

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CARACTERIZAÇÃO DE TIPO E RAÇA DE
POPULAÇÕES DO NEMATÓIDE DE CISTO DA SOJA
DETECTADAS NO MUNICÍPIO DE JATAÍ/GO E
PROXIMIDADES POR HOSPEDEIROS
DIFERENCIADORES**

ADRIANA FIGUEIREDO

2008

ADRIANA FIGUEIREDO

CARACTERIZAÇÃO DE TIPO E RAÇA DE POPULAÇÕES DO NEMATÓIDE DE
CISTO DA SOJA DETECTADAS NO MUNICÍPIO DE JATAÍ/GO E
PROXIMIDADES POR HOSPEDEIROS DIFERENCIADORES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitopatologia, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Maria Amelia dos Santos

Co-orientador

Prof^o. Dr. Jonas Jäger Fernandes

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

ADRIANA FIGUEIREDO

CARACTERIZAÇÃO DE TIPO E RAÇA DE POPULAÇÕES DO NEMATÓIDE DE
CISTO DA SOJA DETECTADAS NO MUNICÍPIO DE JATAÍ/GO E
PROXIMIDADES POR HOSPEDEIROS DIFERENCIADORES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitopatologia, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de fevereiro de 2008.

Prof^o. Dr. Jonas Jäger Fernandes
(co-orientador)

UFU

Prof^o. Dr. Césio Humberto de Brito

UFU

Prof^a. Dr^a. Clélia Aparecida Iunes Lopera

UEMG

Prof^a. Dr^a. Maria Amelia dos Santos
ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- F475c Figueiredo, Adriana, 1981-
Caracterização de tipo e raça de populações do nematóide de cisto da soja detectadas no município de Jataí/GO e proximidades por hospedeiros diferenciadores / Adriana Figueiredo. - 2008.
53 f. : il.
- Orientadora: Maria Amelia dos Santos.
Co-orientador: Jonas Jäger Fernandes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.
1. Soja - Doenças e pragas - Teses. 2. Nematóide de cisto da soja - Teses. I. Santos, Maria Amelia dos. II. Fernandes, Jonas Jäger. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 633.34:632

*Sonhar, apesar das decepções.
Caminhar, apesar dos obstáculos.
Lutar, apesar das dificuldades.
Confiar em DEUS, acima de tudo.*

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

Eu ofereço.

Dedico

Ao meu pai, André Luiz Figueiredo, pelo exemplo de vida e homem honesto.

À minha mãe, Lauren Aparecida da Silva Figueiredo, pela presença e apoio em todos os momentos e pela disposição em encarar a vida e ajudar a todos.

À minha irmã, Angélica Figueiredo, pela cumplicidade, apoio emocional e espiritual.

Ao meu namorado, André Luiz Raimundo Centenaro, pelo amor verdadeiro e incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter permitido que eu completasse mais uma etapa nesta caminhada.

Aos amigos do plano espiritual que, mesmo no anonimato, sempre estiveram iluminando minha caminhada e me ajudando a vencer as dificuldades desta vida.

À minha mais profunda gratidão a minha orientadora, Professora Maria Amelia dos Santos, por me proporcionar, além de uma rica experiência científica, uma visão mais ampla da vida com exemplos de profissionalismo, competência e dedicação, pela orientação segura, incentivo e confiança demonstrada no transcorrer destes anos.

Ao Professor Jonas Jäger Fernandes pela valiosa orientação, boas idéias, ótimos conselhos e pelo exemplo de dedicação ao ensino superior.

Aos professores do Instituto de Ciências Agrárias Césio Humberto de Brito, Marcus Vinícius Sampaio e Vera Lúcia Machado dos Santos – pelas cartas de apresentação, por ocasião do processo de seleção para este curso.

À banca examinadora deste trabalho, composta pelos professores Clélia Aparecida Iunes Lopera, Jonas Jäger Fernandes e Césio Humberto de Brito, pelas considerações e sugestões.

À minha família na terra, que me apóia e me fortalece a cada dia: aos meus pais, André Luiz e Laurení, pelo estímulo e apoio incondicional desde as primeiras horas; pela paciência e grande amizade com que sempre me ouviram, e sensatez com que sempre me ajudaram na realização de cada um dos meus sonhos... aos meus irmãos, Andréia, Hudson e, em especial a minha irmã Angélica pelo incentivo, amizade, apoio emocional e espiritual e torcida em todos (absolutamente todos) os momentos. A você minha irmã, MEU MUITO OBRIGADA... à todos os meus sobrinhos (que são muitos!), pela alegria, esperança e também pelo trabalho diário que me fez crescer e compreender que a vida vale à pena... à minha avó, Noemia Marques Figueiredo, que com sua presença, alegria e encanto proporcionou (e proporciona!) o incentivo necessário nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado, André Luiz, pelo amor, cumplicidade, incentivo e participação em todos os momentos. AMO VOCÊ!...

Ao amigo, Reinaldo de Oliveira França, pela grande amizade que construímos, pelo companheirismo e pelas ótimas conversas sempre animadoras.

Ao Laboratorista Aires Ney Gonçalves de Souza pela humildade, simplicidade e vontade de colaborar em qualquer circunstância.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo financiamento desta pesquisa.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 <i>Glycine max</i> , a espécie vegetal estudada	03
2.2 <i>Glycine max</i> , no Brasil	05
2.3 <i>Heterodera glycines</i> , o nematóide de cisto da soja	07
2.3.1 Origem e ocorrência	07
2.3.2 Biologia e ciclo de vida	09
2.3.3 Medidas para seu controle	11
2.3.4 Níveis de danos	13
2.3.5 Raças fisiológicas	15
2.3.6 Classificação em tipos	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Multiplicação das sementes dos hospedeiros diferenciadores	21
3.2 Teste de hospedeiros diferenciadores para diferenciação de tipos e raças de <i>H. glycine</i>	21
3.2.1 Obtenção das populações de <i>H. glycines</i>	22
3.2.2 Instalação e condução do ensaio	22
3.2.3 Obtenção do inóculo e inoculação	23
3.3 Avaliação da população de <i>H. glycines</i> dos hospedeiros diferenciadores	24
3.3.1 Avaliação da população de <i>H. glycines</i> no sistema radicular dos hospedeiros diferenciadores	24
3.3.2 Avaliação da população de <i>H. glycines</i> no solo do tubete dos hospedeiros	

diferenciadores	24
3.4 Temperaturas do ar no interior da casa de vegetação e do solo dos tubetes ...	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32
ANEXOS	42

RESUMO

FIGUEIREDO, ADRIANA. **Caracterização tipo e raça de populações do nematóide de cisto da soja detectadas no município de Jataí/GO e proximidades por hospedeiros diferenciadores.** 2008. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

A soja é a mais importante oleaginosa em produção sob cultivo extensivo no Brasil ocupando a segunda posição mundial de produção. Paralelamente à expansão da sojicultura no Brasil, houve também um aumento dos problemas fitossanitários, entre eles o nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952. A classificação dos fitoparasitos e em particular do NCS em raças, biotipos ou patotipos mediante a utilização de um sistema confiável, é fundamental para a busca de cultivares resistentes. Portanto, o conhecimento da diversidade genética do NCS de uma determinada região, é necessário para direcionar o programa de melhoramento para a obtenção de genótipos resistentes. O presente trabalho teve como objetivo a caracterização de raças e tipos do NCS do município de Jataí/GO por hospedeiros diferenciadores. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação em delineamento experimental inteiramente casualizado seguindo o esquema fatorial 10x9 (10 hospedeiros diferenciadores x 9 populações do nematóide) e seis repetições. A semeadura dos hospedeiros diferenciadores e das cultivares usadas como padrão de suscetibilidade e de resistência ocorreu em caixas de gerbox mantidas em estufa BOD por 5 dias a 25°C até a emissão da radícula. O transplante foi feito para tubetes plásticos preenchidos com uma mistura de solo+areia, na proporção de 1:2, fumigada previamente com brometo de metila. O inóculo foi preparado a partir de cada uma das 9 populações do NCS provenientes do município de Jataí/GO por meio da técnica da flutuação centrífuga em solução de sacarose e foi calibrado para conter 4000 ovos de *H. glycines* em 10 mL. A avaliação da população (número de cistos no solo + fêmeas na raiz) ocorreu 35 dias após inoculação. As reações dos hospedeiros diferenciadores foram determinadas com base no índice de fêmeas (IF), que foi calculado entre a razão do número médio de fêmeas e/ou cistos recuperados no hospedeiro diferenciador e do número médio de fêmeas e/ou cistos na cultivar Lee 74, multiplicado por 100. O IF foi usado para caracterizar a raça e o tipo. Os resultados obtidos mostram que das 9 populações do NCS provenientes da região de Jataí/GO encontraram-se 4 diferentes raças (3, 5, 6 e 15) e 6 tipos (0, 2.7, 2.3.5.7, 5.7, 6 e 7). A presença de mais de uma raça e tipo demonstra que haverá maior dificuldade na obtenção de cultivares resistentes ao nematóide para manejar áreas infestadas.

Palavras-Chave: *Glycine max*, *Heterodera glycines*, tipo, raça, nematóide de cisto da soja

¹Comitê Orientador: Maria Amelia dos Santos – UFU (Orientadora) e Jonas Jäger Fernandes - UFU. (Co-orientador).

ABSTRACT

FIGUEIREDO, ADRIANA. **Characterization of type and race of cyst nematode populations of the soybean detected in the council of Jataí/GO and close by differential hosts.** 2008. 39p. Uberlândia: UFU, 2008. 53p. Dissertation (Master Program Agronomy/Phytopathology) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹.

The soybean is the most important oleaginous in production under extensive cultivation in Brazil occupying the second position of world production. Alongside the expansion of soybeans culture in Brazil, there was also an increase in plant health problems, including that of the soybean cyst nematode, (NCS), *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952. The classification of the phytoparasitosis and particularly in the NCS races, or biotypes pathotypes using a reliable system is crucial to the search for resistant cultivars. Therefore, the knowledge of the genetic diversity of NCS in a particular region, it is necessary to direct the improvement programme obtain resistant genotypes. This work was aimed at the characterization of races and types of NCS the council of Jataí/GO by differentiators hosts. The test was conducted in a greenhouse in a completely randomized design following the factorial 10x9 (10 hosts differentiators of nematode populations x 9) and six repetitions. The sowing of the hosts differentiators and cultivars used as a pattern of susceptibility and resistance occurred in boxes of kept in BOD for 5 days at 25 °C until the issuance of roots system. The transplant was done to plastic tubes filled with a mixture of soil + sand, in the proportion of 1:2, previously fumigated with methyl bromide for. The inoculum was prepared from each of the 9 populations of the NCS from the municipality of Jataí/GO through the centrifuge technique of fluctuation in solution of sucrose and was calibrated to contain 4000 eggs of *H. glycines* in 10 mL. The assessment of the population (number of cysts in the soil in the root + females) occurred 35 days after inoculation. The reactions of the differentiators hosts were determined based on the rate of females (IF), which was calculated from the ratio of the average number of females and/or cysts recovered at the differential host and the average number of females and/or cysts in cultivating Lee 74 , multiplied by 100. The IF was used to characterize the race and type. The results show that from 9 populations of the NCS from the region of Jataí/GO were found to 4 different races (3, 5, 6 and 15) and 6 types (0, 2.7, 2.3.5.7, 5.7, 6 e 7). The presence of more than one race or type shows that there will be greater difficulty in obtaining cultivars resistant to the nematode to manage infested areas.

Keywords: *Glycine max*, *Heterodera glycines*, type, race, soybean cyst nematode

¹Guidance Committee: Maria Amelia dos Santos – UFU (Major Professor) and Jonas Jäger Fernandes

1 INTRODUÇÃO

Apesar de cultivada na China há vários milênios, a soja [*Glycine max* (Linnaeus, 1735) Merrill 1917] somente se disseminou por outras partes do mundo há cerca de trezentos anos. Na América, a primeira referência sobre o comportamento da soja foi feita no início do século XIX, na região da Pensilvânia, EUA, enquanto, no Brasil, o primeiro relato sobre o cultivo dessa leguminosa ocorreu no fim do século XIX (VERNETTI, 1977). Embora sua introdução no Brasil date do referido século, essa leguminosa não assumiu importância no consumo rapidamente, dada à ampla faixa de opções de grãos que o brasileiro já dispunha para a sua alimentação. O interesse concentrou-se na extração do óleo e na obtenção do farelo. Posteriormente, a farinha e a proteína texturizada foram sendo utilizadas para o enriquecimento de determinados produtos alimentícios (GÓES-FAVONI *et al.*, 2004).

Hoje, a soja é a mais importante oleaginosa em produção sob cultivo extensivo no Brasil. Produz mais proteína por hectare que qualquer outra planta conduzida nas mesmas condições e as qualidades como fonte de calorias fazem desta leguminosa o alimento básico potencial na luta contra o espectro da fome, que já se vislumbra em certas áreas densamente populosas e menos desenvolvidas. Dessa forma, a difusão do consumo de soja podem ser fundamentais para o suprimento alimentar diário de grande parte da população nas diferentes latitudes (BULBOVAS *et al.*, 2007).

A soja participa da economia de pequenas, médias e grandes empresas agrícolas do país e é o mais importante produto agrícola na pauta das exportações brasileiras. No Brasil, segundo colocado na safra 2006/2007, o complexo agroindustrial da soja movimentou US\$ 30 bilhões com produção de 58,39 milhões de toneladas em uma área plantada de 20,68 milhões de hectares. Na safra 2007/2008, estima-se que serão cultivados entre 21,2 e 21,9 milhões de hectares, indicando um crescimento entre 2,4% e 5,7%. Esse crescimento é devido, principalmente, aos bons preços de mercado, negociados em patamares bem mais elevados que em safras anteriores. Os Estados de Mato Grosso, maior produtor de soja, apresentou um crescimento entre 7% a 11%; Goiás e Mato Grosso do Sul um crescimento entre 2% e 5% em suas áreas de cultivo (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2007).

Paralelamente à expansão da sojicultura no Brasil, houve também um aumento dos problemas fitossanitários relativos a esta cultura, dentre eles o nematóide de cisto da

soja (NCS), *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, (MENDES; DICKSON, 1992). Seu grande potencial em causar prejuízos significativos e comprometer o solo onde a soja é cultivada fez com que ocupasse posição de destaque entre os vários patógenos que reduzem a produção dessa cultura (SILVA; SEDIYAMA; OLIVEIRA, 1999).

Nessas áreas, o cultivo de soja torna-se antieconômico se não forem adotadas medidas de controle (VALLE *et al.*, 1996).

A classificação dos fitoparasitos e em particular do NCS em raças, patótipos ou biótipos mediante a utilização de um sistema confiável, é a principal ferramenta para nematologistas, geneticistas e melhoristas que buscam cultivares resistentes. Portanto, o conhecimento da diversidade genética do NCS, de uma determinada região, é necessário para direcionar os caminhos a serem seguidos no desenvolvimento de genótipos resistentes e métodos de controle eficientes.

Vários métodos têm sido utilizados para caracterizar e/ou classificar geneticamente o NCS, como o uso de hospedeiros diferenciadores seguindo um sistema padrão que é o método tradicional, a utilização de técnicas moleculares (análise de proteínas e de DNA) e a análise morfológica com auxílio de microscopia eletrônica de varredura ou de transmissão. Desses métodos, o sistema padrão é o mais utilizado, embora seja trabalhoso e demorado. Apesar dos resultados obtidos com o método tradicional terem sido significativos no avanço do desenvolvimento genético das cultivares de soja resistentes ao NCS, estes estão sujeitos a uma série de variáveis, que podem comprometê-los qualitativamente como temperatura, preparo do inóculo e heterogeneidade das sementes (RIGGS; SCHIMITT; NOEL, 1988). Observa-se que as populações de NCS não são linhas puras, mas sim uma mistura de indivíduos com diferentes combinações gênicas, que podem ser afetados de diferentes maneiras por fatores externos, que podem favorecer determinados indivíduos e desfavorecer outros (ABDELNOOR *et al.*, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar tipos e raças de *H. glycines* do município de Jataí/GO e suas proximidades por meio de hospedeiros diferenciadores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Glycine max*, a espécie vegetal estudada

A espécie *Glycine soja* é considerada como o mais provável ancestral do qual *G. max* teria evoluído. Hymowitz (1970) sugere que pelo fato de *G. soja* e *G. max* serem ambas tetraplóides, acredita-se que a forma cultivada tenha derivado de *G. soja* pelo acúmulo de características qualitativas e quantitativas resultantes de mutações genéticas, sem que houvesse alteração no número cromossômico. O intercruzamento que ocorreu entre *G. soja* e *G. max* teria originado uma terceira espécie, também tetraplóide conhecida como *G. gracilis*.

Por outro lado, Fukuda citado por Hadley e Hymowitz (1973) propõe uma outra série de eventos para a evolução da soja como planta cultivada. Este autor baseia suas proposições nos seguintes fatos: a) *G. gracilis* é amplamente distribuída na Manchúria; b) um grande número de variedades de soja é encontrado nessa região e c) muitas destas variedades têm características primitivas. Porém, Hymowitz (1970) afirmou que o cultivo de soja na Manchúria é mais recente e, como resultado, após iniciar-se o plantio de *G. max* nessa região, teria ocorrido o cruzamento que originou *G. gracilis*.

Embora diferentes autores ainda discordem quanto ao local específico de onde a soja cultivada emergiu, todos concordam que a área de origem se localiza na região leste da Ásia. Vavilov (1951), por exemplo, ao estudar a origem das plantas cultivadas, localiza a soja nas regiões Central e Oeste da China. Hymowitz (1970) sugere que a soja tenha primeiro surgido no nordeste da China, por volta do século XVII a.C. As razões que o levaram a tal conclusão se encontram nos antecedentes da agricultura chinesa.

Segundo a tradição chinesa, o Imperador Shen Nung era o pai da Agricultura e da Medicina e governou a área que hoje é a região Central da China, onde se concentra a produção de trigo de inverno. Acredita-se que naquela época o povo era nômade e que o Imperador ensinou-lhes como arar e semear a terra. A mais antiga referência sobre soja na literatura seria a que consta no herbário Pen Tsáo Kang Mu, escrito pelo Imperador Shen Nung. No entanto, seis datas diferentes foram encontradas na literatura como sendo a data de aparecimento desse livro. As datas variam de 2838 a.C. a 2383 a.C. Por outro lado, a soja apareceria muitas vezes na literatura sem citações, como conhecida pelo homem por mais de 5.000 anos. Porém, em escavações arqueológicas realizadas no Norte da China, não foram encontrados vestígios de legumes. Assim, seria

de se questionar a validade de à soja serem atribuídos mais de quatro mil anos. Por isso, Chang e Watson postulam que somente as datas registradas na história depois de 814 a.C. sejam aceitas como as mais corretas (HYMOWITZ, 1970).

A fim de determinar a data de domesticação da soja, Hymowitz (1970) sugere o uso da palavra arcaica chinesa 'Shu', a qual é extraída do livro de Odes. O livro de Odes cobre o período entre os séculos XI e XII a.C., durante o reinado da casa real de Chou. Desde que a palavra 'Shu' aparece nesse livro, esta seria a indicação do surgimento da soja como planta domesticada durante a dinastia de Chou. Porém como vários e repetidos experimentos foram necessários, a fim de se domesticar com êxito a soja, é de se presumir que ela só foi cultivada pela primeira vez provavelmente durante a dinastia de Shang (1500-1027 a.C.), ou antes. Assim sendo, Hymowitz (1970) concluiu que a soja surgiu pela primeira vez como planta domesticada em alguma época por volta do século XI a.C., na metade do Norte da China.

Admitindo-se que a soja tenha surgido na China no século XI a.C., ela teria atingido, a partir dali, outros países do Oriente com o transcorrer dos séculos. Acredita-se que durante a dinastia de Chou, a soja tornou-se de grande importância, passando a ser cultivada no Sul da China, na Coreia, no Japão e no Sudeste da Ásia. Portanto, a região central da China foi provavelmente o centro genético primário da soja e por volta de 200 a.C., quando a população moveu-se para a Manchúria, formou-se nesta área o centro genético secundário (HYMOWITZ, 1970).

Probst e Judd (1973) sugerem que a forma cultivada teria sido introduzida do Norte da China na Coreia e, desta, ao Japão, no período de 200 a.C., e século III d.C. Uma segunda rota de dispersão poderia ter sido da região Central para o Sul da China e daí para o Sul do Japão, devido ao freqüente comércio entre China e Japão, séculos VI e VIII. Durante esse período, a soja era considerada como o mais importante legume cultivado e um dos 'Wu Ku', ou cinco grãos sagrados, dentre eles. o arroz, o trigo, a cevada e o milheto.

Após seu surgimento na China, a soja cultivada permaneceu no Oriente pelos dois milênios seguintes. Isto é atribuído ao fato da agricultura chinesa ser muito introvertida, de tal forma, muitos cultivos não saíram desta parte do mundo. Assim, a soja não atingiu o Ocidente até a chegada dos navios europeus no fim do século XV e começo do XVI (HARLAN, 1975). Porém, durante os quatros séculos que se seguiram, a soja permaneceu apenas como uma curiosidade no Ocidente. Somente no início do

século XX o intercâmbio de soja entre Ocidente e Oriente se expandiu, e ela cresceu em importância no mundo Ocidental.

Séculos antes da abertura dos portos às embarcações estrangeiras, a comercialização da soja ocorria entre a Manchúria e os portos do Sul da China (PROBST; JUDD, 1973). O comércio ao longo da costa era feito por meio de pequenas embarcações, sendo a produção trazida do interior em carretas ou por barcos através dos canais e rios (GRAY, 1936). No fim do século passado, a China, a Coréia e o Japão eram os principais produtores e consumidores de soja (FERRÉE, 1929). Até 1870, o comércio era centralizado na China, sendo a soja exportada da Manchúria para a China. Após 1870, vapores foram usados no transporte da soja. O governo Imperial Chinês também permitiu a migração do Norte da China para a Manchúria e, com o fluxo de milhões de agricultores para esta área, sua produção cresceu consideravelmente (GRAY, 1936). Assim no início do século XX, a Manchúria era o principal produtor de soja (PROBST; JUDD, 1973). Até 1904, o Japão era o maior importador. Em 1907, a Estrada de Ferro Newchwang ligou o interior da Manchúria em comunicação com o mar (BOWDIDGE, 1935). Também, devido à guerra Russo-Japonesa, novos mercados foram criados, assim como a produção foi incrementada para alimentar os exércitos. Como consequência, em 1907, o primeiro embarque de soja para o Ocidente foi efetuado e o destino foi a Inglaterra (GRAY, 1936).

2.2 *Glycine max*, no Brasil

Aparentemente, a primeira referência sobre soja no Brasil data de 1882, por intermédio de Gustavo D'Utra (D'UTRA, 1882), relatando seu cultivo no Estado da Bahia. Em 1908, imigrantes japoneses introduziram a soja em São Paulo e, em 1914, Graig, então professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, introduziu-a oficialmente no território gaúcho (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1974).

Nas décadas que se seguiram, ela continuou como cultura experimental em algumas instituições de pesquisa e, provavelmente, como planta hortícola entre os descendentes de imigrantes japoneses de 1946 a 1950. Dezenas de variedades foram cultivadas, para observar o comportamento, nas Estações Experimentais de Ponta Grossa (PR), São Simão (MG), Patos de Minas (MG), Sete Lagoas (MG), Pelotas (RS) e Lavras (MG) (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1951). Iniciou-se, também, sua cultura na zona colonial do Rio Grande do Sul e, em 1949 a quantidade já tinha

alcançado 18.704 toneladas, constituindo-se a primeira exportação de soja brasileira (KNIGHT, 1971). À medida que começavam a antever-se grandes possibilidades para a cultura, sentia-se a necessidade de desenvolvimento de variedades adaptadas às condições brasileiras. Por isso, em 1961, de um total de 31 experimentos do Ministério da Agricultura envolvendo soja, 23 destinavam-se ao estudo do comportamento de variedades (SCHUH, 1970). Ainda assim, em 1967, somente 20% da área de soja eram cultivadas com variedades melhoradas (KNIGHT, 1971).

Na década de cinquenta, a produção alcançava um nível tal que em 1958 já iniciava a operar no Rio Grande do Sul uma fábrica destinada à sua industrialização, com capacidade para 150 ton.dia⁻¹ (UDIVARI, 1976). Mas, o verdadeiro impulso na produção nacional de soja ocorreu na década de sessenta, quando partindo da lavoura colonial, iniciou-se o cultivo sucessivo trigo-soja no Rio Grande do Sul. A política governamental visando à expansão da cultura do trigo resultou, portanto, no incremento da área de produção de soja. Em consequência, partindo de participação de 0,5% da produção total do mundo nos anos de 1954 a 1958, o Brasil atingiu a fabulosa posição de quase 16% no ano de 1976 (VERMEER, 1976).

Como resultado desse fantástico desenvolvimento verificado na lavoura brasileira de soja, o País ocupa hoje uma posição de destaque mundial tanto na produção quanto na exportação dessa leguminosa. Um importante papel no progresso da soja no Brasil deve ser creditado, também e obviamente, aos diversos programas de melhoramento genético e experimentação agrícola, aonde técnicos brasileiros vêm desenvolvendo variedades melhoradas com altas produtividades e adaptadas às nossas condições agroclimáticas (COSTA *et al.*, 2004).

A soja é uma cultura mundialmente importante tanto pelos valores econômicos como nutricionais (YUE; SLEPER; ARELLI, 2001). Essa cultura tem apresentado, nas últimas décadas, uma taxa superior à taxa de crescimento populacional, ocupando lugar de destaque na alimentação humana e animal, nos cinco continentes, sendo, a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (BLACK, 2000).

No Brasil, a área cultivada com soja na safra 2007/2008 foi estimada em 21,87 milhões de hectares, 5,45% (1,19 milhão de hectares) superior à safra 2006/2007, que foi de 20,68 milhões de hectares. O aumento de área na safra 2007/2008 deveu-se aos altos preços do produto na época da implantação da cultura, levando o agricultor a buscar áreas mais produtivas e com investimentos em insumos. A produtividade média do País para esta safra será de 2,80 ton.ha⁻¹, ou seja, um incremento de 0,78% em

relação à safra 2006/2007 elevando a produção de 58,39 milhões de toneladas para 61,26 milhões de toneladas, ou seja, 3,15% superior à da safra anterior (CONAB, 2007).

Das 61,26 milhões de toneladas, a região Centro-Oeste produz 46,70%, (28,61 milhões de toneladas), seguido pela Sul com 38,16%, (23,38 milhões de toneladas), pela Sudeste com 6,64%, (4,07 milhões de toneladas), pela Nordeste com 6,49%, (3,98 milhões de toneladas), e pela região Norte com 1,78%, (1,09 milhão de toneladas) (CONAB, 2007).

Entre os produtos agrícolas que presentemente alimentam o mundo, a soja vem ocupando uma posição de destaque e extraordinária expansão, considerando sua recente introdução na agricultura ocidental como cultivo para produção de grãos. Apesar dos problemas e percalços que condições climáticas, pragas e doenças impõem à agricultura, o crescimento prossegue meteórico, com novas áreas de fronteiras expandindo-se por todos os continentes.

2.3 *Heterodera glycines*, o nematóide de cisto da soja

2.3.1 Origem e ocorrência

Heterodera Schmidt, 1871, juntamente com outros gêneros de nematóides formadores de cistos, como *Globodera* e *Punctodera*, constitui um dos grupos de fitopatógenos mais prejudiciais à agricultura mundial. Inicialmente, acreditava-se que as espécies de *Heterodera* fossem patógenos quase restritos às regiões temperadas da Europa e da América do Norte, porém hoje já se sabe que as cinquenta e sete espécies deste gênero encontram-se distribuídas em todo o mundo (CARES; BALDWIN, 1995). Algumas espécies como *H. sacchari* e *H. oryzae* são limitadas às regiões de clima quente (LUC, 1986), enquanto outras como *H. avenae*, *H. cruciferae*, *H. glycines* e *H. trifolii*, são amplamente distribuídas (BALDWIN; MUNDO-OCAMPO, 1991). A primeira espécie de *Heterodera* foi descrita na Alemanha por A. Schmidt em 1871, recebendo a denominação de *H. schachtii*. As demais espécies desse gênero, bem como as do gênero *Globodera*, foram inicialmente consideradas como raças de *H. schachtii*. Essa espécie devastou as lavouras de beterraba açucareira na Europa durante a segunda metade do século XIX (THORNE, 1961).

Há evidências de que a espécie *H. glycines*, tenha se originado no Oriente, onde historicamente a soja tem sido uma cultura importante, embora vários autores acreditem que este patógeno já ocorresse no Japão desde a segunda metade do século XIX

(BALDWIN; MUNDO-OCAMPO, 1991). No entanto, o primeiro relato ocorreu somente no Japão em 1915 (RIGGS, 1977), mas com base na descrição de sintomas, em publicações anteriores a esta data, alguns autores sugerem que este nematóide já ocorria na Região Centro-Norte do Japão desde 1881, causando a doença conhecida como ‘nanismo amarelo da soja’ (‘soybean yellow dwarf’) (ICHINOHE, 1961). Estudos sobre a morfologia e o círculo de hospedeiras no Japão apontaram o nematóide como sendo uma raça de *H. schachtii* especializada em atacar soja. Posteriormente, diferenças morfológicas consistentes levaram Ichinohe (1952) a descrever *H. glycines* como uma espécie distinta de *H. schachtii*, tendo *G. max* como hospedeira tipo, e Obhiro-shi, Hokkaido, Japão, como local tipo da espécie.

Nos Estados Unidos, o NCS foi detectado pela primeira vez no Estado da Carolina do Norte em 1954 (WINSTEAD; SKOTLAND; SASSER, 1955), sendo encontrado nos principais estados onde cultivava-se essa leguminosa (YOUNG, 1994). Acredita-se que o nematóide tenha sido introduzido por meio de bulbos vindos do Japão (RIGGS; SCHIMITT; NOEL, 1988) ou mesmo em amostras de solo vindas do Japão e da China, para estudos de *Rhizobium* em várias estações experimentais dos Estados Unidos, durante a segunda metade do século XIX (NOEL, 1992). Uma outra hipótese é a de que o *H. glycines* já existisse de forma endêmica parasitando várias plantas infestantes e só se tornou aparente após expressivo cultivo da soja (CARES; BALDWIN, 1995). Além dos países já citados, o NCS já teve sua ocorrência relatada no Egito, Colômbia, Java, Taiwan, Indonésia e Canadá.

No Brasil, esse nematóide foi encontrado na safra 1991/92 (LIMA; FERRAZ; SANTOS, 1992; LORDELLO; LORDELLO; QUAGGIO, 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992) nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul e, subsequentemente no Estado de Mato Grosso (MENDES; DICKSON, 1992). Mais tarde, o NCS, foi detectado nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná (SILVA, 1997). Atualmente, estima-se que mais de 2 milhões de hectares estejam infestados pelo NCS (ALZATE-MARIN *et al.*, 2005).

A origem deste nematóide no Brasil é desconhecida. É possível que já ocorresse em pontos isolados, em baixo nível populacional hospedando em plantas nativas e somente após vários anos de cultivo intensivo da soja, é que atingiu níveis populacionais elevados, capazes de causarem sintomas visíveis e ser detectado (MENDES; MACHADO, 1992). Sua área de predominância no Brasil é a região do Cerrado, onde a soja, com algumas exceções, é cultivada em monocultura (MENDES;

DICKSON, 1992). Especula-se também sua introdução por meio de agricultores retornando de viagens aos Estados Unidos ou do Japão; ou mesmo da Colômbia, onde foi detectado em 1983 (NOEL; MENDES, MACHADO, 1994).

2.3.2 Biologia e ciclo de vida

A espécie *H. glycines* encontra-se no Filo *Nemata*, Classe *Secernentea*, Subclasse *Diplogasteria*, Ordem *Tylenchida*, Subordem *Tylenchina*, Superfamília *Tylenchoidea*, Família *Heteroderidae*, Subfamília *Heteroderinae*, Tribo *Heteroderini* e Gênero *Heterodera* e tem como característica marcante a formação de cistos.

O cisto é o corpo da fêmea adulta morta, cheio de ovos, o qual, no final do ciclo de vida, torna-se um envoltório protetor, de cor marrom, altamente resistente (TAYLOR, 1971). As espécies deste gênero constituem três grupos: grupo *Schachtii*, com 25 espécies, incluindo *H. glycines*; grupo *Goettingiana* com 23 espécies; e o grupo *Avenae*, com nove espécies (BALDWIN; MUNDO-OCAMPO, 1991).

H. glycines tem ciclo de vida típico dos tilencóides, com as fases de vida compreendidas em ovo, quatro estádios juvenis, machos e fêmeas adultos, completando-se com a formação do cisto. Os ovos, no interior do cisto, sofrem embriogênese dando origem ao juvenil de primeiro estágio (J1). Este juvenil tem sua primeira 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. A penetração dos juvenis quase sempre ocorre na região de crescimento da ponta da raiz ou nos pontos de emergência das raízes secundárias, mas pode às vezes ocorrer em qualquer ponto da raiz, inclusive em ferimentos já existentes (WYSS; ZUNKE, 1986). Após a penetração, o juvenil estabelece o sítio de alimentação e continua seu desenvolvimento até atingir a fase adulta de macho ou fêmea (SCHIMITT; BARKER, 1985; TAYLOR, 1971). As fêmeas aumentam de volume, assumem o formato globoso, de coloração branca a amarelada, e permanecem fixadas à raiz, com o corpo exposto para o lado externo da raiz e a cabeça inserida na parte interna dos tecidos radiculares. Cada fêmea apresenta uma capacidade de produção de ovos que varia de 200-600 ovos, os quais são retidos no interior do seu corpo, embora alguns deles possam ser depositados na matriz gelatinosa que envolve externamente a parte posterior do seu corpo. Ao morrer, o corpo se transforma numa estrutura dura de coloração marrom escuro, cheia de ovos, altamente resistentes à deterioração, ao calor e à dessecação, denominada de cisto (SCHIMITT; NOEL, 1984; TAYLOR, 1971). Os ovos protegidos pelo cisto podem sobreviver oito anos ou mais.

O macho tem corpo alongado, passa para o solo e vai fertilizar as fêmeas. Existem evidências de que os machos são atraídos por feromônios em exsudatos na matriz gelatinosa, secretada através da vulva (CORDERO CLARK, 1989; GREEN, 1971). Vários machos podem ser atraídos por uma única fêmea, e cópulas múltiplas podem ocorrer caracterizando um elevado grau de variabilidade genética em um único cisto (TRIANANTAPHYLLOU; ESBENSHADE, 1990).

A proporção esperada entre machos e fêmeas do NCS é de 1:1. Entretanto, a taxa de nematóides recuperados de amostras de solo raramente é 1:1, devido à relação diferencial de morte entre machos e fêmeas (KOLIOPANOS; TRIANTAPHYLLOU, 1972). Isto ocorre porque os cistos permanecem viáveis no solo por um longo período, enquanto os machos têm vida efêmera (SCHIMITT; NOEL, 1984), e se desenvolvem mais rápido do que as fêmeas (SCHIMITT; RIGGS, 1989).

A duração do ciclo de vida é muito influenciada pela temperatura e umidade do solo. Considerando-se apenas a temperatura do solo durante a estação de cultivo da soja, o NCS atinge a maturidade no campo em três semanas, em temperaturas médias semanais variando de 22 a 29°C. Em temperaturas variando de 28 a 31 °C, o desenvolvimento pode ser mais rápido (SCHMITT; NOEL, 1984). Deste modo, é possível a ocorrência de três a seis gerações do nematóide em apenas um ciclo da soja (SCHMITT; BARKER, 1985). Porém, pouco ou nenhum desenvolvimento ocorre abaixo de 15°C ou acima de 33°C (SCHIMITT; NOEL, 1984).

A eclosão ocorre espontaneamente após os ovos terem passado por seu requerimento de diapausa ou período de repouso. Contudo, a eclosão é maior na presença da planta hospedeira, aparentemente devido aos estímulos proporcionados pelos exsudatos radiculares (KOENNING; SCHIMITT, 1985), e é influenciada pela temperatura, atingindo o máximo entre 24°C e 28°C (HAMBLEN; SLACK; RIGGS, 1972; SLACK; HAMBLEN, 1961). A diapausa permite que o *H. glycines* sobreviva durante o inverno melhor que muitas outras espécies de nematóides (SCHIMITT; RIGGS, 1989). Nos Estados Unidos, onde esta espécie é muito estudada, sabe-se que a sobrevivência durante o inverno normalmente é muito alta, próxima a 100%, em algumas regiões.

2.3.3 Medidas para seu controle

Nos últimos anos, a soja tem sido alvo de grandes esforços na área do melhoramento, sendo a resistência a doenças um objetivo prioritário. Segundo Yorinori *et al.* (1993), cerca de 35 patógenos atacam a soja no Brasil, sendo que o NCS constitui grave e limitante fator de obtenção do potencial desejado.

A importância dessa enfermidade reside não só no seu efeito negativo sobre a produção, mas também na impossibilidade prática de sua erradicação do solo. O NCS consegue sobreviver sob condições adversas, por meio da formação de cistos, o que torna a sua disseminação extremamente eficiente, pois esta ocorre por qualquer meio de dispersão de solo (YORINORI; GALERANI; GARCIA, 1994).

Nos Estados Unidos, apesar da existência de nematicidas e do controle biológico, a forma mais prática, eficiente e econômica de controle da doença é a combinação entre a rotação de culturas e a utilização de cultivares resistentes (EPPS; CHAMBERS, 1965). Anand *et al.* (1994) catalogaram 130 cultivares resistentes a diferentes raças do NCS. Porém, nenhuma era adaptada para o plantio comercial no Brasil. Além disso, o NCS possui grande variabilidade genética e as cultivares de soja usadas no Brasil eram suscetíveis na safra 1991/92.

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

Nos últimos anos foram lançadas várias cultivares resistentes ao nematóide de cisto da soja. A cultivar BRSMG Renascença, foi a primeira cultivar brasileira resistente ao NCS lançada em 1997 (ARANTES; KIIHL; ALMEIDA, 1999). No ano de 1998, a Embrapa Soja e seus parceiros lançaram as cultivares BRSMG Liderança e BRSMG Pintado. Posteriormente, foram lançadas várias cultivares resistentes ao NCS: BRS 231, BRS 262, BRS 263, BRS Invernada, BRS Jiripoca, BRS Piraíba, BRSGO Chapadões, BRS Iara, BRS Ipameri, BRS Raíssa, BRS 250 [Nobreza], BRS 251 [Robusta], BRS Liderança, BRSMT Pintado, CD 217, CS 801, FMT Cachara, FMT Matrinxã, FMT Tabanara, FMT Tucunará, Foster (IAC), M-SOY 7901, M-SOY 8001, M-SOY 8200,

M-SOY 8400, M-SOY 8757, NK412113, P98N71, P98N82 E V-MAX (EMBRAPA, 2006).

Apesar da existência de vários métodos que podem ajudar no controle do NCS, a maneira mais prática e econômica é o uso de cultivares resistentes. Sua adoção pelos agricultores é simples, barata e permite a eles continuar explorando a cultura, substituindo a cultivar suscetível por outra resistente. Entretanto obter uma cultivar resistente não é um processo simples e, no caso do NCS, a durabilidade da resistência não é muito grande, pois o patógeno apresenta grande variabilidade genética (MILLER, 1969; MILLER, 1971; RIGGS; HAMBLEN; RAKES, 1981; RIGGS; SLACK; HAMBLEN, 1968; ROSS, 1962). No Brasil, a variabilidade constatada é ainda maior, pois, apesar do patógeno ainda ter sofrido pouca pressão de seleção pelo uso de cultivares resistentes, já foram detectadas as raças 1, 2, 3, 4, 4⁺, 5, 6, 9, 10, 14 e 14⁺ (DIAS *et al.*, 1999b).

A base genética da resistência em soja ao NCS é complexa e ainda não bem entendida (ANAND; RAO-ARELLI, 1989; CAVINESS, 1992). Podem estar envolvidos um bloco de genes e/ou poucos genes com vários alelos (ANAND; RAO-ARELLI, 1989; CAVINESS, 1992; HANCOCK *et al.*, 1987; MANSUR; CARRIQUIRY; RAO-ARELLI, 1993). Análises de relacionamento genético indicam que os genes de resistência podem estar compartilhados entre diferentes fontes (RAO-ARELLI; ANAND, 1988) e que se trata de uma resistência quantitativa, pois, distribuições contínuas dos fenótipos, de zero a muitos cistos, têm sido observadas (MANSUR; CARRIQUIRY; RAO-ARELLI, 1993). Os primeiros estudos sobre herança da resistência da soja ao NCS, realizados com genótipos resistentes ‘Peking’, PI 90763 e PI 84751 e ‘Hill’ suscetível permitiram identificar três genes recessivos independentes para a resistência, *Rhg₁*, *Rhg₂* e *Rhg₃* (CALDWELL; BRIM; ROSS, 1960). Posteriormente, Matson e Williams (1965) encontraram em ‘Peking’, em adição aos genes recessivos, um gene dominante, *Rhg₄*. O gene dominante estava ligado à série *i*, que afeta a cor do tegumento da semente.

Das fontes de resistência ao NCS já identificadas, a PI 437654 é a única com resistência a todas as raças conhecidas (ANAND, 1985; ANAND; GALLO, 1984; RAO-ARELLI; ANAND; WRATHER, 1992). Como essa linhagem tem semente com tegumento preto e apresenta estabilidade e produtividades baixas, teve que ser melhorada. Assim, do seu cruzamento com ‘Forrest’, foi produzida a cultivar ‘Hartwig’ (ANAND, 1992). ‘Hartwig’, por apresentar resistência a todas as raças do NCS

conhecidas, tem sido utilizada em larga escala nos programas de melhoramento genético de soja. Entretanto, recentemente foram encontradas no Brasil duas populações do NCS (raças 4⁺ e 14⁺) com habilidade para parasitar essa cultivar, mas não a PI 437654 (DIAS *et al.*, 1998, 1999a). Estudos preliminares sugeriram haver ligação do loco *i* com locos de resistência a essas duas raças (KIIHL *et al.*, 1999). A existência de tal ligação precisa ser melhor investigada.

Em soja, como em outras culturas, marcadores moleculares de DNA vêm sendo usados com sucesso tanto no mapeamento de regiões genômicas associadas à QTLs, como é o caso da resistência ao NCS, quanto na seleção de genótipos portadores desses QTLs (ESPINDOLA, 2004; SÁ, 2004). Os marcadores moleculares mais usados no melhoramento da soja têm sido o RAPD e os microssatélites. Ambos são marcadores extremamente práticos, simples e requererem pequena quantidade de DNA, permitindo que dezenas de plantas sejam analisadas de uma só vez.

2.3.4 Níveis de danos

Quantificar danos causados por patógenos, com precisão, consiste numa das atividades essenciais à elaboração e implantação de programas de manejo integrado de doenças de plantas. No caso das fitonematoses, a relação quantitativa fundamental entre nematóides fitoparasitas e o crescimento e produção de culturas anuais é primariamente função da densidade populacional à época do plantio (BARKER; OLTHOF, 1976), sendo a estratégia básica usada para o manejo dos mesmos, a redução da população inicial (P_i), ou seja, aquela determinada à época de plantio de culturas anuais (BARKER; SCHMITT; IMBRINI, 1985).

Do ponto de vista econômico, os danos causados pelo NCS são inferiores apenas aos causados pelos nematóides formadores de galhas (CARES; BALDWIN, 1995).

H. glycines se destaca, pois além da soja, muitas espécies vegetais lhe servem de hospedeiras. Entre estas, estão feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1735), feijoeiro adzuki (*Vigna angularis* Linnaeus, 1735), feijoeiro caupi (*Vigna unguiculata* Linnaeus, 1735), ervilha (*Pisum sativum* Linnaeus, 1735.), outras leguminosas, plantas ornamentais, olerícolas e infestantes, de 11 famílias (RIGGS, 1992). Porém, a soja, é considerada a cultura de importância econômica mais prejudicada.

A dispersão do NCS é favorecida pela existência do cisto, o qual permite que os ovos permaneçam viáveis em condições adversas por mais tempo que outros grupos de nematóides poderiam suportar. Mesmo práticas de manejo cultural, como aplicações de

nematicidas e curtos períodos de rotação, efetivas no controle a outros nematóides, podem falhar para o NCS (CARES; BALDWIN, 1995).

A detecção do nematóide de cisto da soja, na região Central do Brasil, no início da década de noventa, caracterizou-se pela ocorrência de reboleiras, claramente definidas nas lavouras, onde as plantas apresentavam intenso subdesenvolvimento (LIMA; FERRAZ; SANTOS, 1992; LORDELLO; LORDELLO; QUAGGIO, 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992). As análises de solo dessas reboleiras revelaram a ocorrência de populações extremamente altas do NCS (ASMUS; ANDRADE, 1999; MENDES; MACHADO, 1992), comparativamente bem maiores que as observadas em outros países produtores de soja. No entanto, em muitas outras áreas onde a densidade populacional de NCS é baixa, podem ocorrer reduções significativas da produção sem que se observe a expressão típica dos sintomas da parte aérea (YOUNG, 1996) comuns em áreas com altas populações de NCS. Definir o nível populacional de dano passou a ser, desta forma, um importante objetivo das investigações da pesquisa nematológica mundial.

Em uma abordagem global, considerando os 10 principais países produtores de soja do mundo, os danos causados pelos nematóides, especialmente *H. glycines*, só são menores que os causados pela ferrugem asiática. Com base em levantamentos realizados em 1994 por Wrather *et al.* (1997), as perdas anuais eram de cerca de 3,5 milhões de toneladas.

Plantas de soja severamente atacadas pelo NCS apresentam sintomas típicos de acentuada clorose e intenso subdesenvolvimento da parte aérea. Esses sintomas são, em grande parte, devido à deficiência de nitrogênio resultante da supressão da nodulação pela bactéria simbiote *Bradyrhizobium japonicum* (HUANG; BARKER, 1983; HUANG; BARKER, 1984; KO; BARKER; HUANG, 1984; KO *et al.*, 1985; ROSS, 1969). Os mecanismos de supressão da nodulação e a conseqüente deficiência de nitrogênio em plantas de soja, crescendo em solos com altas populações de NCS, estão ligados basicamente a supressão da ligação *B. japonicum* e as raízes de soja devido à interferência do nematóide no metabolismo de lecitina que é necessária para a ocorrência da ligação (HUANG; BARKER, 1984); menor atividade da nitrogenase e menor conteúdo de leghemoglobina em nódulos de plantas infectadas (HUANG; BARKER, 1983) e desorganização dos tecidos nodulares e intenso acúmulo de grãos de amido e fitoferritina nos plastídeos das células dos tecidos centrais dos nódulos (KO *et al.*, 1985).

Alston *et al.* (1991) observaram que populações iniciais (P_i) de NCS moderadas a altas (a partir de 2800 ovos/500 cm³ de solo) resultaram em plantas com uma arquitetura da parte aérea mais aberta, permitindo que uma maior quantidade de energia fotossinteticamente ativa atingisse a superfície do solo, ocasionando um aumento da biomassa de plantas infestantes variável entre 63 e 92%. O efeito da interação entre o NCS, a competição da soja com plantas infestantes e o ataque de pragas mostrou ser aditivo (ALSTON *et al.*, 1993) e ocasionou, em média, o dobro dos danos causados pelo NCS isoladamente.

Mesmo sendo significativas as perdas causadas pelo NCS, a quantificação é difícil, principalmente porque parte delas são indiretas. As perdas indiretas podem ser devido a interações com outros patógenos, incluindo fungos, bactérias, que podem ser favorecidos por ferimentos causados pelos juvenis infectivos e/ou por mudanças fisiológicas induzidas na planta hospedeira pelo nematóide.

Fatores abióticos também podem estar associados a perdas indiretas causadas pelo NCS, uma vez que sintomas similares aos de deficiência nutricional e hídrica são frequentes, e sua expressão pode variar com a textura do solo, com o tipo do fertilizante em uso e com o pH (CARES; BALDWIN, 1995).

Steele (1984) demonstrou que a suscetibilidade ao calor e à seca pode ser aumentada com o ataque do nematóide. Em situações como as mencionadas, os custos com excedentes de fertilizantes e com água devem ser considerados nas avaliações de perdas pelo nematóide. Da mesma forma, os gastos com manejo visando à redução de perdas, devem ser levados em conta em tais avaliações. Devem ser consideradas até mesmo as perdas devido à rotação de culturas com o uso de cultivares menos rentáveis que a suscetível, ou mesmo com cultivares resistentes menos produtivas ou qualidade inferior.

Os danos causados pelo NCS, variam de deformações radiculares e necroses até a morte da planta. Apesar de algumas vezes serem drásticos os efeitos do ataque do NCS, ainda não se sabe ao certo como o nematóide induz o mau desenvolvimento de plantas (CARES; BALDWIN, 1995).

2.3.5 Raças fisiológicas

Para a identificação inter e intraespecífica dos nematóides, têm sido usado basicamente, quatro tipos de análises complementares. A análise morfológica (CASTAGNONE-SERENO, 1992; MANSO; TENENTE, 1994), seguida do uso de

hospedeiros diferenciadores em conjugação ou não com a análise morfológica (MANSO; TENENTE, 1994); a análise protéica, englobando eletroforese das proteínas totais ou de uma proteína específica (WILLIAMSON, 1991) e por fim a análise sorológica, fundamentada pelos testes de imunodifusão e de ELISA (MANSO; TENENTE, 1994; WILLIAMSON, 1991).

As populações de *H. glycines* no campo são geneticamente variáveis, sendo esta variabilidade genética demonstrada pela habilidade diferenciada das populações de NCS de se reproduzirem de maneira diferenciada em genótipos de soja (SILVA, 1997).

Um dos primeiros indicativos desta variabilidade genética do NCS foi percebido por Ross e Brim (1957) quando testaram toda a coleção de germoplasma americano de soja da época e encontraram vários acessos resistentes ao NCS. Com base nos resultados os autores instalaram uma série de experimentos com o objetivo de caracterizar essa variabilidade fisiológica entre populações de *H. glycines*. Para isso eles trabalharam com duas populações de NCS dos EUA, uma do Estado do Tennessee (TCN) e outra do Estado da Carolina do Norte (NCN) e dois genótipos de soja, a cultivar 'Lee' e a introdução de planta PI 88788. A PI88788 comportou-se como resistente tanto para a população da NCN quanto para a TCN, enquanto a cultivar 'Lee' foi suscetível às duas populações. Dessa forma os autores caracterizaram a existência de diferenças fisiológicas entre populações de NCS.

Ross (1962) também com o propósito de estudar a capacidade diferenciada de determinadas populações de NCS de se reproduzirem diferentemente em certos genótipos de soja concluiu que no campo, as populações de NCS são, portanto constituídas por indivíduos de diferentes raças, com predominância de uma delas.

Golden *et al.* (1970) propuseram que as raças poderiam ser distinguidas com a combinação das cultivares 'Pickett', 'Peking' e 'Lee' e das linhagens PI 90763 e PI 88788 (denominadas diferenciadoras), para comporem o teste de hospedeiros diferenciadores. A cultivar 'Lee' foi escolhida como padrão de suscetibilidade em função dos resultados obtidos por Ross e Brim (1957).

Dessa forma Golden *et al.* (1970) publicaram um esquema mostrando a caracterização das quatro raças até então existentes nos EUA. As raças foram diferenciadas com base na classificação de NÃO ou SIM, em cada uma das quatro diferenciadoras (Pickett, Peking, PI 90763 e PI 88788). Um SIM indicava que a razão entre o número de fêmeas desenvolvidas em uma dada diferenciadora e a cultivar 'Lee', dada em porcentagem, era $\geq 10\%$ do valor apresentado pela cultivar 'Lee'. Um NÃO

indicava que esse número era < 10%. De 1970 a 1988, apenas duas raças adicionais foram descritas (RIGGS; SCHMITT, 1988).

Niblack (1992) e Rao-Arelli, Anand e Wrather (1992) mostraram que aumentando o número de cultivares de soja como diferenciadoras e/ou usando outras espécies hospedeiras, aumentar-se-ia o número potencial de raças que poderiam ser identificadas. Entretanto Riggs e Schmitt (1988) preferiram propor a expansão completa do sistema desenvolvido por Golden *et al.* (1970) incorporando as seis raças até então conhecidas. Com essa expansão, usando as quatro diferenciadoras e substituindo, no procedimento de avaliação, o SIM por (+) e o NÃO por (-), poderiam ser caracterizadas 16 raças (Tabela 1). Para a avaliação, usaram o índice de fêmeas (IF) proposto por Riggs; Schmitt; Noel (1988), onde IF= [número médio de fêmeas e cistos da diferenciadora]/(número médio de fêmeas e cistos da cultivar 'Lee')] x 100. Para IF <10% = (-) e para IF ≥10% = (+).

TABELA 1. Sistema de caracterização de raças do NCS (*Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952) de acordo com Golden *et al.* (1970) e Riggs e Schmitt (1988), baseado no Índice de Fêmeas (IF)¹.

Raça	Reação sobre a diferenciadora			
	Pickett	Peking	PI 88788	PI 90763
1	-	-	+	-
2	+	+	+	-
3	-	-	-	-
4	+	+	+	+
5	+	-	+	-
6	+	-	-	-
7	-	-	+	+
8	-	-	-	+
9	+	+	-	-
10	+	-	-	+
11	-	+	+	-
12	-	+	-	+
13	-	+	-	-
14	+	+	-	+
15	+	-	+	+
16	-	+	+	+

IF¹ = [número médio de fêmeas + cistos na diferenciadora]/(número médio de fêmeas + cistos na cultivar 'Lee')] x 100, onde IF ≥10% = (+); IF <10% = (-)

O sistema proposto por Golden *et al.* (1970) foi considerado arbitrário e não estabelecia as condições nas quais os testes de caracterização de raças deveriam ser executados. Por isso, recebeu várias críticas, como o uso do termo raça; a regra dos 10%

para definir a resistência ou a suscetibilidade; a seleção das diferenciadoras; a existência de variabilidade dentro das populações e a variabilidade entre os testes de caracterização de raças (NIBLACK, 1992).

De acordo com Riggs, Schimitt e Noel (1988), outros problemas podem ocorrer no sistema de caracterização de raças do NCS como modo de preparo do inóculo, que pode afetar o número ou a atividade dos juvenis de segundo estágio no solo, o procedimento de extração do inóculo e a interação diferenciadoras x NCS. Nesse último caso, as diferenciadoras podem apresentar diferentes resultados, em função da variabilidade tanto do hospedeiro quanto do parasito. Uma padronização quanto à uniformidade do tamanho da plântula, preparo do inóculo e temperatura do solo foi proposta por Riggs e Schimitt (1991).

Com relação à série de diferenciadoras usadas no esquema proposto por Golden *et al.* (1970), têm sido citados alguns outros problemas, como o fato da cultivar ‘Pickett’ ter sido derivada da ‘Peking’ e não ter herdado todos os genes para resistência (TRIANANTAPHYLLOU, 1975) o que sem dúvida dificulta a existência das raças 11, 12, 13 e 16, pois nesse caso, a cultivar ‘Pickett’ se comportaria como resistente, enquanto ‘Peking’ seria suscetível. Além disso, os genótipos PI 88788 e PI 90763, que são resistentes ao NCS, podem apresentar variações dentro de suas linhagens. Um outro aspecto é a possibilidade da cultivar ‘Lee’ utilizada como padrão de suscetibilidade, apresentar algum tipo de resistência à algumas populações do NCS (RIGGS; SCHMITT; NOEL, 1988).

2.3.6 Classificação em tipos

Diversos procedimentos visando melhorar o sistema padrão ou tradicional foram sugeridos (RIGGS; SCHMITT; NOEL, 1988; RIGGS; SCHMITT, 1991; YOUNG, 1989). O protocolo sugerido por Riggs e Schmitt (1988), com pequenas modificações foi considerado padrão (SCHMITT; SHANNON, 1992) até que Niblack *et al.* (2002) propuseram um novo sistema de classificação em tipos para tratar de algumas críticas do sistema tradicional de raças. Esse novo sistema de classificação recebeu o nome de ‘HG Type’ que é derivado das iniciais do nome da espécie do nematóide (*Heterodera glycines*) e para evitar confusões taxonômicas é seguido da palavra ‘type’.

Na realização do teste são usadas atualmente sete PI's (*plant introductions*) e a cultivar ‘Lee 74’ como padrão de suscetibilidade (Tabela 2).

TABELA 2. Linhagens indicadoras usadas no teste ‘HG Type’ para a classificação do tipo do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952) de acordo com Niblack *et al.* (2002).

Tipo	Linhagens Indicadoras
1	Peking
2	PI 88788
3	PI 90763
4	PI 43764
5	PI 209332
6	PI 89772
7	PI 548316

IF¹ = [número médio de fêmeas + cistos na diferenciadora]/(número médio de fêmeas + cistos na cultivar ‘Lee’) x 100, onde IF ≥10% = (+); IF <10% = (-)

As diferenciadoras são bastante conhecidas por serem usadas nos programas de melhoramento genético de cultivares com resistência ao NCS. O novo padrão de suscetibilidade usado é Lee 74, por apresentar menor variância nos testes quando comparado a Lee 68 (NIBLACK; LAMBERT; TYLKA, 2006).

A classificação é feita com base no índice de fêmeas (IF) proposto por Riggs; Schimitt; Noel (1988), onde IF= [número médio de fêmeas e cistos da diferenciadora]/(número médio de fêmeas e cistos da cultivar ‘Lee’) x 100. Para IF <10% = (-) e para IF ≥10% = (+) e de acordo com as combinações de resultados a população vai sendo classificada em determinada (s) classe (s) de tipo (s).

Este novo método de classificação em tipos apresenta as seguintes vantagens: de poder se adaptar as necessidades com a inclusão de linhagens que são muito utilizadas como fonte de resistência no melhoramento genético da soja; a possibilidade de acrescentar outras linhagens, quando necessário; as regras para condução do teste; o uso prático da interpretação dos resultados e a relação com o teste padrão de classificação em raças (NIBLACK; LAMBERT; TYLKA, 2006).

Os resultados da classificação em tipo são bastante úteis para o manejo correto de cultivares, fornecendo mais informações sobre o potencial da população em adaptar-se ou causar pressão de seleção acarretando perda da resistência (NIBLACK; LAMBERT; TYLKA, 2006).

Em estudo para seleção de cultivares conduzido na Universidade de Illinois mostraram que a capacidade de reprodução do NCS na PI 88788 leva também a reprodução dessa mesma população em cultivares que possuem o mesmo gene de resistência da PI 88788 (ILLINOIS SOYBEANS ASSOCIATION, 2002; ILLINOIS SOYBEANS ASSOCIATION, 2005), no entanto, o nível de resistência de cultivares

desenvolvidas a partir de cultivares de soja com a mesma fonte de resistência varia muito, assim esta informação deve ser combinada com dados de produtividades (TYLKA; GEBHART; MARETT, 2003a,b) e com informações de densidades populacionais, a fim de otimizar a recomendação de uma determinada cultivar.

Embora o sistema de classificação em tipos resolva o problema da inclusão de um maior número de fontes de resistência ele sofre algumas das mesmas deficiências do teste padrão de classificação de raças como a padronização quanto à uniformidade do tamanho da plântula, preparo do inóculo e temperatura do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, tendo como suporte, o Laboratório de Nematologia Agrícola desta Instituição de Ensino Superior. O período de realização foi entre os meses de junho a setembro de 2007, com temperaturas médias variando de 33,9°C a 15,2°C.

3.1 Multiplicação das sementes dos hospedeiros diferenciadores

Sementes de oito tipos diferentes de hospedeiros diferenciadores (Pickett, Peking, PI 88788, PI 90763, PI 437654, PI 209332, PI 89772, PI 548316 e duas cultivares (Hartwig e Lee 74) foram enviadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo/EMBRAPA-Londrina/PR) para serem multiplicadas. A semeadura ocorreu em bandejas de isopor do tipo 128 células que foram preenchidas com substrato agrícola PLANTMAX[®] e levadas para a casa de vegetação para a germinação. Após 2-3 semanas, as plântulas com 10 -15 cm de altura foram levadas para a área experimental sob sombrite e transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 60 L que foram preenchidos com solo+areia+esterco bovino na proporção de 2:1:1. As plantas foram regadas diariamente e quinzenalmente, foi aplicada solução nutritiva de Hoagland (TUIITE, 1969) no solo de cada vaso, com algumas das seguintes modificações: os micronutrientes boro, cobre e molibdênio foram fornecidos nas quantidades de 0,88 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,99 g de $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e 2,6 g de $\text{H}_3\text{BO}_3 \text{ L}^{-1}$; e o ferro foi fornecido como EDTA-férrico na dose de 7,54 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. A coleta das vagens foi realizada com auxílio de uma tesoura e as sementes após serem removidas do interior das vagens foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em câmara fria do Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia com temperatura média de 14°C e umidade do ar de 53% ao longo dos meses de novembro de 2006 a junho de 2007.

3.2 Teste de hospedeiros diferenciadores para diferenciação de tipos e raças de *H. glycines*

3.2.1 Obtenção das populações de *H. glycines*

Cortes verticais e horizontais foram traçados no mapa do município de Jataí/GO e suas proximidades para a subdivisão em 17 microrregiões de uma área total de cultivo de soja de aproximadamente 200.000 ha. As 17 microrregiões foram denominadas de áreas 01 (08 amostras), 02 (14 amostras), 03 (11 amostras), 04 (29 amostras), 05 (21 amostras), 07 (22 amostras), 08 (21 amostras), 09 (23 amostras), 10 (22 amostras), 11 (22 amostras), 12 (09 amostras), 13 (24 amostras), 14 (04 amostras), 15/16 (31 amostras), 17 (23 amostras), 18 (14 amostras) e 20 (02 amostras). As amostras foram coletadas em reboleiras e em área total de plantio de soja abrangendo toda a região previamente estabelecida e para isto as propriedades foram divididas em talhões. Em cada talhão foi realizado o caminhamento em zigue-zague coletando-se, por meio de trado, de 10 a 15 amostras simples (500 g de solo e 10 g de raízes), ao longo da profundidade de 20 a 30 cm. Logo em seguida as amostras simples foram homogeneizadas e resultaram em uma amostra composta (1000 g de solo e 10 a 50 g de raízes). A amostra composta de cada área foi acondicionada em saco plástico e identificada quanto ao local, data de coleta, proprietário, nome da propriedade, cultura, cultivar e coordenadas GPS. Todas as amostras compostas foram enviadas ao Laboratório de Nematologia Agrícola e submetidas às técnicas de extração para caracterização das populações de fitonematóides. Das 309 amostras coletadas, 299 destas foram positivas em relação à presença de *H. glycines*, ou seja 96,7% do total de amostras, sendo que algumas áreas apresentaram destaque, ou seja, um número alto de cistos viáveis. Com base no maior número de cistos viáveis. 150cm^{-3} as áreas 02, 04, 05, 10, 12, 15/16, 17, 18 e 20 foram selecionadas para a execução do teste de hospedeiros diferenciadores para diferenciação de raças e tipos *H. glycines* (SILVA, 2007).

3.2.2 Instalação e condução do ensaio

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação em delineamento experimental inteiramente casualizado seguindo o esquema fatorial 10x9 (10 hospedeiros diferenciadores x 9 populações de *H. glycines*) e seis repetições no período de junho à julho de 2007.

A semeadura dos oito hospedeiros diferenciadores (Pickett, PI 548402 [Peking], PI 88788, PI 90763, PI 437654, PI 209332, PI 89772, PI 548316 [Cloud]) e das duas cultivares Hartwig e Lee 74 usadas como padrão de resistência e suscetibilidade, respectivamente, ocorreu em caixas de gerbox forradas com papel de filtro umedecido

com água destilada e deionizada. Em cada caixa de gerbox, 25 sementes foram dispostas de maneira equidistantes. Logo em seguida as caixas de gerbox foram colocadas em estufa BOD na temperatura de 25°C por um período de 5-7 dias até a emissão da radícula. O transplante foi feito para tubetes plásticos com dimensões de 5 cm de diâmetro, 25 cm de comprimento e volume de 200 cm³ que foram preenchidos com uma mistura de solo+areia, na proporção de 1:2, fumigada previamente com brometo de metila na dosagem de 40 cm³.m⁻³ e encaixados em sacos de polietileno preenchidos com areia. As plantas foram regadas diariamente; e semanalmente, após a inoculação, foi aplicada solução nutritiva de Hoagland (TUIITE, 1969) no solo de cada tubete, com algumas modificações já mencionadas no item 3.1.

3.2.3 Obtenção do inóculo e inoculação

O inóculo foi preparado a partir de cada uma das 9 populações de *H. glycines* provenientes do município de Jataí/GO e proximidades (Anexo A). As amostras entregues no Laboratório de Nematologia Agrícola foram processadas pela técnica do peneiramento e do papel de filtro, onde uma alíquota de 150 cm³ de solo foi adicionada a um recipiente contendo aproximadamente 2 L de água. Os torrões foram desmanchados para liberação dos nematóides presentes nos mesmos. Após essa homogeneização, a suspensão permaneceu em repouso por 15 s. Logo em seguida essa suspensão foi vertida em peneira de 20 mesh sobreposta a de 100 mesh. O resíduo retido na peneira de 20 mesh foi descartado e o da peneira de 100 mesh foi recolhido, com auxílio de uma piseta com água, para um copo de Becker. O resíduo (cistos + partículas de solo) da peneira de 100 mesh que foi recolhido no copo de Becker foi vertido em outra peneira de 100 mesh (própria para esmagamento) e esmagado com o fundo de um tubo de ensaio, tendo abaixo dessa, uma peneira de 500 mesh. Conforme ocorria o esmagamento, com auxílio de uma pisseta havia a adição de água para permitir a passagem dos ovos para a peneira de 500 mesh. O resíduo retido na peneira de 500 mesh foi recolhido com o auxílio de uma pisseta com água, para um copo de Becker. A suspensão resultante foi colocada em tubos de centrífuga que foram centrifugados por 5 min a 650 gravidades. Terminada a centrifugação, o sobrenadante foi descartado. Adicionou-se a solução de sacarose (454 g de açúcar para 1000 mL de água) ao resíduo e procedeu-se uma nova centrifugação por 1 min na mesma velocidade anterior. Os tubos foram retirados e o sobrenadante foi vertido em uma peneira de 500 mesh na posição inclinada e o excesso de sacarose foi lavado com água. O resíduo da

peneira foi recolhido para um copo de Becker, com o auxílio de uma pisseta com água. Essa técnica foi repetida várias vezes até que o volume de solo de todas as 9 amostras fosse completamente usado e conseqüentemente o número de ovos do nematóide em suspensão fosse suficiente para a inoculação do solo de todos os tubetes do experimento. A suspensão final foi avaliada com o auxílio de uma câmara de Peters ao microscópio óptico e calibrado para conter 400 ovos de *H. glycines*.mL⁻¹. Para a inoculação, foram abertos três orifícios com 2 cm de profundidade e distanciados a 2 cm da haste da plântula. Nestes três orifícios foram distribuídos 10 mL de suspensão calibrada do inóculo, que representou uma população inicial de 4000 ovos de *H. glycines*.tubete⁻¹.

3.3 Avaliação da população de *H. glycines* dos hospedeiros diferenciadores

A avaliação das nove populações de *H. glycines* dos hospedeiros diferenciadores foi realizada 35 dias após a inoculação.

3.3.1 Avaliação da população de *H. glycines* no sistema radicular dos hospedeiros diferenciadores

O sistema radicular foi separado do solo e logo em seguida foi colocado em peneira de 20 mesh sobreposta a uma de 100 mesh. O sistema radicular foi lavado cuidadosamente sob jatos de água corrente de torneira e simultaneamente alisado com a mão, para auxiliar no desprendimento de fêmeas. O material retido na peneira de 20 mesh foi descartado e o de peneira de 100 mesh foi recolhido para um copo de Becker, com o auxílio de uma pisseta com água. A suspensão foi vertida em um funil contendo papel de filtro dobrado em forma de cone e após a passagem de toda água, o papel foi levado ao microscópio estereoscópico, para a observação da presença de fêmeas e quantificação das mesmas.

3.3.2 Avaliação da população de *H. glycines* no solo do tubete dos hospedeiros diferenciadores

Todo o volume de 200 cm³ de solo do tubete foi adicionado a um recipiente contendo 2 L de água. Os torrões foram desmanchados para liberação dos cistos do nematóide. Após homogeneização, a suspensão permaneceu em repouso por 15s. Essa suspensão foi vertida em peneira de 20 mesh sobreposta a de 100 mesh. O resíduo da peneira de 100 mesh foi recolhido com auxílio de uma pisseta com água para um copo de

Becker. Essa suspensão foi vertida em um funil contendo papel de filtro dobrado em forma de cone. Após a passagem de toda água, o papel de filtro foi levado ao microscópio estereoscópio para contagem de cistos no solo.

As reações dos hospedeiros diferenciadores foram determinadas com base no índice de fêmeas (IF), proposto por Golden *et al.* (1970) em que o (IF) foi calculado entre a razão do número médio de fêmeas e/ou cistos recuperados no hospedeiro diferenciador e do número médio de fêmeas e/ou cistos na cultivar Lee 74, multiplicado por 100. O IF foi usado para caracterizar o tipo e a raça de cada população avaliada de acordo com Niblack *et al.* (2002) pela Figura 1 e Riggs e Schmitt (1988) pela Tabela 1.

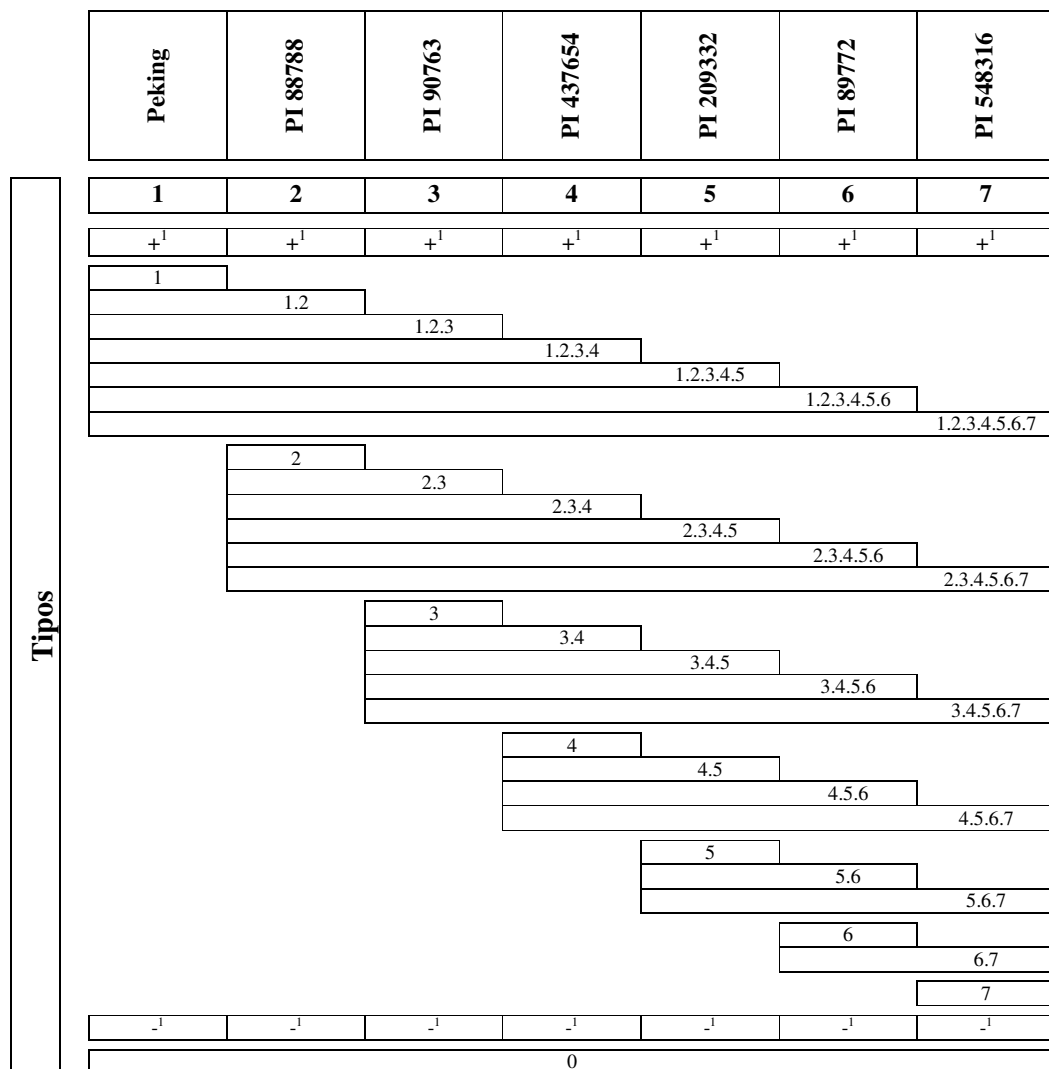


FIGURA 1. Organograma de caracterização de tipos do NCS (*Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952) de acordo com Niblack *et al.* (2002), baseado no Índice de Fêmeas [$IF^1 = (\text{número médio de fêmeas} + \text{cistos na diferenciadora}) / (\text{número médio de fêmeas} + \text{cistos na cultivar 'Lee'}) \times 100$, onde $IF \geq 10\% = (+)$; $IF < 10\% = (-)$].

TABELA 1. Sistema de caracterização de raças do NCS (*Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952) de acordo com Golden *et al.* (1970) e Riggs e Schmitt (1988), baseado no Índice de Fêmeas (IF)¹.

Raça	Reação sobre a diferenciadora			
	Pickett	Peking	PI 88788	PI 90763
1	-	-	+	-
2	+	+	+	-
3	-	-	-	-
4	+	+	+	+
5	+	-	+	-
6	+	-	-	-
7	-	-	+	+
8	-	-	-	+
9	+	+	-	-
10	+	-	-	+
11	-	+	+	-
12	-	+	-	+
13	-	+	-	-
14	+	+	-	+
15	+	-	+	+
16	-	+	+	+

IF¹ = [número médio de fêmeas + cistos na diferenciadora]/(número médio de fêmeas + cistos na cultivar 'Lee') x 100, onde IF ≥ 10% = (+); IF < 10% = (-)

TABELA 3. Correlação entre o sistema de caracterização de raças e tipos do NCS (*Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952).

Raça	Tipo
1	2
2	sc ¹
3	0
4	sc ¹
5	sc ¹
6	sc ¹
7	2.3
8	3
9	sc ¹
10	sc ¹
11	1.2
12	1.3
13	1
14	sc ¹
15	sc ¹
16	1.2.3

sc¹ – sem correlação entre raça e tipo

3.4 Temperaturas do ar no interior da casa de vegetação e do solo dos tubetes

Diariamente as temperaturas máxima e mínima do ar no interior da casa de vegetação e do solo dos tubetes foram anotadas para a realização dos cálculos de médias para o período do experimento.

As temperaturas médias máxima e mínima do ar foram de 33,9°C e 15,2°C, respectivamente e do solo dos tubetes foram de 26,7°C e 15,8°C, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações estudadas apresentaram 6 tipos e 4 raças diferentes (Tabela 4). Os tipos detectados foram 0, 2.7, 2.3.5.7, 5.7, 6 e 7 e as raças 3, 5, 6 e 15. A maior predominância foi do tipo 0 (4 áreas) sendo que para as 5 outras áreas todos os tipos foram diferentes entre si. Já para a caracterização em raças a predominância foi da raça 6 (4 áreas) e 3 (3 áreas) seguidas das raças 5 (1 área) e 15 (1 área).

Existe uma tendência de combinação de resultados entre tipos e raças, em função da equivalência entre o sistema de caracterização de tipos e raças, confirmando os resultados. Esta afirmação pode ser observada nas áreas 05 e 17 onde o tipo indicado 0 se equivale a raça 3, a mesma equivalência não pode ser confirmada para as áreas 4 e 15/16 onde o tipo 0 foi equivalente a raça 6, no entanto, este comportamento pode ser explicado pelo fato de não existir uma equivalência entre a raça 6 com nenhum tipo, pois o que define a raça 6 é um IF > 10% apenas no hospedeiro diferenciador Pickett que não está presente no sistema de caracterização em tipos.

Tabela 4. Caracterização de tipos e raças de populações do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) presentes no município de Jataí/GO e proximidades por meio de hospedeiros diferenciadores. Uberlândia, UFU, 2008.

Área	Tipo(s) ^{2*}	Raça ^{1*}	Município/UF	Coordenadas		Alt. ³
				x	y	
02	2.3.5.7	15	Jataí/GO	18° 00' 18,4"	52° 03' 00"	849
04	0	6	Serranópolis/GO	18° 09' 48,5"	51° 53' 83,7"	810
05	0	3	Jataí/GO	18° 06' 26"	51° 53' 21,9"	835
10	2.7	5	Perolândia/GO	17° 35' 39,1"	52° 14' 6,5"	887
12	6	3	Jataí/GO	17° 54' 10"	51° 37' 49,7"	809
15/16	0	6	Jataí/GO	ind ⁴	ind ⁴	850
17	0	3	Jataí/GO	17° 23' 28"	51° 54' 01"	980
18	5.7	6	Jataí/GO	17° 29' 45,1"	51° 55' 47,1"	873
20	7	6	Jataí/GO	18° 03' 46,3"	51° 37' 10,9"	657

¹ – caracterização de raças do NCS de acordo com Golden *et al.* (1970) e Riggs e Schmitt (1988)

² – caracterização do tipo '*HG Type*' do NCS de acordo com Niblack *et al.* (2002)

Alt³ – altitude em m

ind⁴ – informação não declarada

* - baseado no Índice de Fêmeas {IF= [(número médio de fêmeas + cistos na diferenciadora)/(número médio de fêmeas + cistos na cultivar 'Lee')] x 100}

Para os outros resultados não existe uma equivalência entre tipo e raça, pois na caracterização dos tipos 6, 7, 2.7 e 2.3.5.7 estão presentes hospedeiros diferenciadores que não participam da caracterização em raças, sendo impossível alguma correlação de resultados.

Apenas as raças 1, 3, 7, 8, 11, 12, 13 e 16 possuem correlação com tipos, sendo eles respectivamente 2, 0, 2.3, 3, 1.2, 1.3, 1 e 1.2.3 (Tabela 3).

Rocha, Anderson e Welacky (2004) estudando o efeito do tempo de avaliação na caracterização de raças e tipos de *H. glycines* observaram que o momento da avaliação resultou em diferentes identificações de raça e tipo para a mesma fonte de inóculo.

A variação do número médio de fêmeas sobre a cultivar Lee 74 (VNFC) (Anexo B) pode ter ocorrido em função da forma de preparo do inóculo, em que se extraíram predominantemente ovos e/ou juvenis de cistos e não de fêmeas, o que pode ter afetado a pronta capacidade infectiva dos juvenis de segundo estágio do inóculo. No entanto, essa variação era prevista em função do inóculo ser proveniente de 9 áreas com históricos diferentes. Pois de acordo com Riggs, Schmitt e Noel (1988), o procedimento de extração e preparo do inóculo pode afetar os resultados na caracterização da população.

Das dezesseis raças previstas pelo sistema de Riggs e Schmitt (1988), as raças 1, 2, 3, 4, 4⁺, 5, 6, 9, 10, 14 e 14⁺ já foram identificadas no Brasil (DIAS *et al.*, 2007). Noel, Mendes e Machado (1994) coletaram 15 populações de NCS em diferentes Estados brasileiros e encontraram as raças 4, 10 e 14 no Mato Grosso do Sul, as raças 3 e 14 em Goiás, a raça 3 em Minas Gerais, São Paulo e Paraná e a raça 6 no Rio Grande do Sul. A raça 10, obtida por Noel, Mendes e Machado. (1994) para o Estado do Mato Grosso do Sul, não foi confirmada por Wain e Silva (1996).

Ribeiro *et al.* (2006) em levantamento realizado na safra 2006/2007 no sudoeste goiano englobando os municípios de Jataí, Rio Verde e Mineiros detectaram as raças 3, 4, 6, 9 e 14. Sendo que no município de Jataí foram detectadas as raças 3 e 9, em Rio Verde as raças 3 e 6 e em Mineiros 4, 9 e 14.

Na safra anterior (2005/2006) em levantamento realizado nos municípios goianos de Rio Verde, Jataí, Montividiu e Morrinhos foram identificadas as raças 3 e 6 provenientes do município de Rio Verde, raça 3 de Montividiu, raças 3, 4, 6, 10 e 14 em Jataí e as raças 1 e 3 em Morrinhos (RIBEIRO *et al.*, 2006). Baumgratz *et al.* (2005) identificou para o município de Rio Verde as raças 3, 6 e 14; em Montividiu as raças 3 e 6 e em Jataí as raças 3, 10 e 14 na safra 2004/2005.

Na região do nordeste goiano em levantamento realizado na safra 2002/2003 nos municípios de Flores, Cabeceiras, Formosa, Planaltina, Água Fria, Niquelândia e São João d'Aliança, o NCS foi encontrado disseminado em 250 ha de dois campos no município de Cabeceiras cultivados com a cultivar Jataí e em 350 ha no município de Formosa cultivados com a cultivar Vitória (CARES *et al.*, 2003).

A presença de mais de um tipo e raça poderá dificultar a obtenção de cultivares de soja resistentes ao *H. glycines* para a região, bem como dificultar o manejo de lavouras infestadas.

A existência de mais de um tipo e raça sinaliza que as cultivares de soja utilizadas pelos agricultores das áreas estudadas exerceram significativa pressão de seleção sobre as populações de NCS existentes anteriormente.

Atualmente, cerca de 40 cultivares de soja resistentes ao NCS já estão disponíveis no Brasil. Entretanto, para os Estados de Goiás, do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, onde ocorrem várias espécies, existe carência de cultivares resistentes, uma vez que as cultivares disponíveis normalmente são resistentes às raças 1 e/ou 3. Mesmo para a raça 3, ainda não existe material resistente adaptado para todas as regiões de cultivo.

5 CONCLUSÕES

Os dados obtidos mostram que nas 9 populações do NCS provenientes da região de Jataí/GO e proximidades foram identificados 6 tipos (0, 6, 7, 2.7 e 2.3.5.7) ou 4 raças (3, 5, 6 e 15) diferentes.

REFERÊNCIAS

- ABDELNOOR, R. V.; DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; MARIN, S. R. R.; KIIHL, R. A.S. Caracterização molecular de populações do nematóide-de-cisto-da-soja com diferentes índices de parasitismo na cultivar Hartwig. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 331-337, 2001.
- ALSTON, D. G.; BRADLEY JR., J. R.; COBLE, H. D.; SCHMITT, D. P. Impact of population density of *Heterodera glycines* on soybean canopy growth and weed competition. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, n. 10, p. 1016-1018, 1991.
- ALSTON, D. G.; BRADLEY JR., J. R.; COBLE, H. D.; SCHMITT, D. P. Multiple pest interactions in soybean: effects on *Heterodera glycines* egg populations and crop yield. **Journal of Nematology**, College Park, v. 25, n. 1, p. 42-49, 1993.
- ALZATE-MARIN, A. L., CERVIGNI, G. D. L., MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 333-342, 2005.
- ANAND, S. C. Sources of resistance to the soybean cyst nematode. In: LAMBERTI, F.; TAYLOR, C. E. **Cyst nematodes**. New York: Plenum Press, 1985. p. 269-276.
- ANAND, S. C. Registration of 'Hartwig' soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 4, p. 1069-1070, 1992.
- ANAND, S. C.; GALLO, K. M. Identification of additional soybean germplasm with resistance to race 3 of soybean cyst nematode. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 68, n. 7, p. 593-595, 1984.
- ANAND, S. C.; RAO-ARELLI, A. P. Genetic analyses of soybean genotypes resistance to soybean cyst nematode race 5. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 5, p. 1181-1184, 1989.
- ANAND, S. C., SHARMA, S. B., RAO-ARELLI, A. P.; WRATHER, J. A. Variation in parasitic potential of *Heterodera glycines* population. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 6, p. 1452-1454, 1994.
- ARANTES, N.E.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A. Melhoramento genético visando à resistência. In: SILVA, J. F. V. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Artsigner, 1999. p. 105-117.
- ASMUS, G. L.; ANDRADE, P. J. M. Níveis de danos. In: SILVA, J. F. V. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Artsigner, 1999. p. 71-81.
- BALDWIN, J. G.; MUNDO-OCAMPO, M. Heteroderinae, cyst-and non-cyst forming nematodes. In: NICKLE, W.R. **Manual of Agricultural Nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 275-362.

- BARKER, K. R.; OLTHOF, T. H. A. Relationships between nematode population densities and crop responses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 14, p. 327-353, 1976.
- BARKER, K. R.; SCHMITT, D. P.; IMBRINI, J. L. Nematode population dynamics with emphasis on determining damage potential to crops. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. **An advanced treatise on Meloidogyne**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. p. 135-148.
- BAUMGRATZ, C.; CAMPOS, H. D.; SILVA, L. H. C.; CAMPOS, J. R.; NEVES, D. L.; NASCIMENTO, K. J. T. Levantamento de raças de nematóides *Heterodera glycines* no Sudoeste Goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 38., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: UNB, 2005. p. 697.
- BLACK, J. R. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 1-19.
- BOWDIDGE, E. **The soybean: it's history, cultivation (in England) and uses**. London: Oxford University Press, 1935. 83 p.
- BULBOVAS, P.; SOUZA, S. R. de; MORAES, R. M. de; LUIZÃO, F.; ARTAXO, P. Plântulas de soja 'Tracajá' expostas ao ozônio sob condições controladas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 641-646, 2007.
- CARES, J. E.; BALDWIN, J. G. Nematóides formadores de cistos do gênero *Heterodera*. In: LUZ, W.C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Gráfica UPF, 1995. v. 3. p. 29-84.
- CARES, J. E.; PAULA, M. S.; PEREIRA, A. L. B.; HUANG, S. P.; BRITO, D. F. Primeiro relato da ocorrência do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) no nordeste de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 36., 2003, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2003. p. 269.
- CALDWELL, B. E.; BRIM, C. A.; ROSS, J. P. Inheritance of resistance to soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, n. 10, p. 635-636, 1960.
- CASTAGNONE-SERENO, P. Evolution of molecular biology techniques in nematodes nuclear DNA characterization: results and prospects for identification and phylogeny. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBN, 1992. p. 8-9.
- CAVINESS, C. E. Breeding for resistance to soybean cyst nematode. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J. A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. 1. ed. St. Paul: APS PRESS, 1992. p. 143-156.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Avaliação da Safra Agrícola 2007/20087**: primeiro levantamento de intenção de plantio: outubro/2007. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 22 out. 2007.

- CORDERO CLARK, D. A. **Comparative morphology and development of the cone of *Heterodera glycines* and *Cactodera cacti***. 1989. 175f. Thesis (Ph.D. Thesis) - Univesity of California, Riverside, 1989.
- COSTA, M. M.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.
- DIAS, W. P.; RIBEIRO, N. R.; LOPES, I. O. N.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S.; SILVA, J. F. V. Manejo de nematóide na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NAMTOLOGIA, 27., 2007, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2007. p. 145.
- DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; KIIHL, R. A. S.; HIROMOTO, D. M.; ABDELNOOR, R. V. Quebra da resistência da cv. Hartwig por população de campo do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 971-973, 1998.
- DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; HIROMOTO, D. M.; KIIHL, R. A. S. Ocorrência de uma segunda população do nematóide de cisto da soja (NCS) “quebrando” a resistência da cv. Hartwig no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 1999a. p. 462.
- DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; WAIN, A. L.; PEREIRA, J. E. Distribuição de raças de *Heterodera glycines* no Brasil. In: SILVA, J. F. V. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Artsigner, 1999b. p. 95-103.
- D’UTRA, G. **Soja**. *Jornal Agrícola*, São Paulo, 13, 08/06/1882, 1882.
- EMBRAPA. **Anteprojeto de implantação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja**. Brasília: CENARGEN, 1974, 113 p.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2006**. Londrina: Embrapa Cerrados e Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, 220 p.
- EPPS, J. M.; CHAMBERS, A. Y. Populations dynamics of *Heterodera glycines* under various cropping sequences in field binds. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 55, p. 100-103, 1965.
- ESPINDOLA, S. M. C. G. **Seleção assistida por marcadores moleculares em soja para resistência ao fitonematóide *Heterodera glycines* raça 3**. 2004. 43p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.
- FERRÉE, C. J. **The Soya Bean and the New Soya Flour**. London: Medical Book, 1929. 79 p.
- GÓES-FAVONI, S. P. de.; DEL PINO BELÉIA, A. D. P.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Isoflavonas em produtos comerciais de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 582-586, 2004.

- GOLDEN, A. M.; EPPS, J. M.; RIGGS, R. D.; DUCLOS, L. A.; FOX, J. A.; BERNARD, R. L. Terminology and identity of intraspecific forms of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 54, n. 7, p. 544-546, 1970.
- GRAY, G. D. **All about the Soybean**. London: John Bale, Sons and Danielson, 1936. 140 p.
- GREEN, C. D. Mating and finding behaviour of plant nematodes. In ZUCKERMAN, B. M.; MAI, W. F.; RHODE, R. A. **Plant parasitic nematodes**. New York: Academic Press, 1971. p. 247-266.
- HADLEY, H. H.; HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. In: CALDWELL, B. E. **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p. 97-116.
- HAMBLEEN, M. L.; SLACK, D. A.; RIGGS, R. D. Temperature effects on penetration and reproduction of soybean-cyst nematode. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 62, p. 762-762, 1972.
- HANCOCK, J. A.; HANCOCK, F. G.; CAVINESS, C. E.; RIGGS, R. D. Genetics of resistance in soybean to 'race x' of soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 4, p. 704-707, 1987.
- HARLAN, J. R. **Crops and man**. Medison: ASA, CSS of AM, 1975. 295 p.
- HUANG, J. S.; BARKER, K. R. Influence of *Heterodera glycines* on leghemoglobins of soybeans nodules. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 73, p. 1002-1004, 1983.
- HUANG, J. S.; BARKER, K. R. Suppression of binding between rhizobia and soybean roots by *Heterodera glycines*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 74, p. 1381-1384, 1984.
- HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, Bronx, v. 24, p. 408-421, 1970.
- ICHINOHE, M. On the soybean nematode *Heterodera glycines* n. sp. from Japan. Oyo-Do-but-sogaku-Zasshi. **Magazine of Applied Zoology**, Paris, v. 17, p. 1-4, 1952.
- ICHINOHE, M. On the soybean nematode *Heterodera glycines*. **Hokkaiado Natl. Agr. Exp. Sta Rep.** v. 55, p. 1-77, 1961.
- ILLINOIS SOYBEAN ASSOCIATION. **Varietal Information Program for Soybeans**. Bloomington: ISA.2002. 64 p.
- ILLINOIS SOYBEAN ASSOCIATION. **Varietal Information Program for Soybeans**. Bloomington: ISA. 2005. 64 p.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 48, p. 652, 1964.

- KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; DIAS, W. P.; HIROMOTO, D. M. Herança da resistência à raça 4⁺ do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 1999. p. 514.
- KNIGHT, P.T. **Brazilian technology and trade:** a study of five commodities. New York: Praeger Publishers, 1971. 224 p.
- KO, M. P.; BARKER, K. R.; HUANG, J. S. Nodulation of soybeans as affected by half-root infections with *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, College Park, v. 16, n. 1, p. 97-105, 1984.
- KO, M. P.; HUANG, P. Y.; HUANG, J. S.; BARKER, K. R. Accumulation os phytoferritin and starch granules in developing nodules of soybeans roots infected with *Heterodera glycines*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, p. 159-164, 1985.
- KOENNING, S. R.; SCHIMITT, D. P. Hatching and diapause of field populations of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, College Park, v. 17, n. 4, p. 502-502, 1985.
- KOLIOPANOS, C. N.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Effect on infection density on sex ration of *Heterodera glycines*. **Nematologica**, Leiden, v. 18, p. 131-137, 1972.
- LIMA, R. D.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Heterodera* sp., em soja no Triângulo Mineiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1/2, p. 101-102, 1992.
- LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. QUAGGIO, J. A. *Heterodera* sp. Reduz produção de soja no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1/2, p. 67-68, 1992.
- LUC, M. Cyst nematodes in equatorial and hot tropical regions. In: LAMBERTI, F.; TAYLOR, C. E. **Cyst nematodes**. New York: Plenum Press, 1986. p. 355-372.
- MANSO, E. C.; TENENTE, R. V. Extração e identificação de fitonematóides. In: LUZ, W.C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. v. 2. Passo Fundo: Gráfica UPF, 1994. p. 265-291.
- MANSUR, L. M.; CARRIQUIRY, A. L.; RAO-ARELLI, A. P. Generation mean analysis of resistance to race 3 of soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 249-1253, 1993.
- MATSON, A. L.; WILLIAMS, L. F. Evidence of fourth gene for resistance to the soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 5, p. 477-477, 1965.
- MENDES, M. L.; DICKSON, D. W. *Heterodera glycines* found on soybean in Brazil. **Journal of Nematology**, College Park, v. 24, n. 4, p. 506-506, 1992.
- MENDES, M. L.; MACHADO, C. C. **Levantamento preliminar da ocorrência do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992. 5 p.

- MILLER, L. I. Physiologic variation of five isolates of the soybean cyst nematode. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 59, p. 1558-1558, 1969.
- MILLER, L. I. Physiologic variation within the Virginia-2 population of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, College Park, v. 3, n. 4, p. 318-318, 1971.
- MONTEIRO, W. A.; MORAIS, S. R. A. C. Ocorrência do nematóide do cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1/2, p. 101-101, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Atividades do Ministério da Agricultura 1946-1950**. Rio de Janeiro, 1951. 87 p.
- NIBLACK, T. L. The race concept. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. 1. ed. St. Paul: APS PRESS, 1992. p. 73-85.
- NIBLACK, T. L.; ARELLI, P. R.; NOEL, G. R.; OPPERMAN, C. H.; ORF, J. H.; SCHIMMITT, D. P.; SHANNON, J. G.; TYLKA, G. L. A revised classification scheme for genetically diverse population of *Heterodera glycines*. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 34, n. 4, p. 279-288, 2002.
- NIBLACK, T. L.; LAMBERT, K., N., TYLKA, G. L. A model plant pathogen from the kingdom Animalia: *Heterodera glycines*, the soybean cyst nematode. **Journal of Nematology**, College Park, v. 44, p. 283-303, 2006.
- NOEL, G. R. History, distribution and economics. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. 1. ed. St. Paul: APS PRESS, 1992. p. 1-13.
- NOEL, G. R.; MENDES, M. L.; MACHADO, C. C. Distribution of *Heterodera glycines* races in Brazil. **Nematropica**, Bradenton, v. 24, n. 1, p. 63-68, 1994.
- PROBST, A. H.; JUDD, R. W. Origin, U.S. History and Development, and World Distribution, In: CALDWELL, B. E. **Soybeans: improvement, productions and uses**. Madison: ASA, 1973. p. 1-15.
- RAO-ARELLI, A. P.; ANAND, S. C. Genetic relationships among soybean plant introduction for resistance to race 3 of soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 4, p. 650-652, 1988.
- RAO-ARELLI, A. P.; ANAND, S. C.; WRATHER, J. A. Soybean resistance to cyst nematode race 3 is conditioned by an additional dominant gene. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 5, p. 862-864, 1992.
- RIBEIRO, G. C.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C.; SILVA, L. H. C. P.; NUNES JÚNIOR, J. Distribuição de raças de *Heterodera glycines* no Estado de Goiás, safra 2005/2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 39., 2006, Salvador. **Anais...** Salvador, 2006. p. 722.

- RIGGS, R. D. Host range. In: RIGGS, R. D.; WRATHER, J. A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. 1^a ed. St. Paul: APS PRESS, 1992. p. 107-114.
- RIGGS, R. D. Worldwide distribution of soybean-cyst nematode and its economic importance. **Journal of Nematology**, College Park, v. 9, n. 1, p. 34-39, 1977.
- RIGGS, R. D.; SCHIMMITT, D. P. Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, College Park, v. 20, n. 3, p. 392-395, 1988.
- RIGGS, R. D.; HAMBLEEN, M. L.; RAKES, L. Infra-species variation in reactions to hosts in *Heterodera glycines* population. **Journal of Nematology**, College Park, v. 13, n. 2, p. 171-179, 1981.
- RIGGS, R. D.; SLACK, D. A.; HAMBLEEN, M. L. New biotype of soybean cyst nematode. **Arkansas Farm Research**, Fayetteville, v. 17, n. 1, 11-11, 1968.
- RIGGS, R. D.; SCHMITT, D. P. Optimization of the *Heterodera glycines* race test procedure. **Journal of Nematology**, College Park, v. 23, n. 2, p. 149-154, 1991.
- RIGGS, R. D.; SCHIMMITT, D. P.; NOEL, G. R. Variability in races tests with *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, College Park, v. 20, n. 4, p. 565-572, 1988.
- ROCHA, M. R.; ANDERSON, T.; WELACKY, T. Effect of harvest timing on *Heterodera glycines* race and HG Type characterization. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 167-171, 2004.
- ROSS, J. P. Physiological strain of *Heterodera glycines*. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 46, n. 11, p. 766-769, 1962.
- ROSS, J. P. Effect of *Heterodera glycines* on yields of nonnodulating soybeans grown at various nitrogen levels. **Journal of Nematology**, College Park, v.1, n. 1, p. 40-42, 1969.
- ROSS, J. P.; BRIM, C.; A. Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 41, p. 923-924, 1957.
- SÁ, M. E. L. **Mapeamento de QTLs associados à resistência em soja aos fitonematóides *Heterodera glycines* e *Meloidogyne incognita***. 2004. 136p. Dissertação (Doutorado em Genética e Bioquímica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.
- SCHIMMITT, D. P.; BARKER, K. R. **Plant-parasitic nematodes on soybean in North Carolina**. North Carolina: The North Carolina Agricultural Extension Service, 1985. 8 p.

- SCHIMTII, D. P.; NOEL, G. R. Nematodes parasites of soybean. In: NICKLE, W.R. **Plant and insect nematodes**. New York: Marcel Dekker, 1984, p. 13-59.
- SCHIMTII, D. P.; RIGGS, R. D. Population dynamics of *Heterodera glycines* in the Southeastern United States. In: SCHIMTII, D. P.; RIGGS, R. D. **Variability and population dynamics of roots-knot and cyst in the Southern Region of the United State**. Texas: The Texas A & M University System, 1989. p. 1-7.
- SCHIMTII, D. P.; SHANNON, G. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 275-277, 1992.
- SCHUH, G. E. **The Agricultural Development of Brazil**. New York: Praeger Publishers, 1970. 456 p.
- SILVA, A. T. **Estudo da variabilidade genética do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinoe, 1952) por meio de marcadores RAPD e hospedeiros diferenciadores**. 1997. 61f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.
- SILVA, F; G. **Levantamento de nematóides parasitos de soja e milho no município de Jataí/GO**. 2007. 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- SILVA, J. A. L. da; SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. D. L. Avaliação da reação da variedade de soja MG/BR-Renascença às raças 3, 4, 6 e 10 do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichiniche, 1952). **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 24-33, 1999.
- SLACK, D. A.; HAMBLIN, M. L. The effect of various factors on larval emergence from cysts of *Heterodera glycines*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 51, p. 350-355, 1961.
- STEELE, A. E. Nematode parasites of sugar beet. In: NICKLE, W. R. **Plant and insect nematodes**. New York: Marcel Dekker, 1984. p. 507-569.
- TAYLOR, A. L. **Introduction to research on Nematology**: An FAO guide to the study and control of plant-parasitic nematodes. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1971, 113 p.
- THORNE, G. **Principles of Nematology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1961. 553 p.
- TRIANAPHYLLOU, A. C. Genetic structure of races of *Heterodera glycines* and inheritance of ability to reproduce on resistant soybeans. **Journal of Nematology**, College Park, v. 7, n. 4, p. 356-364, 1975.
- TRIANAPHYLLOU, A. C.; ESBENSHADE, P. R. Demonstration of multiple mating in *Heterodera glycines* with biochemical markers. **Journal of Nematology**, College Park, v. 22, n. 4, p. 452-456, 1990.

- TUITE, J. **Plant pathological methods: fungi and bacteria.** Minneapolis: Burgess, 1969. 239 p.
- TYLKA, G. L.; GEBHART, G.D.; MARETT, C.C. **Iowa 2001 soybean cyst nematode-resistant soybean variety trial results.** Crop Manage. 2003a. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/sub/cm/trials/2001/soy/Tylka.xls>> Acesso em: 10 fev. 2008.
- TYLKA GL, GEBHART GD, MARETT CC. **Iowa 2002 soybean cyst nematode-resistant soybean variety trial results.** Crop Manage. 2003b. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/sub/cm/trials/2002/soy/Tylka.xls>> Acesso em: 10 fev. 2008.
- UDVARI, R. Papel econômico da soja na produção de alimentos industrializados no Brasil (isolados e concentrados). In: CONGRESSO SOJA BRASILEIRA: REALIDADES E PERSPECTIVAS. FEDERAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS DE TRIGO E SOJA LTDA, 1., 1976, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRS, 1976. p. 81.
- VALLE, L. A. C.; FERRAZ, S.; DIAS, W. P.; TEIXEIRA, D. A. Controle do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, com gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 1-11, 1996.
- VAVILOV, N. I. **The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants.** New York: The Ronald Press Company, 1951. 126 p.
- VERMEER, J. Governments Policies Affecting the Production, Marketing, and Prices of Soybeans. In: LOWELLD, H. **World Soybean Research.** Illinois: University of Illinois, 1976. p. 671-683.
- VERNETTI, F. de J. História e importância da soja no Brasil. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 81, p. 21-24, 1977.
- WAIN, A. L.; SILVA, J. F. V. Levantamento de raças de *Heterodera glycines* no Brasil. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 18, 1996, Uberlândia. **Anais...**Uberlândia:UFU, 1996. 14-18 p.
- WILLIAMSON, V. M. Molecular techniques for nematodes species identification. In: NICKLE, W. R. **Manual of Agricultural Nematology.** New York: Marcel Dekker, 1991. p. 107-123.
- WRATHER, J. A.; ANDRESON, T. R.; ARSYAD, D. M.; GAI, J.; PORTA-PUGLIA, A.; RAM, H. H.; YORINORI, J. T. Soybeans disease loss estimates for the top 10 soybeans producing countries in 1994. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, n. 1, p. 107-110, 1997.
- WINSTEAD, N. N.; SKOTLAND, C. B.; SASSER, J. N. Soybean cyst nematode in North Carolina. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 39, n. 1, p. 9-11, 1955.

- WYSS, U.; ZUNKE, U. Observations on the behavior of second stage juveniles of *Heterodera schachtii* inside host. **Revue de Nématologie**, Bondy, v. 9, n. 2, 153-165, 1986.
- YORINORI, J. T.; CHARCHAR, M. J. D.; NASSER, L. C. B.; HENNING, A. A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura da soja nos cerrados**. 1. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 333-397.
- YORINORI, J. T., GALERANI, P. R.; GARCIA, A. **Manejo da cultura para controle do nematóide de cisto da soja**. Londrina; EMBRAPA-CNPSO, 1994. 85 p. (Documento, 83).
- YOUNG, L. D. Changes in the *Heterodera glycines* females index as affected by Ten-year cropping sequences. **Journal of Nematology**, College Park, v.26, n. 4, p. 505-510, 1994.
- YOUNG, L. D. Yield loss in soybeans caused by *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, College Park, v. 28, n. 4, p. 604-607, 1996.
- YOUNG, L. D. Use of statistics in race determination tests. **Journal of Nematology**, College Park, v. 21, n. 4, p. 544-546, 1989.
- YUE, P.; SLEPER, D. A; ARELLI, P. R. Mapping resistance to multiples races of *Heterodera glycines* in soybean PI 89772. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 1589-1595, 2001.

6. ANEXOS

Anexo A – Descrição das amostras usadas na caracterização da variabilidade genética de populações de *Heterodera glycines* presentes no município de Jataí/GO e proximidades por hospedeiros diferenciadores. Uberlândia, UFU, 2008.

Área	Município/UF	Cistos de <i>H. glycines</i>		Cultura	Cultivar	Coordenadas		Altitude (m)
		CV ¹	CT ²			x	y	
02	Jataí/GO	661	1038	soja	CD 217	18° 00' 18,4"	52° 03' 00"	849
04	Serranópolis/GO	470	550	soja	Anta	18° 09' 48,5"	51° 53' 83,7"	810
05	Jataí/GO	719	819	soja	M-Soy 6101	18° 06' 26"	51° 53' 21,9"	835
10	Perolândia/GO	866	993	soja	M-Soy 6101	17° 35' 39,1"	52° 14' 6,5"	887
12	Jataí/GO	479	615	soja	M-Soy 6101	17° 54' 10"	51° 37' 49,7"	809
15/16	Jataí/GO	697	812	soja	Vencedora	Ind ³	ind ³	850
17	Jataí/GO	548	566	soja	M-Soy 6101	17° 23' 28"	51° 54' 01"	980
18	Jataí/GO	680	728	soja	MG/BR-46 Conquista	17° 29' 45,1"	51° 55' 47,1"	873
20	Jataí/GO	771	905	soja	Vencedora	18° 03' 46,3"	51° 37' 10,9"	657

CV¹ – número de cistos viáveis/150 cm³ de solo

CT² – número total de cistos/150 cm³ de solo (viáveis + não viáveis)

ind³ – informação não declarada

Anexo B – Média, desvio-padrão, variação de número de fêmeas sobre a cultivar Lee 74 e Índice de Fêmeas (IF) das amostras usadas para a caracterização da variabilidade genética de populações de *Heterodera glycines* presentes no município de Jataí/GO e proximidades por hospedeiros diferenciadores. Uberlândia, UFU, 2008.

Área	Município/UF	Média ²	Desvio-padrão	VNFC ³	Índice de Fêmeas (IF) ¹ em porcentagem sobre a diferenciadora Lee 74								
					Pickett	Peking	PI 88788	PI 90763	PI 437654	PI 209332	PI 89772	PI 548316	Hartwig
02	Jataí/GO	67,50	8,82	77-55	48,15 (+)	3,26 (-)	14,81 (+)	16,04 (+)	0,25 (-)	14,33 (+)	4,19 (-)	12,59 (+)	0,00 (-)
04	Serranópolis/GO	103,00	35,57	145-54	12,30 (+)	0,81 (-)	1,17 (-)	2,52 (-)	0,00 (-)	3,23 (-)	7,12 (-)	5,66 (-)	0,00 (-)
05	Jataí/GO	146,33	60,46	220-61	6,83 (-)	5,58 (-)	0,46 (-)	0,34 (-)	0,34 (-)	1,82 (-)	0,23 (-)	3,30 (-)	0,00 (-)
10	Perolândia/GO	60,67	18,25	81-36	118,26 (+)	2,47 (-)	12,08 (+)	7,70 (-)	0,00 (-)	9,07 (-)	2,47 (-)	12,64 (+)	0,00 (-)
12	Jataí/GO	53,00	21,21	82-31	8,49 (-)	0,94 (-)	6,92 (-)	2,21 (-)	1,89 (-)	5,34 (-)	19,19 (+)	6,92 (-)	4,72 (-)
15/16	Jataí/GO	17,33	19,55	57-6	31,74 (+)	1,90 (-)	5,77 (-)	7,67 (-)	0,00 (-)	1,90 (-)	2,89 (-)	2,89 (-)	4,79 (-)
17	Jataí/GO	130,50	64,00	240-52	0,64 (-)	0,38 (-)	0,13 (-)	0,77 (-)	0,25 (-)	0,13 (-)	1,15 (-)	0,64 (-)	0,13 (-)
18	Jataí/GO	24,00	18,54	48-9	134,04 (+)	0,00 (-)	8,33 (-)	9,71 (-)	0,00 (-)	22,92 (+)	0,83 (-)	27,08 (+)	21,88 (+)
20	Jataí/GO	51,17	49,22	142-12	24,43 (+)	2,29 (-)	0,64 (-)	7,48 (-)	0,00 (-)	5,53 (-)	1,62 (-)	12,06 (+)	5,22 (-)

¹ IF = [número médio de fêmeas + cistos na diferenciadora]/(número médio de fêmeas + cistos na cultivar Lee 74) x 100, onde IF ≥10% = (+); IF <10% = (-)

² Número médio de fêmeas + cistos sobre a cultivar Lee 74

³ Variação no número de fêmeas + cistos sobre a cultivar Lee 74