os níveis populacionais. Como medidas de controle pode-se destacar a rotação de culturas (Wrather et al., 1992; Garcia & Silva 1997; Garcia et al., 1999), o manejo de solo (Andrade & Asmus, 1997; Garcia et al., 2000; Rocha et al., 2006; Rocha et al., 2007; Barbosa et al., 2010) e a utilização de cultivares resistentes (Arantes et al., 1999; Dias et al., 2004; Dias et al., 2007; Dias et al., 2009; Dias et al., 2010, Embrapa, 2011).

A utilização de cultivares resistentes tem sido o método de controle mais empregado devido a sua facilidade e praticidade de utilização. Essas cultivares apresentam diferentes níveis de resistência e são derivadas de uma base genética relativamente estreita, o que permite que o nematoide supere facilmente a resistência dessas cultivares devido a sua alta variabilidade genética (Young, 1992; Yue *et al.*, 2000; Li et al., 2004; Brucker et al., 2005; Faghihi et al., 2007). Dessa forma, o manejo do *H. glycines* somente pelo uso de cultivares resistentes muitas vezes não impede a manutenção do inóculo na área, provocando uma pressão de seleção sobre a população e selecionando indivíduos capazes de parasitar o sistema radicular dessas cultivares (Dias et al., 1998).

Visando aumentar a eficiência do controle do nematoide de cisto da soja em áreas infestadas e diminuir a pressão de seleção tem-se buscado medidas alternativas de

controle. A utilização de nematicidas aplicados no solo na cultura da soja mostra-se bastante limitada devido a problemas toxicológicos de contaminação do ambiente e ao custo do tratamento (Kinloch, 1980). Os resultados obtidos com a utilização do controle químico de *H. glycines* apresentam resultados bem divergentes. Fernandes & Tihohod (1996) demonstram que os nematicidas aldicarb (5, 7,5 e 10 kg ha⁻¹) e ethoprophos (15 e 20 kg ha⁻¹) não foram eficientes no controle de *H. glycines* em avaliações realizadas até 75 dias após o tratamento. Trabalhos desenvolvidos por Koenning et al. (1998) avaliando o nematicida aldicarb (0,84 kg i.a.ha⁻¹) em sulco de plantio resultaram em redução no número de fêmeas de *H. glycines* nas raízes da soja e um aumento de produtividade de 100 a 200 kg.ha⁻¹. Pedrozo et al. (1999) avaliaram o efeito da abamectina e do aldicarb sobre o nematoide de cisto da soja, em condições de casa de vegetação, e constataram que o nematicida abamectina aplicados via foliar foi eficiente na redução do número de fêmeas por grama de raiz.

Visando diminuir os impactos ambientais inerentes a aplicação de agrotóxicos e o custo do tratamento tem-se buscado a utilização do tratamento de sementes como alternativa adicional ao manejo de nematoides na cultura da soja. Com isso, reduz-se os custos e o impacto ambiental já que a quantidade de produto utilizada é reduzida e o tratamento de sementes permite uma aplicação mais segura do produto químico.

O tratamento de sementes tem o objetivo de suprimir os nematoides durante as primeiras semanas após a semeadura, diminuindo a penetração, protegendo as plântulas e permitindo um desenvolvimento adequado do sistema radicular (Parisi et al., 1972; Sosa Moss & Camacho, 1973; Truelove et al., 1977; Rodríguez Kábana & Weaver, 1987; Fask & Starr, 2006; Monfort et al., 2006; Faske & Starr, 2007; Cabrera et al., 2009; Bessi et al., 2010; Kubo et al., 2012). A planta que consegue ter um desenvolvimento inicial vigoroso do sistema radicular tem a capacidade de resistir melhor ao ataque de nematoides, quando estes ocorrem após esta fase inicial.

Dentre os princípios ativos empregados no manejo de nematoides, via tratamento de sementes, destacam-se os a base de abamectina e de tiodicarbe (Becker, 1999; Fask & Starr, 2006; Monfort et al., 2006; Faske & Starr, 2007; Bessi et al., 2010; Kubo et al., 2012; Ribeiro et al., 2012). Fask & Starr (2006) constataram que as doses de abamectina, 1,56 a 0,39 µg.ml⁻¹ e 2,9 a 8,2 µg.ml⁻¹ são letais aos nematoides *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformes*, respectivamente, reduzindo a infectividade em raízes de tomate, sendo a toxicidade da abamectina comparada a do nematicida aldicarb.

Monfort et al. (2006) também observaram a redução da penetração de *M. incognita* em algodoeiro, empregando abamectina na dosagem de 100 g. 100 kg de sementes⁻¹. Kubo et al. (2012) constataram que tiodicarbe em dosagens variado entre 1200 a 2400 mL.100 kg de sementes⁻¹ e abamectina, 250 mL.100 kg de sementes⁻¹, foram eficientes na proteção do sistema radicular de algodão contra a penetração de *R. reniformis*.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de produtos químicos a base de abamectina e tiodicarbe, aplicados via tratamento de sementes, em cultivares de soja resistente e suscetível no manejo de *H. glycines* sob condições de campo naturalmente infestado e casa de vegetação.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos sendo que o primeiro foi conduzido na safra 2010/11 em condições de campo naturalmente infestado com *H. glycines*, raça 3 (HG tipo 0) e o segundo, nos meses de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012, sob condições de casa de vegetação, com uma população de *H. glycines* proveniente do mesmo campo experimental. Nos dois experimentos utilizou-se esquema fatorial 2 x 7, sendo duas cultivares de soja e sete tratamentos de sementes. No campo o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, e na casa de vegetação, inteiramente casualizado, com cinco repetições.

No experimento desenvolvido em campo, o esquema fatorial sofreu uma variação em função das épocas de avaliação. Para variável fêmeas por grama de raiz o esquema fatorial foi 2 x 7 x 3 (épocas de avaliação) e para cistos foi 2 x 7 x 5 (épocas de avaliação).

As cultivares de soja empregadas nos experimentos foram a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, e a cultivar resistente a *H. glycines*, raça 3, BRSGO 8860RR. Os tratamentos de sementes utilizados estão descritos na Tabela 5.1.

Experimento de campo: o experimento foi conduzido no município de Campo Alegre de Goiás – GO, em parcelas de seis linhas de seis metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m, perfazendo uma área de 18 m². As sementes das duas cultivares de soja utilizadas no ensaio foram tratadas com os produtos comerciais descritos na Tabela 5.1. No momento da instalação do experimento, foi realizada a amostragem de solo de cada parcela para verificação da população inicial do nematoide. Para esta avaliação foram

retiradas quatro sub amostras compoendo uma amostra por parcela, que posteriormente foram encaminhadas ao Laboratório, onde se retirou uma alíquota de 100 cm³ para avaliação do número de cistos presentes no solo e de ovos por cistos.

Tabela 5.1. Tratamentos de sementes realizados nas cultivares de soja BRS Valiosa RR e BRSGO 8860 RR, em experimento conduzido em campo naturalmente infestado e em condições de casa de vegetação com *H. glycines*, raça 3.

Produto comercial	Princípio Ativo	Dose p.c. (mL. 100 kg sementes ⁻¹)*	Dose i.a. (mL. 100 kg sementes ⁻¹)**
Testemunha			
Avicta + Cruiser	Abamectina + Tiametoxan	100 + 200	50 e 70
Avicta + Cruiser	Abamectina + Tiametoxan	150 + 200	75 e 70
Cropstar	Imidacloprido + Tiodicarbe	500	75 + 225
Cropstar	Imidacloprido + Tiodicarbe	700	105 + 315
Cropstar + Derosal Plus	Imidacloprido + Tiodicarbe e Carbendazim + Tiram	500 + 200	75 + 225 e 30 + 70
Cropstar + Derosal Plus	Imidacloprido + Tiodicarbe e Carbendazim + Tiram	700 + 200	105 + 315 e 30 + 70

* Dose do produto comercial

** Dose do ingrediente ativo

A semeadura foi realizada no dia 15 de dezembro de 2010, de forma manual e a adubação da área foi feita seguindo as recomendações da EMBRAPA (2012). Sete dias após a emergência iniciou-se avaliações semanais de estande e altura, sendo realizadas avaliações aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE). Para avaliação de estande foi feita a contagem do número de plantas em 2 m da parcela, nas linhas centrais. Para a avaliação da altura foram feitas medições em 20 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da parcela, descartando as duas linhas mais externas, consideradas bordadura. As medições foram feitas com o auxílio de uma régua graduada considerando-se a altura desde o colo da planta até a inserção do último trifólio.

O experimento permaneceu no campo até o dia 02/05/2011, quando se procedeu a avaliação população final do nematoide. Em função do excesso de chuva no período, não foi possível colher a soja e obter os dados de produtividade. Durante o período de permanência do experimento no campo foi realizado o manejo de plantas daninhas, aos 30 DAE, aplicando-se o herbicida glifosato na dosagem de 2,5 L.ha⁻¹, e o manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), com uma única aplicação no estágio fenológico R5, usando-se o fungicida Piori Xtra (azoxistrobina + ciproconazol), na dosagem de 0,3 L.ha⁻¹.

Foram realizadas três avaliações do número de fêmeas por grama de raiz e cistos por 100 cm³ de solo, aos 30, 45 e 60 dias após a semeadura. Para avaliação de fêmeas foi realizada a coleta de quatro plantas na parcela, e para quantificação de cistos, foram realizadas sub-amostragens em quatro pontos da mesma parcela para composição da amostra. No momento da colheita, foi feita uma amostragem de solo de todas as parcelas com o intuito de quantificar a população final do nematoide.

Experimento de casa de vegetação: o experimento foi conduzido em casa de vegetação na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO. Sementes das duas cultivares de soja, submetidas aos sete diferentes tratamentos (Tabela 5.1) foram semeadas em vasos de cerâmica, com 0,5 L de capacidade, contendo uma mistura de solo e areia, na proporção de 1:1, previamente autoclavado. Sete dias após a semeadura foi realizado desbaste, deixando-se uma planta por vaso. Três dias após o desbaste realizou-se a inoculação com 5.000 ovos e J2 de *H. glycines*, raça 3. O utilizado foi proveniente do município de Campo Alegre – GO, multiplicado em casa de vegetação utilizando a cultivar de soja BRS Valiosa RR como planta hospedeira.

Durante o período de condução do experimento os vasos foram mantidos em bancadas, com bordas elevadas, imersos em areia, que foi mantida úmida durante todo o período. Das quinze repetições, cinco foram utilizadas para a avaliação de penetração dos nematoides no sistema radicular das cultivares de soja, aos 10 DAI, cinco para avaliação do número de fêmeas nas raízes aos 30 DAI e cinco para a avaliação de fêmeas aos 45 DAI. Na avaliação aos 45 DAI, também foi realizada a quantificação de cistos presentes em 100 cm³ de solo.

Avaliações de nematoides: para avaliação da penetração do nematoide, as raízes foram coradas com a técnica que emprega o clareamento com NaOCl e coloração com fuccina ácida (Byrd *et al.*, 1983). Os fragmentos radiculares foram embebidos, por quatro minutos, em uma solução a 1,5% de NaOCl, sendo posteriormente drenados e lavados para retirar todo o hipoclorito de sódio e permaneceram embebidos em água por quinze minutos. Em seguida, adicionou-se uma gota de corante em cerca de 30 mL de água e o material levado a fervura. O corante foi preparado diluindo-se 3,5 gramas de fuccina ácida em 250 mL de ácido acético (99,7%) e 750 mL de água destilada. Após a fervura, por aproximadamente trinta segundos, os fragmentos radiculares foram drenados, deixados esfriar para evitar a formação de bolhas dentro do tecido radicular e lavados em água corrente, para retirar o excesso de corante. Em seguida foram colocados para clarear em

glicerina acidificada com duas gotas de ácido clorídrico e levados a fervura. Após o clareamento, os fragmentos foram colocados em glicerina e armazenados em geladeira para posterior quantificação. As raízes coloridas foram colocadas em placas de Petri e o número de juvenis foram quantificados sob microscópio estereoscópico (aumento de 15x).

Na avaliação de fêmeas as plantas foram levadas ao laboratório e as raízes lavadas, sob jato forte de água, sobre um conjunto de peneiras de 20 e 60 mesh. O material retido na peneira de 20 mesh foi descartado e o retido na peneira de 60 mesh foi filtrado em papel de filtro sobre uma calha telada (Andrade et al., 1995) e levado ao microscópio estereoscópico (aumento de 15x) para contagem do número de fêmeas. Após a quantificação, dez fêmeas foram separadas aleatoriamente e rompidas em uma peneira de 100 mesh sobre outra de 400 mesh. A suspensão contendo os ovos retidos na peneira de 400 mesh foi colocada em um becker de 50 mL de capacidade. A suspensão foi homogeneizada e os ovos presentes em uma alíquota de 1 mL foram quantificados sob microscópio óptico (aumento 50x), com auxílio de uma câmara de Peters.

Para avaliação de cistos, foi retirada uma alíquota de 100 cm³ de solo para realizar a quantificação dos cistos presentes na região da rizosfera das plantas. O solo retirado foi colocado em um becker de 2 L de capacidade, onde foi adicionado água e a suspensão formada deixada decantar por 30 segundos; em seguida, vertida em uma peneira de 20 mesh sobre 60 mesh. Esse processo foi realizado três vezes e o retido na peneira de 60 mesh foi filtrado em papel de filtro sobre uma calha telada (Andrade et al., 1995) e levado ao microscópio estereoscópico (aumento de 15x) para contagem do número de cistos. Após a quantificação, dez cistos foram separados aleatoriamente e rompidos em uma peneira de 100 mesh sobre outra de 400 mesh. A suspensão contendo os ovos retidos na peneira de 400 mesh foi colocada em um becker de 50 mL de capacidade. A suspensão foi homogeneizada e os ovos presentes em uma alíquota de 1 mL foram quantificados sob microscópio óptico (aumento 50x), com auxílio de uma câmara de Peters.

Análises estatísticas: Os dados dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As transformações dos dados foram feitas segundo os testes de homocedasticidade da variância (Box & Cox, 1964). Quando observadas diferenças significativas entre as épocas foram realizadas análises de regressão. As análises foram realizadas utilizando o aplicativo computacional SISVAR (Ferreira, 2000).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estande das plantas no campo foi influenciado pelo tratamento das sementes nas três épocas de avaliação ($P < 0,05$) e pelas cultivares aos 14 e 21 DAE ($P < 0,05$). Aos 21 DAE houve interação significativa entre tratamentos de sementes e cultivares de soja ($P < 0,05$) (Tabela 5.2).

O tratamento empregando imidacloprido + tiodicarbe (105+315) promoveu um incremento de estande nas avaliações aos 7 e 14 DAE, porém, este só diferiu da testemunha aos 14 DAE (Tabela 5.2). Aos 14 DAE foi observada diferença de estande entre as duas cultivares, sendo o estande da cultivar BRSGO 8860RR superior ao da BRS Valiosa RR (Tabela 5.2). Aos 21 DAE as cultivares diferiram para os tratamentos imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e carbendazim + tiram (30+70), sendo maior estande observado para a cultivar BRSGO 8860 RR. O tratamento de sementes imidacloprido + tiodicarbe (105+315) promoveu um incremento no estande nas duas cultivares de soja embora tenha diferido apenas do tratamento imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e carbendazim + tiram (30+70), para BRS Valiosa RR, e do tratamento imidacloprido + tiodicabe (105+315) e carbendazim + tiram (30+70), para BRSGO 8860RR (Tabela 5.2).

Para a variável altura de plantas houve interação significativa entre as cultivares e os tratamentos de sementes aos 7 e 21 DAE ($P < 0,05$). Aos 14 DAE apenas houve diferença entre as cultivares ($P < 0,05$), sendo que a cultivar BRSGO 8860RR apresentou maior altura (Tabela 5.3).

Nas avaliações realizadas aos 7 e aos 21 DAE, apenas a cultivar BRSGO 8860RR sofreu efeito do tratamento de sementes. Nestas duas épocas apenas o tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe (75+225) resultou em uma maior altura de plantas, embora tenha diferido apenas do tratamento imidacloprido + tiodicarbe (105+315) adicionado a carbendazim + tiram (30+70). Nessas duas avaliações também foi observado uma maior altura de plantas para a cultivar BRSGO 8860RR quando tratada com imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e com imidacloprido + tiodicarbe (105+315) e carbendazim + tiram (30+70) (Tabela 5.3).

Tabela 5.2. Estande médio de plantas das cultivares de soja BRS Valiosa RR, suscetível, e BRSGO 8860 RR, resistente ao *H. glycines*, raça 3, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE), Campo Alegre – GO, safra 2010/11

Tratamentos	Estande - 7 DAE			Estande - 14 DAE			Estande - 21 DAE		
	Valiosa	8860	Média	Valiosa	8860	Média	Valiosa	8860	Média
Testemunha	7,5	10,9	9,2 ab	6,5	9,0	7,7 a	7,8 A ab	10,0 A ab	8,9
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	9,9	11,5	10,7 ab	7,9	9,3	8,6 ab	8,3 A ab	10,2 A ab	9,2
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	10,8	12,1	11,4 ab	8,8	9,7	9,2 ab	10,3 A ab	11,9 A ab	11,1
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	10,0	13,5	11,7 ab	8,2	12,0	10,1 ab	8,5 A ab	12,7 B ab	10,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	13,8	14,2	14,0 b	11,4	12,9	12,1 b	13,2 A b	14,0 A b	13,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	8,7	12,3	10,5 ab	5,7	9,7	7,7 ab	6,7 A a	12,1 B ab	9,4
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	10,7	7,6	9,2 a	9,7	7,0	8,3 ab	10,6 A ab	6,8 A a	8,7
Média	10,2	11,7		8,3 A	9,9 B		9,3	11,1	
CV (%)		14,8			30,1			26,1	

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Altura média de plantas das cultivares de soja BRS Valiosa RR, suscetível, e BRSGO 8860RR, resistente ao *H. glycines*, raça 3, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE), Campo Alegre – GO, safra 2010/11.

Tratamentos	Altura - 7 DAE			Altura - 14 DAE			Altura 21 DAE		
	Valiosa	8860	Média	Valiosa	8860	Média	Valiosa	8860	Média
Testemunha	5,5 A a	6,1 A ab	5,8	8,3	8,3	8,3	11,0 A a	10,8 A ab	10,9
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	5,9 A a	6,0 A ab	6,0	8,2	8,5	8,3	11,8 A a	11,0 A ab	11,4
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	6,0 A a	6,1 A ab	6,0	8,6	8,7	8,7	11,5 A a	12,0 A ab	11,8
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	5,8 A a	6,5 B b	6,1	8,4	9,2	8,8	11,0 A a	12,3 B b	11,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	6,0 A a	6,3 A ab	6,1	8,3	9,2	8,7	11,5 A a	12,0 A ab	11,8
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	5,1 A a	6,1 B ab	5,6	7,6	8,6	8,1	10,8 A a	12,0 B ab	11,4
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	5,8 A a	5,5 A a	5,7	8,0	8,3	8,2	11,0 A a	10,5 A a	10,8
Média	5,7	6,1		8,2 A	8,7 B		11,2	11,5	
CV (%)		14,3			1,2			6,4	

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de fêmeas por grama de raiz, no experimento de campo, não foi influenciado pelos diferentes tratamentos de sementes realizados. No entanto, foram observadas diferenças significativas entre as cultivares, independente da época ($P < 0,05$) (Tabela 5.4). Já para no ensaio conduzido em casa de vegetação ocorreu interação entre cultivares e tratamentos de sementes ($P < 0,05$) (Tabela 5.5). Em ambos os ensaios o número de fêmeas por grama de raiz foi menor na cultivar resistente, BRSGO 8860RR (Tabela 5.4 e 5.5).

Tabela 5.4. Número médio de fêmeas de *H. glycines* por grama de raiz na cultivar de soja suscetível BRS Valiosa RR e resistente BRSGO 8860RR, ao *H. glycines*, raça 3, em campo naturalmente infestado. Campo Alegre – GO, safra 2010/2011.

Tratamentos	Fêmeas/g de raiz ¹		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	11,2	1,7	6,5
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	11,4	1,3	6,3
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	10,6	1,6	6,1
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	11,6	2,2	6,9
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	12,5	1,9	7,2
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	21,3	1,9	11,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	21,8	2,9	12,4
Média	14,3B	1,9A	8,1
CV (%)	26,5		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5.5. Número médio de fêmeas de *H. glycines* por grama de raiz na cultivar de soja suscetível BRS Valiosa RR e resistente BRSGO 8860RR, em casa de vegetação. Goiânia – GO, 2012.

Tratamentos	Fêmeas/g de raiz ¹		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	145,5B c	14,6A a	80,0
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	88,1B ab	9,7A a	48,9
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	64,9B a	14,5A a	39,7
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	122,5B bc	24,0A a	73,2
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	80,1B ab	10,9A a	45,5
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	76,9B a	15,0A a	45,9
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	95,7B abc	15,9A a	55,8
Média	96,2	14,9	55,6
CV (%)	23,5		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve influência das épocas de avaliações no experimento conduzido em campo (Figura 5.1). O número de fêmeas por grama de raiz sofreu um decréscimo linear ao longo das épocas de avaliação, indicando que à medida que a soja se desenvolve ocorre diminuição no número de fêmeas.

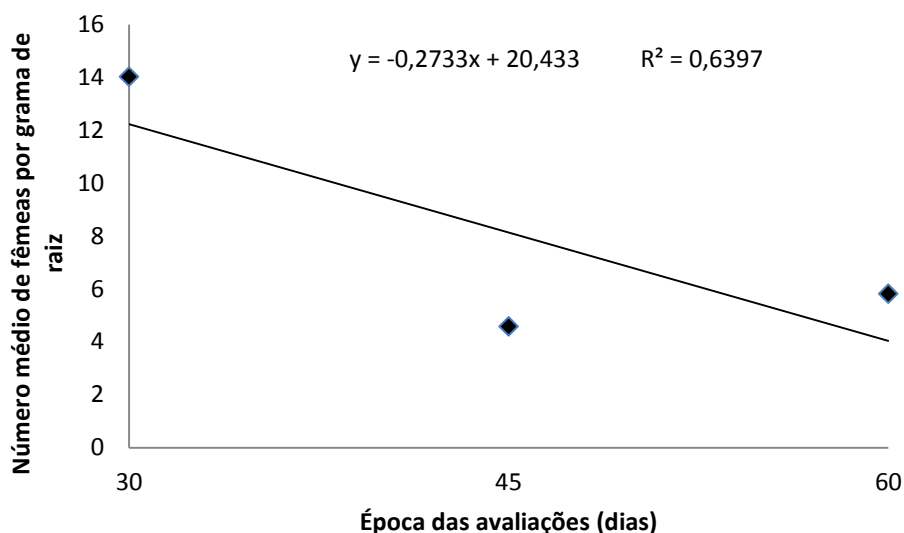


Figura 5.1. Efeito das épocas de avaliação sobre o número de fêmeas por grama de raiz, Campo Alegre de Goiás, safra 2010/2011.

O número de ovos por fêmea foi influenciado pelas cultivares de soja, nos dois experimentos ($P < 0,05$), sendo menor para a cultivar resistente BRSGO 8860RR (Tabela 5.6 e 5.7). Para o experimento conduzido em casa de vegetação, ocorreu interação entre tratamentos de sementes e cultivares de soja ($P < 0,05$) (Tabela 5.7). No entanto, a influência dos tratamentos de sementes só foi observada para a cultivar resistente, BRSGO 8860 RR. O tratamento empregando imidacloprido + tiodicarbe (75+225) reduziu o número de ovos por fêmea quando comparado à testemunha e aos demais tratamentos (Tabela 5.7).

No experimento realizado em campo, ocorreu interação significativa entre os tratamentos de sementes e as cultivares de soja, e entre as épocas e cultivares ($P < 0,05$) para a variável número de cistos por 100 cm^3 de solo (Tabela 5.8). A cultivar resistente, BRSGO 8860 RR reduziu o número de cistos quando comparada com a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR. No entanto, para o tratamento abamectina (50) e tiametoxam (70), no campo, não houve diferença entre as cultivares.

Tabela 5.6. Número médio de ovos por fêmeas de *H. glycines* na cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860, em campo naturalmente infestado. Campo Alegre – GO, safra 2010/11.

Tratamentos	Ovos/fêmea ¹		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	228,1	96,6	162,3
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	201,9	113,1	157,5
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	186,9	106,2	146,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	238,2	113,1	175,7
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	162,6	105,2	133,9
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	216,2	142,7	179,5
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	210,2	112,5	161,4
Média	206,3B	112,8A	159,5
CV (%)	15,2		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5.7. Número médio de ovos por fêmeas de *H. glycines* da cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860, em casa de vegetação. Goiânia – GO, 2012.

Tratamentos	Ovos/fêmea ¹		
	Valiosa	8860,0	Média
Testemunha	144,3B a	60,4A b	102,3
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	158,4B a	49,7A b	104,0
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	139,8B a	57,9A b	98,9
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	168,3B a	20,8A a	94,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	155,7B a	49,7A b	102,7
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	144,9B a	52,2A b	98,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	141,8B a	77,6A b	109,7
Média	150,5	52,6	101,5
CV (%)	22,4		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o experimento conduzido em casa de vegetação, o número de cistos foi influenciado pelas cultivares de soja, ocorrendo interação significativa entre os tratamentos de sementes e as cultivares de soja ($P < 0,05$) (Tabela 5.9). Nesse experimento não foi observada diferença entre as cultivares para a testemunha e os tratamentos imidacloprido + tiodicarbe, nas duas dosagens. Houve influência dos tratamentos de sementes somente para a cultivar suscetível, BRS Valiosa RR (Tabela 5.9). No entanto, os resultados observados indicam que o tratamento não seria eficiente na redução do número de cistos presentes no solo uma vez que todos os tratamentos tiveram número de cistos superior ao obtido na testemunha.

Tabela 5.8. Número médio de cistos de *H. glycines* por 100 cm³ de solo nas parcelas cultivadas com cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860, em campo naturalmente infestado. Campo Alegre – GO, safra 2010/11.

Tratamentos	Cistos/100 cm ³		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	73,2 B	22,8 A	48,0
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	98,2 A	38,7 A	68,4
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	100,0 B	20,9 A	60,5
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	107,1 B	32,0 A	69,5
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	90,1 B	15,5 A	52,8
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	101,9 B	31,6 A	66,7
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	112,1 B	31,8 A	71,9
Média	97,5	27,6	62,6
CV (%)	24,2		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5.9. Número médio de cistos por 100 cm³ de *H. glycines* nos vasos cultivados com a cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860, em casa de vegetação. Goiânia – GO, 2012.

Tratamentos	Cistos/100 cm ³		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	35,0 A a	5,6 A a	20,3
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	46,4 B ab	3,0 A a	24,7
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	68,8 B ab	12,4 A a	40,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	45,8 A a	5,4 A a	25,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	57,4 A a	3,8 A a	30,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	75,0 B b	1,5 A a	38,3
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	75,8 B b	6,6 A a	41,2
Média	57,7	5,5	31,6
CV (%)	25,8		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No ensaio de campo ocorreu um aumento linear do número de cistos à medida que se avançavam os dias após o plantio da soja (Figura 5.2A). Esses resultados indicam que o número de cistos do nematoide tende a aumentar com o cultivo de soja. No entanto, ao observar a interação entre as épocas de avaliações e as cultivares de soja é possível observar que esse aumento no número de cistos ocorreu em função da cultivar suscetível (Figura 5.2B). Para a cultivar BRS Valiosa RR ocorreu um aumento linear no número de cistos ao longo das épocas de avaliação enquanto que para cultivar resistente, BRSGO 8860RR, o comportamento foi quadrático, embora o número de cistos ao longo do ciclo da

cultura praticamente manteve-se inalterado.

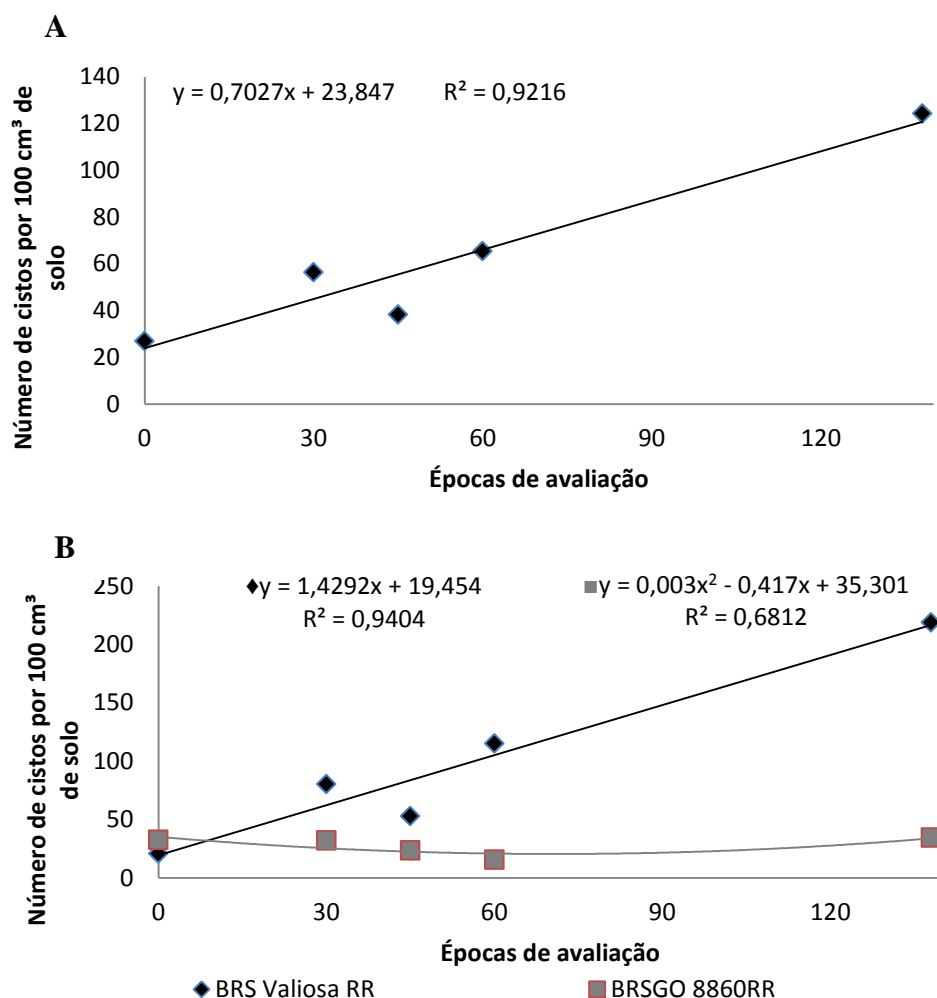


Figura 5.2. Efeito das épocas de avaliação, média das duas cultivares, (A) e das épocas de avaliação e das cultivares de soja suscetível ao *H. glycines*, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860RR (B), sobre o número de cistos por 100 cm³. Campo Alegre de Goiás, safra 2010/2011.

Ocorreu interação entre as cultivares de soja e os tratamentos de sementes empregados no tocante ao número de ovos por cisto para o experimento conduzido em campo ($P < 0,05$) (Tabela 5.10). O número de ovos por cisto foi inferior para cultivar resistente, BRSGO 8860RR, para os tratamentos imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e para os dois tratamentos empregando imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram. Para os demais tratamentos, o número de ovos por cisto foi semelhante para ambas cultivares.

Tabela 5.10. Número médio de ovos por cistos de *H. glycines* oriundos de parcelas cultivadas com a cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860, em campo naturalmente infestado. Campo Alegre – GO, safra 2010/2011.

Tratamentos	Ovos/cisto ¹		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	124,3 A	97,8 A	111,1
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	128,8 A	106,7 A	117,7
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	125,6 A	109,7 A	117,6
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	156,1 B	99,6 A	127,8
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	112,6 A	106,3 A	109,4
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	138,2 B	92,0 A	115,1
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	140,3 B	92,3 A	116,3
Média	132,2	100,6	116,4
CV (%)	16,2		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para o experimento conduzido em casa de vegetação houve influência das cultivares de soja e dos tratamentos de sementes sobre o número de ovos por cisto ($P < 0,05$), sendo observada uma redução no número de ovos por cisto para a cultivar resistente, BRSGO 8860RR (Tabela 5.11).

Tabela 5.11. Número médio de ovos por cistos de *H. glycines* oriundos de vasos cultivados com a cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860, em casa de vegetação. Goiânia – GO, 2011.

Tratamentos	Ovo/cisto ¹		
	Valiosa	8860	Média
Testemunha	135,0	44,1	89,6 bc
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	168,0	25,4	96,7 c
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	97,3	39,2	68,2 abc
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	112,4	8,2	60,3 ab
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	80,5	15,7	48,1 a
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	82,2	19,8	51,0 a
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	81,1	43,2	62,2 abc
Média	108,1 B	27,9 A	
CV (%)	30,3		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos de sementes empregando imidacloprido + tiodicarbe (105+315) e imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e carbendazim + tiram (30+70) reduziram o número de ovos por cisto no experimento em casa de vegetação quando comparados à testemunha.

Os tratamentos de sementes abamectina (50) e tiametoxam (70), imidacloprido + tiodicarbe (75+225), e imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e carbendazim + tiram (30+70) também apresentaram um número mais baixo de ovos, porém, não diferiram da testemunha.

Os tratamentos de sementes influenciaram a penetração do *H. glycines* no sistema radicular da soja, para o experimento conduzido em casa de vegetação ($P < 0,05$), ocorrendo de forma semelhante nas duas cultivares (Tabela 5.12). Os tratamentos empregando abamectina + tiametoxam, nas duas dosagens, reduziram a penetração do nematoide embora tenham diferido significativamente apenas do tratamento imidacloprido + tiodicarbe (75+225) e carbendazim + tiram (30+70).

Tabela 5.12. Número de juvenis por dois sistemas radicular da cultivar de soja suscetível, BRS Valiosa RR, e resistente, BRSGO 8860RR, submetidas a diferentes tratamentos de sementes, que penetraram 10 dias após a inoculação, em condição de casa de vegetação, Goiânia – GO, 2011.

Tratamentos	Penetração		
	Valiosa	8860	Média ¹
Testemunha	65,0	47,2	56,1 abc
Abamectina (50) e Tiametoxam (70)	35,0	43,6	39,3 a
Abamectina (75) e Tiametoxam (70)	38,6	36,8	37,7 a
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225)	73,2	35,0	54,1 ab
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315)	77,6	71,6	74,6 abc
Imidacloprido + Tiodicarbe (75+225) e Carbendazim + Tiram (30+70)	98,4	142,2	120,3 c
Imidacloprido + Tiodicarbe (105+315) e Carbendazim + Tiram (30+70)	120,2	97,6	108,9 bc
Média	72,6	67,7	
CV (%)	31,1		

¹ Médias apresentadas em escala original, porém com testes estatísticos resultantes da transformação potência Box & Cox (1964).

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As diferenças observadas entre o estande das duas cultivares de soja pode ter ocorrido em função das próprias características das sementes ou de suas condições fisiológicas, uma vez que a densidade de semeadura adotada foi a mesma para as duas cultivares. As condições fisiológicas podem inclusive ser a responsável pela diferença de altura entre as cultivares BRS Valiosa RR e BRSGO 8860RR. Schuch et al. (2009) observaram que a baixa qualidade fisiológica de sementes de soja afeta a altura de plantas ao longo de todo desenvolvimento da cultura. No entanto, é importante ressaltar que essas cultivares possuem diferenças fenológicas. Nas condições do Centro-Oeste a cultivar BRSGO 8860RR atinge em média uma altura final de 85 cm (Monteiro et al., 2010) enquanto a cultivar BRS Valiosa atinge uma altura final de 71 cm (Fundação Triângulo,

2012). Dessa forma, a diferença de altura de plantas, observada no início do desenvolvimento das plantas, pode ter ocorrido também em função das próprias características das cultivares de soja.

A cultivar, BRSGO 8860RR promoveu uma redução no número de fêmeas por grama de raiz, de cisto por 100 cm³ de solo, de ovos por fêmea e ovos por cistos tanto no experimento de campo como em casa de vegetação. Esses resultados corroboram para os encontrados por Li et al. (2004) em que cultivares com o mesmo gene de resistência presente na BRSGO 8860RR, afetam o crescimento, desenvolvimento e fecundidade das fêmeas do *H. glycines*. Por esse motivo é comum à redução no parasitismo do nematoide e de um menor número de ovos por fêmeas e, conseqüentemente, de ovos por cisto, em nematoides que se desenvolveram no sistema radicular de cultivares de soja resistente.

Os resultados obtidos com a cultivar resistente indicam que essa alternativa de manejo é eficiente na redução populacional do *H. glycines* por reduzir o parasitismo do nematoide no sistema radicular da soja. No entanto, a utilização de cultivares resistentes não deve ser a única opção, uma vez que em função da elevada diversidade genética, o nematoide pode desenvolver novas raças quando submetido à pressão de seleção (Dias et al., 2007). Esse surgimento de novas raças é possível porque a resistência conferida pelo gene *rgl1*, oriundos da PI 88788 e presente na BRSGO 8860RR, não é completa e por isso não impede totalmente o desenvolvimento de nematoides no sistema radicular da soja (Li et al., 2004; Brucker et al., 2005; Fagihi et al., 2008).

A reação de resistência genética não teve influência sobre a penetração do nematoide. Isto ocorreu porque as primeiras respostas com relação à infecção do nematoide de cisto da soja são similares em ambas as cultivares. Os sincícios são iniciados nas raízes dentro de aproximadamente 42 horas após a inoculação. Com o progresso da infecção, nas cultivares com gene de resistência, ocorre a reação de hipersensibilidade. Cerca de cinco dias após a inoculação ocorre à desintegração do núcleo e degeneração do citoplasma, cessando a fonte de nutriente ao nematoide, matando-os por inanição (Kim et al., 1987; Kim & Riggs, 1992). Dessa forma, é comum encontrar números semelhantes de J2 no sistema radicular de cultivares resistentes e suscetíveis.

O número de fêmeas por grama de raiz diminuiu ao longo das épocas de avaliações enquanto que o comportamento observado para o número de cistos foi contrário. A diminuição no número de fêmeas e aumento no número de cistos é provavelmente em função da conclusão do ciclo do nematoide. À medida que as fêmeas se

tornam maduras estas morrem e se desprendem do sistema radicular da soja, dando origem aos cistos (Young, 1992). Dessa forma, é esperada a redução no número de fêmeas e o aumento no número de cistos.

É interessante ressaltar que esse aumento no número de cistos ocorreu basicamente em função da cultivar suscetível BRS Valiosa RR, uma vez que houve um aumento linear ao longo das épocas de avaliação no número de cistos presentes no solo das parcelas onde essa cultivar foi plantada. Como a cultivar suscetível não possui nenhuma barreira genética ao desenvolvimento do nematoide é esperado um aumento da população de *H. glycines* no solo. Esse aumento populacional, após sucessivos cultivos com soja suscetível pode inclusive promover sensíveis decréscimos de produtividade da cultura em condições de campo (Whefler et al., 1997).

A redução no número de ovos por cistos ao longo das épocas de avaliação provavelmente ocorreu em função da maior permanência desses cistos no ambiente e conseqüentemente maior liberação de ovos. Nas primeiras avaliações realizadas a maioria dos cistos eram oriundos de fêmeas que acabaram de se desprender do sistema radicular da soja. Dessa forma, o número de ovos nesses cistos tende a ser maior que nos cistos coletados nas avaliações finais.

Os tratamentos de sementes utilizados não afetaram negativamente o estande e a altura de plantas de soja. Dessa forma, a utilização desses tratamentos como forma de manejo do nematoide de cisto da soja, não geraria nenhum problema do ponto de vista fisiológico para a cultura da soja. No entanto, estes tratamentos influenciaram o número de fêmeas, cistos, ovos por fêmea, ovos por cisto e a penetração do *H. glycines* para o experimento conduzido em condições de casa de vegetação. O experimento conduzido em campo não foi influenciado pelos tratamentos de sementes.

Os tratamentos empregando abamectina, sob condição de casa de vegetação, foram os mais eficientes na redução da penetração do nematoide, apesar de não diferirem da testemunha. Esses resultados corroboram os obtidos por Monfort et al. (2006) que observaram eficiência da abamectina na redução da penetração de J2 de *M. incognia*, por Faske & Starr (2007) que constataram uma redução na penetração de *M. incognita* e *R. reniformis* e por Bessi et al. (2010) que obtiveram uma redução na penetração também de *M. incognita*, todos em raízes de algodão. Cabrera et al. (2009) também observaram que as doses de 1,0 mg i.a.semente⁻¹, 0,1 mg i.a.semente⁻¹ e 0,3 mg i.a.semente⁻¹ reduziam, respectivamente, a penetração de *P. zae* em raízes de milho em 80%, de *M. incognita* em

raízes de algodão em 80% e de *Heterodera schachtii* em raízes de beterraba em 60%. Dessa forma, a abamectina poderia ser uma ferramenta a mais no manejo do *H. glycines*, por reduzir sua penetração proporcionando uma proteção inicial ao desenvolvimento das plantas.

Os tratamentos de sementes com abamectina e tiametoxam, nas duas dosagens, imidacloprido + tiodicarbe (105+315) e imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (75+225 e 30+70) reduziram o número de fêmeas por grama de raiz, para cultivar suscetível, BRS Valiosa RR, em condições de casa de vegetação. O tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe (75+225) além de reduzir fêmeas também reduziu o número de ovos por fêmea na cultivar resistente BRSGO 8860RR. Pedrozo et al. (1999) também constataram a eficiência da abamectina nas doses 100, 200 e 300 ml p.c.ha⁻¹, via aplicação foliar, na redução do número de fêmeas por grama de raiz de *H. glycines*. Ribeiro et al. (2012) e Kubo et al. (2012) observaram a eficiência do tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe na redução populacional dos nematoides *P. brachyurus* e *R. reniformis*, respectivamente, em raízes de algodão.

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, a utilização de cultivares resistentes ainda é uma importante ferramenta no manejo do *H. glycines*, reduzindo significativamente o desenvolvimento e a reprodução do nematoide. O tratamento de sementes pode ser uma ferramenta a mais no manejo do *H. glycines*, porém mais estudos são necessários para avaliar a eficácia desses produtos em campo naturalmente infestado.

5.4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a fecundidade de *H. glycines* são menores na cultivar resistente.

Os tratamentos de sementes reduzem a população de *H. glycines* em condições de casa de vegetação, mas não foi observado em condições de campo.

Em condições de casa de vegetação os tratamentos de sementes com abamectina e tiametoxam, nas duas dosagens de (50 e 70) e (75 e 70), imidacloprido + tiodicarbe (105+315) e imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (75+225 e 30+70) reduzem o número de fêmeas por grama de raiz, na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR. O tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe (75+225) também reduziu o número de ovos por fêmea na cultivar resistente BRSGO 8860RR.

Os números de fêmeas e de ovos reduzem ao longo das épocas de avaliação, consequentemente aumenta o número de cistos de *H. glycines*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nematoide de cisto da soja é considerado um dos principais patógenos que afetam a cultura da soja. Conhecer sua biologia e o comportamento de cultivares suscetíveis e resistentes perante diferentes concentrações populacionais do nematoide é de fundamental importância para realização de um manejo eficiente. Após a introdução do *H. glycines* em uma área, sua erradicação é praticamente impossível, diante disso reduzir os níveis populacionais do nematoide no campo tem sido uma busca constante para minimizar perdas.

O *H. glycines*, com temperatura média em torno de 26,6°C, completa seu ciclo em apenas 15 dias. Essa diminuição no ciclo do nematoide, observada nas condições brasileiras, é bastante preocupante uma vez que, durante um ciclo da cultura da soja, o nematoide pode chegar entre 7 a 10 gerações. É interessante ressaltar que este nematoide consegue completar seu ciclo de vida tanto em cultivares de soja suscetíveis como em resistentes embora com menor reprodução. Portanto, em relação a utilização contínua de cultivares com o mesmo gene de resistência poderia selecionar indivíduos capazes de parasitar o sistema radicular de cultivares de soja resistentes e aumentar sua frequência populacional.

O aumento da concentração inicial de inóculo de *H. glycines* é acompanhado por um aumento da população final do nematoide em cultivar de soja suscetível. No entanto esse aumento não é observado em cultivares de soja resistentes. Apesar da penetração de J2 ocorrer de forma semelhante em cultivares resistentes e suscetíveis o número de fêmeas obtidas não é o mesmo, sendo a taxa de sobrevivência do nematoide em cultivar resistente muito menor que a observada em cultivar suscetível.

Os tratamentos de sementes podem ser uma ferramenta adicional no manejo do *H. glycines*. Apesar de não ter sido observada eficiência desses tratamentos em condições de campo, em condições de casa de vegetação os tratamentos de sementes com abamectina e tiametoxam, nas duas dosagens de (50 e 70) e (75 e 70), imidacloprido + tiodicarbe (105+315) e imidacloprido + tiodicarbe e carbendazim + tiram (75+225 e 30+70) reduziram o número de fêmeas por grama de raiz, na cultivar suscetível, BRS Valiosa RR.

O tratamento de sementes com imidacloprido + tiodicarbe (75+225) também reduziu o número de ovos por fêmea na cultivar resistente BRSGO 8860RR.

7 REFERÊNCIAS

- ABAD, P.; FAVERY, B.; ROSSO, M.N.; CASTAGNONE-SERENO, P. Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 4, n. 4, p. 217-224, 2003.
- ACEDO, J.R.; DROPKIN, V.R.; LUEDDERS, V.D. Nematode population attrition and histopathology of *Heterodera glycines* soybean associations. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 16, n. 1, p. 48-57, 1984.
- ALSTON, D.G.; SCHMITT, D.P. Development of *Heterodera glycines* life stages as influenced by temperature. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 20, n. 3, p. 366-372, 1988.
- ANAND, S.C.; BRAR, G.S. Response of soybean lines to differentially selected cultures of soybean cyst nematode. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 15, n. 1, p. 120-123, 1983.
- ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L.; SILVA, J.F.V. Um novo sistema para detecção e contagem de cistos de *Heterodera glycines* recuperados de amostras de solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20 (supl.), p. 358, 1995.
- ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L. Disseminação do Nematóide de Cisto da Soja (*Heterodera glycines*) pelo Vento durante o Preparo de Solo. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 98-99, 1997.
- ARANTES, N.E.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A. Melhoramento Genético Visando à Resistência. In: Sociedade Brasileira de Nematologia. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira/SBN - Sociedade Brasileira de Nematologia**. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p. 105-117.
- ASMUS, G.L.; TOMAZZINI, M.D.O.; FERRAZ, L.C.C.B. Penetração de *Heterodera glycines* em raízes de soja resistente. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 251-253, 2001.
- ASMUS, G.L.; FERRAZ, L.C.C.B. Effect of population densities of *Heterodera glycines* race 3 on leaf area, photosynthesis and yield of soybean. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 273-278, 2002.

BARBOSA, K.A.G.; GARCIA, R.A.; SANTOS, L.C.; TEIXEIRA, R.A.; ARAUJO, F.G.; ROCHA, M.R.; LIMA, F.S.O. Avaliação da adubação potássica sobre populações de *Heterodera glycines* em cultivares de soja resistente e suscetível. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, n. 3, p. 150-158, 2010.

BECKER, W. F. The effect of abamectin on garlic infested by *Ditylenchus dipsaci* **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 23, n. 1, p. 1-6, 1999.

BESSI, R.; SUJIMOTO, F.R.; INOMOTO, M.M. Seed treatment affects *Meloidogyne incognita* penetration, colonization and reproduction on cotton. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1428-1430, 2010.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRITO, C.H.; SEDIYAMA, T.; POZZA, E.A.; DIAS, W.P. Níveis de inóculo e época para avaliação de populações de *Heterodera glycines* Ichinohe em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 836-840, 1999.

BRUCKER, E.; CARLSON, S.; WRIGHT, E.; NIBLACK, T.; DIERS, B. Rhg1 alleles from soybean PI 437654 and PI 88788 respond differentially to isolates of *Heterodera glycines* in the greenhouse. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 111, n. 1, p. 44-49, 2005.

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

CABRERA, J.A.; KIEWNICK, S. GRIMM, C.; DABATAT, A.A.; SIKORA, R.A. Efficacy on abamectin seed treatment on *Pratylenchus zaeae*, *Meloidogyne incognita* and *Heterodera schachtii*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Phytomedizin, v. 116, n. 3, p. 124-128, 2009.

CARES, J.E.; BALDWIN, J.G. Nematóides formadores de cistos do gênero *Heterodera*. In: LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.; PRESTES, A.M.; PICININI, E.C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Revisão anual de patologia de plantas, 1995, v. 3, p. 29-84.

CARPENTIERI PÍCOLO, V.; KIILH, T.A.M.; DIAS, W.P.; SOUZA, A.; FELICI, P.H.N. Desenvolvimento de *H. glycines* em cultivares resistentes e suscetível de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 485-488, 2005.

COLGROVE, A.L.; NIBLACK, T.L. The effect of resistant soybean on male and female development and adult sex ratios of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 37, n. 2, p. 161-167, 2005.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas - soja**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_o_bjcmsconteudos > Acesso em 05 mai. 2013.

COVOLO, G.; ZANON, J.I. Efeito de alguns nematicidas no controle do nematoide *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill. **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, n. 13, v. 1, p. 19-23, 1983.

CUNHA, R.P.; MAIA, G.L.; RODACKI, M.E.P.; SILVA, G.S.; MEYER, M.C. Ciclo de vida de *Heterodera glycines* raça 9 em soja no Estado do Maranhão. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 262-264, 2008.

DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; KIIHL, R.A.S.; HIROMOTO, D.M.; ABDELNOOR, R.V. Quebra da resistência da cv. Hartwing por população de campo do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.6, p. 971-974, 1998.

DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G.E.S. Biologia e controle do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). In: **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2003: ecofisiologia, biologia molecular e nematóides**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 32-37

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematóides de importância para a soja no Brasil. In: **Boletim de Pesquisa de Soja 2007**. Rondonópolis: Fundação MT, 2007. n.11, p.173-184.

DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S.; GARCIA, A.; ARIAS, C.A.A. Nematoide de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S. **Nematóides em soja: identificação e controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8 p. (Comunicado Técnico).

DONGO, K.; OPPERMAN, C.H. Genetic analysis of parasitism in the soybean cyst nematode *Heterodera glycines*. **Genetics**, Bethesda, v. 146, n. 1, p. 1311-1318, 1997.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2004. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2005**. Londrina, Embrapa – Soja. 2004. 237p. (Sistemas de Produção 04)

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2007**. Londrina, Embrapa – Soja. 2006. 225p. (Sistemas de Produção 11)

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2007. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina, Embrapa – Soja. 2007. 12p. (Circular Técnica 43)

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2008**. Londrina, Embrapa - Soja, 2008. 282 p. (Sistemas de Produção 12)

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2011. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, Embrapa - Soja, 2011. 262 p. (Sistemas de Produção 15)

ENDO, B.Y. Penetration and development of *Heterodera glycines* in soybean roots and related anatomical changes. **Phytopathology**. Saint Paul, v. 54, p. 79-88, 1964.

ENDO, B.Y. Histological responses of resistant and susceptible soybean varieties, and backcross progeny to entry and development of *Heterodera glycines*. **Phytopathology**. Saint Paul, v. 55, p. 375-381, 1965.

EVANS, D.M.; FOX, J.A. The sex ratio of *Heterodera glycines* at low population densities. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 9, n. 3, p. 207-210, 1977.

FAGHIHI, J.; FERRIS, V.; DONALD, P.; NOEL, G.; WELACKY, T. In: Changes in resistance of PI88788 to field populations of soybean cyst nematode (SCN). 5 th International Congress of Nematology, 5., 2008, Brisbane. **Resumos...**Brisbane, 2008, p. 235.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT - 2010**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 7 ago. 2012.

FASKE, T.R.; SATARR, J.L. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 38, n. 2, p. 240–244, 2006.

FASKE, T.R.; STARR, J.L. Cotton root protection from plant-parasitic nematodes by abamectin-treated seed. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 39, n. 1, p. 27-30, 2007.

FERNANDES, M.C.; TIHOHOD, D. Avaliação da eficiência de aldicarb e ethoprophos no controle de *Heterodera glycines* em soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 20, n. 1, p. 3-13, 1996.

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, São Carlos. **Programa e resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRAGOSO, R.R; LOURENÇO, I.T.; VIANA, A.A.B.; SOUZA, D.S.L.; ANDRADE, R.U.; MEHTA, A.; BRASILEIRO, A.C.M.; PINTO, E.R.C.; LIMA, L.M.; ROCHA, T.L.; SA, M.F.G. **Interação molecular planta-nematóide**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2007, 56 p.

FUNDAÇÃO TRIÂNGULO. Cultivares de soja. Disponível em: <http://www.fundacaotriangulo.com.br/cultivares_detalhe.php?produto=13&t=1>. Acesso em 10 ago. 2012.

GAL, T.Z.; AUSSENBERG, E.R.; BURDMAN, S.; KAPULNIK, Y.; KOLTAL, H. Expression of a plant expansin is involved in the establishment of root knot nematode parasitism in tomato. **Planta**, Berlin, v. 224, n. 1, p. 155-162, 2006.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V. Interação entre a população de cistos de *Heterodera glycines* e o pH do solo. **Fitopatologia Brasileira**. Piracicaba, v. 21 (supl.), p. 420, 1996.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V. Efeito da rotação de culturas na população do nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 3, 1997.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J.E.; DIAS, W.P. Rotação de culturas e manejo do solo para controle do nematoide de cisto da soja. In: Sociedade Brasileira de Nematologia. **O nematoide de cisto da soja: a experiência brasileira/SBN - Sociedade Brasileira de Nematologia**. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p. 55-63.

GARCIA, A.; DIAS, W.P.; ZITO, R.K.; PEREIRA, J.E.; SILVA, J.F.V. Efeito da calagem no controle do NCS, na rotação milho-soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 22., 2000, **Cuiabá**. Resumos... Cuiabá: CNPSO, 2000. p. 80-81.

GARCIA, A., J.F.V. SILVA, G. LONIEN & J.E. PEREIRA. Avaliação de perdas causadas pelo nematoide de cisto através da comparação de rendimentos entre cultivares resistentes e suscetíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 25., 2005, **Piracicaba**. Resumos... Piracicaba: SBN, 2005, p.109.

HEATHERLY, L.G.; YOUNG, L.D.; EPPS, J.M.; HARTWING, E.E. Effect of upper-profile soil water potential on numbers of cysts of *Heterodera glycines* on soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 2, p. 833-835, 1992.

HUSSEY, R.; DAVIS, E.; BAUM, T. Secrets in secretions: genes that control nematode parasitism of plants. **Brasilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, n. 3, p. 183-194, 2002.

JOHNSON, A.B.; KIM, K.S.; RIGGS, R.D.; SCOTT, H.D. Locations of *Heterodera glycines* induced syncytia in soybean as affected soil water regimes. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 25, n. 3, p. 422-426, 1993.

KIM, Y.H.; RIGGS, R.D.; KIM, K.S. Structural changes associated with resistance of soybean to *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**. Hanover, v. 19, n.2 p. 177-187, 1987.

KIM, K.S.; RIGGS, R.D. Cytopathological reactions of resistant soybean plants to nematode invasion. **Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode**. St. Paul: APS Press, 1992, p. 157-168.

KINLOCH, R.A. The control of nematode injurious to soybean. **Nematropica**, Gainesville, v. 10, n. 2, p. 141-143, 1980.

KOENNING, S.R.; COBLE, H.D.; BRADLEY, J.R.; BARKER, K.R.; SCHMITT, D.P. Effects of a low rate of aldicarb on soybean and associated pest interactions in fields infested with *Heterodera glycines*. **Nematropica**, Gainesville, v. 28, n. 2, p. 205-211, 1998.

KOENNING, S. R. Density-dependent yield of *Heterodera glycines* resistant and susceptible cultivars. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 32, n. 4 (supl.), p. 502-507, 2000.

KOLIOPANOS, C.N., TRIANTAPHYLLOU, A.C. Effect of infection density on sex ratio of *Heterodera glycines*. **Nematologica**. Bari, v. 18, p. 131-137, 1972.

KUBO, R.K. MACHADO, A.C.Z.; OLIVEIRA, C.M.G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 59, n. 1/2, p. 239-245, 2012.

LASOTA, J.A.; DYBAS, R.A. Abamectin as a pesticide for agricultural use. **Acta Leidensia**, Leiden, v. 59, n.1/2, p. 217-225, 1990.

LAURITIS, J.A.; REBOIS, R.V.; GRANNEY, I.S. Development of *Heterodera glycines* Ichinohe on soybean *Glycine max.* (L.) Merr., under gnotobiotic conditions. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 15, n. 2, p. 272-281, 1983.

LI, Y., CHEN, S.; YOUNG, N.D. Effect of the *rgh1* gene on penetration, development and reproduction of *Heterodera glycines* race 3. **Nematology**, Leiden, v. 6, n. 5, p. 729-736, 2004.

LIMA, R.D., FERRAZ, S., SANTOS, J.M. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja no Triângulo Mineiro. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 16., Lavras. **Resumos...** Larvas: Sociedade Brasileira de Nematologia / Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992. p. 81.

LOVATO, B.V.; TRAFANE, L.G.; FERREIRA, H.J.; ARAMAKI, P.H.; MARTINHO, L.; GOES, R. Efficacy of nematicidal seed treatment against *Meloidogyne javanica* on soybean *Glycine max* in field and glasshouse. In: Congresso Brasileiro de Nematologia e Congresso Internacional de Nematologia Tropical, 27 e 2, Maceió. **Resumos...** Nematologia Brasileira, v. 34, n. 3, p. 420-421, 2009.

LORDELLO, L.G.E. Nematoides formadores de cistos (Gêneros *Heterodera* e *Globodera*). In: LORDELLO, L.G.E. **Nematoides das plantas cultivadas**. São Paulo: Nobel, 1984, p. 149-154.

LORDELLO, A.I., LORDELLO, R.R.A., QUAGGIO, J.A. (1992). *Heterodra* sp. reduz produção de soja no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 16., Lavras. **Resumos...** Larvas: Sociedade Brasileira de Nematologia / Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992. p. 81.

MONFORT, W.S.; KIRKPATRICK, T.L.; LONG, D.L.; RIDEOUT, S. Efficacy of a novel nematicidal seed treatment against *Meloidogyne incognita* on cotton. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 38, n. 2, p. 245-249, 2006.

MONTEIRO, A.R., MORAIS, S.R.A.C. (1992). Ocorrência do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura da soja no Mato Grosso do Sul. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 16., Lavras. **Resumos...** Larvas: Sociedade Brasileira de Nematologia / Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992. p. 82.

MONTEIRO, P.M.F.O.; VIEIRA, N.E.; MELLO FILHO, O.L.; NUNES JÚNIOR, J.; TOLEDO, R.M.C.P.; BORGES, A.O.; CARNEIRO, G.E.S.; NUNES, M.R.; NEIVA, L.C.S.; COUTO, M.B.; DIAS, W.P.; SOARES, R.M.; ALMEIDA, A.M.R.; MOREIRA, J.U.V.; OLIVEIRA, M.F.; BROGIN, R.L.; PÍPOLO, A.E.; ARIAS, C.A.A.; KASTER, M.; ABDELNOOR, R.V.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; CÂMARA, A.R.; SEII, A.H.; MEYER, M.C.; VAZ BISNETA, M. Cultivar de soja BRSGO 8860RR: indicações para o Estado de Goiás e do Tocantins. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 31., Brasília. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2010, p. 253-254.

NIBLACK, T.L.; HUSSEY, R.S.; BOERMA, H.R. Effects of interactions among *Heterodera glycines*, *Meloidogyne incognita*, and host genotype on soybean yield and

nematode population densities. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 18, n. 4, p. 436-443, 1986.

NIBLACK, T.L.; ARELLI, P.R.; NOEL, G.R.; OPPERMAN, C.H.; ORF, J.H.; SCHIMITT, D.P.; SHANNON, J.G.; TYLKA, G.L. A Revised Classification Scheme for Genetically Diverse Populations of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**. Hanover, v. 34, n. 4, p. 279-288, 2002.

OMOTO, C. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: Pallotti, 2000, p.31-49.

PARISI, C.; TORRES, C.J.; SOSA MOSS, C. Incorporacion de um nematicida sistêmico a la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por immersion de semillas. **Nematropica**, Gainesvile, v. 2, n. 1, p. 22, 1972.

PEDROZO, I.B.O.; HENNING, A.A.; HOMECHIN, M. Controle químico do nematoide de cisto da soja *Heterodera glycines* em casa-de-vegetação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 59-63, 1999.

RIBEIRO, L.M.; CAMPOS, H.D.; RIBEIRO, G.C.; NEVES, D.L.; DIAS ARIEIRA, C.R. Efeito do tratamento de sementes de algodão na dinâmica populacional de *Pratylenchus brachyurus* em condições de estresse hídrico. **Nematropica**, Gainesvile, v. 42, n. 1, p. 84-90, 2012.

RIGGS, R.D.; SCHIMITT, D.P. Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**. Hanover, v. 20, n. 3, p. 392-395, 1988.

ROCHA, M.R.; CARVALHO, I.; CORRÊA, G.C.; CATTINI, G.P.; PAOLINI, G. Efeito de doses crescentes de calcário sobre a população de *Heterodera glycines* em soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 36, n. 2, p. 89-94, 2006.

ROCHA, M.R.; CARVALHO, Y.; CORRÊA, G.C.; CUNHA, M.G.; CHAVES, L.J. Efeito da calagem e da adubação potássica sobre o nematoide *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952). **Agrociencia**, Carretera, v. 11, n. 2, p. 31-38, 2007.

ROCHA, M.R.; ANDERSON, T.R.; WELACKY, T.W. Effect of inoculation temperatures and soybean genotype on root penetration and establishment of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 4, n. 4, p. 282-285, 2008.

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

- RODRÍGUEZ KÁBANA, R.; WEAVER, C.F. Nematicide seed treatments for control of soybean nematodes. **Nematropica**, Gainesville, v. 17, n. 1, 1987.
- ROSS, J.P. Effect of soil temperature on development of *Heterodera glycines* in soybean roots. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 54, p. 815-818, 1963.
- SCHMITT, D.P.; SHANNON, J.G. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 275-277, 1992.
- SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 31, n. 1, p.144-149, 2009.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009, cap. 1, p. 1-5.
- SOSA MOSS, C.; CAMACHO, J.S. Protección de frijol ejotero a *Meloidogyne incognita* por tratamiento químico de la semilla. **Nematropica**, Gainesville, v. 9, n. 1, p. 12, 1973.
- STEELE, A.E. Population Dynamics of *Heterodera schachtii* on tomato and sugarbeet. **Journal of Nematology**. Hanover, v. 7, n.2, p. 105-111, 1975
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 473 p.
- TOOD, T.C.; LONG, J.H.; OAKLEY, T.R. Density-dependent multiplication and survival rates in *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 35, n. 1, p. 98-103, 2003.
- TRUELOVE, B.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; KING, P.S. Seed treatment as means of preventing nematode damage to crop plants. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 9, n. 1, p.326-330, 1977.
- TYLKA, G.L. Use of resistance for SCN management. In: **4th national soybean nematode conference**. Tampa, p. 11-14, 2008
- WANG, S.; RIGGS, R.D.; CRIPPEN, D. Soil infestation density the results of *Heterodera glycines* race tests. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 30, n. 4S, p. 553-562, 1998.
- WHEFLER, T.A.; PIERSON, P.E.; YOUNG, C.E.; RIEDEL, R.M.; WILLSON, H.R.; EISLEY, J.B.; SCHMITTHERNER, A.F.; LIPPS, P.E. Effect of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) on yield of resistant and susceptible soybean cultivars grown Ohio. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 29, n. 4S, p. 703-709, 1997.

WRATHER, J.A.; ANAND, S.C.; DROPKIN, V.H. Soybean cyst nematode control. **Plant Disease**. Saint Paul, v. 68, n. 4, p. 829-833, 1984.

WRATHER, J.A.; ANAND, S.C.; KOENNING, S.R. Management by cultural practices. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS Press, 1992, p. 125-131.

WRATHER, J.A., ANDERSON, T.R., ARSYAD, D.M., GAI, J., PLOPER, L.D., PORTA-PUGLIA, A., RAM, H.H. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. **Plant Disease**. Saint Paul, v. 81, n. 1, p. 107-110, 1997.

WRATHER, J.A., KOENNING, S.R. Estimates of disease effects on soybean yields in the United States. **Journal of Nematology**. Hanover, v. 38, n. 2, p. 173-180, 2006.

YOUNG, L.D. Changes in the reproduction of *Heterodera glycines* on different lines of Glycine max. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 16, n. 3, p. 304-309, 1984.

YOUNG, L.D. Epiphytology and life cycle. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS Press, 1992, p. 27-36.

YUE, P.; SLEPER, D.A.; RAO-ARELLI, A.P. Genetic analysis of resistance to soybean cyst nematode in PI 438489B. **Euphytica**, Wageningen, v. 116, n. 2, p. 181-186, 2000.

VAN DER EYCKEN, W.; ALMEIDA ENGLER, J.; INZE, D.; VAN MONTAGU, M.; GHEYSEN, G. A molecular study of root-knot nematode induced feeding sites. **Plant Journal: for cell and molecular biology**, Oxford, v. 9, n.1, p. 45-54, 1996.

VITTI, A.J.; ROCHA, M.R.; REZENDE NETO, U.R.; ARAUJO, F.G. Tratamento de sementes com abamectina e tiabendazol no manejo populacional de *Heterodera glycines*. In: Congresso Brasileiro de Nematologia e Congresso Internacional de Nematologia Tropical, 27 e 2, Maceió. **Resumos...** Nematologia Brasileira, v. 34, n. 3, p. 429-430, 2009.

