

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

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA DO PROGRAMA DE
MELHORAMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA AO FITONEMATÓIDE *Heterodera glycines*
RAÇA 3**

NÁDIA PAULA FERREIRA

2007

NÁDIA PAULA FERREIRA

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA AO FITONEMATÓIDE

Heterodera glycines RAÇA 3

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

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

NÁDIA PAULA FERREIRA

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA AO FITONEMATÓIDE
Heterodera glycines RAÇA 3

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 26 de fevereiro de 2007.

Prof. Dr. Césio Humberto de Brito

UFU

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

UEMG

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

UFU

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

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
2.1 Expansão e importância econômica da soja.....	04
2.2 Doenças da soja.....	06
2.3 O nematóide do cisto da soja.....	06
2.4 Biologia e ciclo de vida	07
2.5 Sintomas provocados pelo nematóide de cisto da soja.....	08
2.5.1 Sintomas na parte aérea das plantas de soja.....	08
2.5.2 Sintomas do sistema radicular.....	09
2.6 Disseminação do nematóide de cisto da soja.....	09
2.7 Raças de <i>Heterodera glycines</i>	09
2.8 Manejo do nematóide.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Localização do experimento.....	13
3.2 Condução do ensaio.....	13
3.3 Obtenção do inóculo e inoculação.....	14
3.4 Avaliação do ensaio.....	15
3.5 Análise estatística.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5 CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

RESUMO

FERREIRA, NÁDIA PAULA. **Reação de genótipos de soja do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia ao fitonematóide *Heterodera glycines* raça 3.** 2007. 27p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma planta milenar, sendo difícil estabelecer sua origem e sua história. A ocorrência de doenças na cultura da soja é um dos principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos. As variedades resistentes de soja constituem a ferramenta mais eficaz disponível para o manejo do nematóide de cisto da soja. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a reação de genótipos de soja do programa de melhoramento da UFU a raça 3 do fitonematóide *Heterodera glycines*. Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, com 25 tratamentos (vinte e quatro genótipos de soja da UFU e a cultivar de soja MG/BR 46 ‘Conquista’ como testemunha), com oito repetições. Foi feita a semeadura em bandejas de isopor, sendo uma semente por célula, e posteriormente as plântulas foram transplantadas para os vasos de cerâmica, com capacidade para 1,0 L, contendo mistura de areia e solo (proporção 2:1), previamente fumigada com brometo de metila. O ensaio foi conduzido com uma planta por vaso que foi inoculada com 4000 ovos do fitonematóide. A avaliação ocorreu 35 dias após a inoculação. O sistema radicular foi lavado para a retirada das fêmeas e o solo foi processado para extração de fêmeas e cistos. Das 24 linhagens testadas, UFU 502 mostrou-se moderadamente suscetível ao *Heterodera glycines* raça 3 e UFU 510, UFU 504 e UFU 512 comportaram-se como altamente suscetíveis ao fitonematóide. As demais linhagens foram suscetíveis.

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

Orientadora: Maria Amelia dos Santos – UFU.

ABSTRACT

FERREIRA, NÁDIA PAULA. **Reaction of soybean genotypes from Universidade Federal de Uberlândia's breeding program to the plant nematode *Heterodera glycines* race 3.** 2007. 27p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Soybean (*Glycine max* (L) Merrill) is an ancient plant, and its origin and history are hard to establish. The occurrence of diseases in this culture is one of the major limiting factors to high yields. Resistant soybean cultivars are the most effective tool available for soybean cyst nematode management. This study evaluated the reaction of soybean genotypes from UFU's breeding program to the plant nematode *Heterodera glycines* race 3. The trials were done in a greenhouse of the Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. The experimental design was completely randomized with 25 treatments (twenty four soybean genotypes from UFU and the cultivar MG/BR 46 'Conquista', as a control) with eight repetitions. The genotypes were seeded on Styrofoam trays, with one seed per cell; subsequently, the seedlings were transplanted to 1-L clay pots containing a mixture of sand and soil (2:1), previously fumigated with methyl bromide. The trial was done with one plant per pot, inoculated with 4000 nematode eggs. The evaluation was done 35 days after the inoculation. The root system was gently washed to remove the females, and the soil was processed for female and cyst extraction. Among the 24 genotypes evaluated, UFU 502 was moderately susceptible to *Heterodera glycines* race 3 while UFU 510, UFU 504 and UFU 512 were highly susceptible to the soybean cyst nematode. All other lines were susceptible.

Keywords: *Glycine max*, cyst nematode, resistance.

Supervisor: Maria Amelia dos Santos – UFU.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma planta milenar, sendo difícil estabelecer sua origem e sua história. Há relatos de que essa leguminosa já seria cultivada pelos chineses há cerca de cinco mil anos. Sua espécie mais antiga, a soja selvagem, crescia principalmente nas terras baixas e úmidas, junto aos juncos nas proximidades dos lagos e rios da China Central. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento (BLACK, 2000).

Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. As primeiras citações do grão aparecem no período entre 2883 e 2838 AC, quando a soja era considerada um grão sagrado, ao lado do arroz, trigo, cevada e milheto (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2002).

Na América, foi citada pela primeira vez, nos Estados Unidos, no início do século XIX, como promissora planta forrageira e produtora de grãos, tendo iniciado a sua expansão naquele país a partir de 1930. Essa expansão, em poucas décadas, foi um dos mais impressionantes fenômenos da história da agricultura norte-americana.

A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882 por Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia. Ele realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares norte americanas introduzidas. Em 1891, testes de adaptação de cultivares, semelhantes aos conduzidos por Dutra na Bahia, foram realizados no Instituto Agrônomo de Campinas, Estado de São Paulo (SILVA, 1999).

O primeiro registro de plantio de soja no Brasil data de 1914, no município de Santa Rosa, RS. Mas foi somente a partir dos anos 40 que ela adquiriu alguma importância econômica. Na década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando sua auto-suficiência nacional, a soja estabelece como cultura economicamente importante para o Brasil. Apesar do significativo crescimento da produção no decorrer dos anos 60, foi na década seguinte que a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro, passando de 1,5 milhões de ton (1970) para mais de 15 milhões de ton (1979). Esse crescimento ocorreu, não apenas pelo aumento da área plantada (1,3 para 8,8 milhões de hectares) mas, também, pelo expressivo incremento da produtividade (1,14 para 1,73 t.ha⁻¹), graças às novas

tecnologias disponibilizadas aos produtores pela pesquisa brasileira (BONATO; BONATO, 1987).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com 53,4 milhões de ton no ano agrícola 2005/2006, e uma produtividade média de aproximadamente 2.403 kg.ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2006). Para o ano de 2007, aguarda-se uma produção de 56,4 milhões de ton, com níveis de produtividade em cerca de 2.726 kg.ha⁻¹ (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007).

Como consequência de sua exposição a diversos ambientes, ocorreu aumento na incidência de doenças, tanto em número como em intensidade. Entre as mais graves, está aquela ocasionada pelo nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines* Ichinohe. O nematóide do cisto da soja foi detectado no Brasil na safra 1991/1992 (LIMA; FERRAZ; SANTOS, 1992) e tornou-se imediatamente uma grande ameaça à sojicultura nacional. Na safra 1999/2000, as doenças da soja foram responsáveis por prejuízos estimados em US\$ 1,39 bilhão. Desse montante, o nematóide de cisto da soja (NCS) foi responsável por um dano de US\$ 133,2 milhões (YORINORI, 2000).

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. O desenvolvimento de cultivares resistentes está entre as alternativas mais eficazes e econômicas para solucionar esses problemas, além de reduzir o impacto ambiental pela redução na utilização de insumos. Nos últimos anos, foram lançadas várias cultivares resistentes ao nematóide de cisto da soja. Em 1997, foi lançada a BRSMG Renascença, a primeira cultivar brasileira resistente ao NCS (ARANTES; KIIHL; ALMEIDA, 1999). No ano de 1998, a Embrapa Soja e seus parceiros, lançaram as cultivares BRSMG Liderança e BRSMT Pintado. Ainda em 1998, a Monsoy Sementes lançou as cultivares M-SOY 8001 e M-SOY 8400 (EMBRAPA, 1998). Recentemente, foram lançadas outras cultivares resistentes: BRSMG 251 (Robusta), resistentes ao tipo 3; FMT Tucunaré, FMT Caxara, FMT Matrinchã, BRS Piraíba, resistentes aos tipos 1 e 3; BRSGO Chapadões, resistente aos tipos 1, 3, 4, 5 e 14 e BRSGO Ipameri, resistente aos tipos 3 e 14, dentre outras (DIAS, 2003).

O presente trabalho visou contribuir com o Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia, avaliando genótipos de soja quanto à resistência ao nematóide do cisto da soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Expansão e importância econômica da soja

Muitos fatores contribuíram para que a soja se estabelecesse como importante cultura, primeiro no sul do Brasil (anos 60 e 70) e, posteriormente, nos Cerrados do Brasil central (anos 80 e 90). Alguns desses fatores são comuns a ambas as regiões, outros não. Dentre aqueles que contribuíram para seu rápido estabelecimento na Região Sul, destacam-se:

- * semelhança do ecossistema do sul do Brasil com aquele predominante no sul dos Estados Unidos, favorecendo o êxito na transferência e adoção de variedades e outras tecnologias de produção;
- * estabelecimento da “Operação Tatu” no RS, em meados dos anos 60, cujo programa promoveu a calagem e a correção da fertilidade dos solos, favorecendo o cultivo da soja naquele Estado, então o grande produtor nacional da oleaginosa;
- * incentivos fiscais disponibilizados aos produtores de trigo nos anos 50, 60 e 70 beneficiaram igualmente a cultura da soja, que utilizava, no verão, a mesma área, mão de obra e maquinário do trigo plantado no inverno;
- * mercado internacional em alta, principalmente em meados dos anos 70, em resposta à frustração da safra de grãos na Rússia e China, assim como da pesca da anchova no Peru, cuja farinha de peixe era amplamente utilizada na fabricação de rações, quando os fabricantes passaram a utilizar o farelo de soja;
- * substituição das gorduras animais (banha e manteiga) por óleos vegetais, mais saudáveis ao consumo humano;
- * estabelecimento de um importante parque industrial de processamento de soja, de máquinas e de insumos agrícolas, em contrapartida aos incentivos fiscais do governo, disponibilizados, tanto para o incremento da produção, quanto para o estabelecimento de agroindústrias;
- * facilidade de mecanização total da cultura;
- * o surgimento de um sistema cooperativista dinâmico e eficiente, que apoiou fortemente a produção, a industrialização e a comercialização das safras;
- * estabelecimento de uma bem articulada rede de pesquisa de soja envolvendo o poder público federal e estadual, apoiada financeiramente pela indústria privada;

* melhorias nos sistemas viário, portuário e de comunicações, facilitando e agilizando o transporte e as exportações;

Para o acelerado crescimento da soja no centro oeste brasileiro, destacam-se os seguintes fatores:

* construção de Brasília na região, determinando uma série de melhorias na infraestrutura regional, principalmente vias de acesso, comunicações e urbanização;

* incentivos fiscais disponibilizados para a abertura de novas áreas de produção agrícola, assim como para a aquisição de máquinas e construção de silos e armazéns;

* estabelecimento de agroindústrias na região, estimuladas pelos mesmos incentivos fiscais disponibilizados para a ampliação da fronteira agrícola;

* baixo valor da terra na região, comparado ao da Região Sul, nas décadas de 1960/70/80;

* desenvolvimento de um bem sucedido pacote tecnológico para a produção de soja na região, com destaque para as novas variedades adaptadas à baixa latitude do centro oeste;

* topografia altamente favorável à mecanização, favorecendo o uso de máquinas e equipamentos de grande porte, o que propiciou economia de mão de obra e maior rendimento nas operações de preparo do solo, tratamentos culturais e colheita;

* boas condições físicas dos solos da região, facilitando as operações do maquinário agrícola que compensaram, parcialmente, as desfavoráveis características químicas desses solos;

* melhorias no sistema de transporte da produção regional, com o estabelecimento de corredores de exportação;

* alto nível econômico e tecnológico dos produtores de soja do Brasil Central, oriundos, em sua maioria, da Região Sul, onde cultivavam soja com sucesso previamente à sua fixação na região tropical (EMBRAPA, 2004).

A soja é uma cultura mundialmente importante, tanto pelos valores econômicos, como nutricionais (YUE; SLEPER; RAO-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. É a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (BLACK, 2000).

De acordo com Agriannual (2006), na safra de 2005/06, os Estados Unidos produziram 78.000 milhões de ton, ficando em primeiro lugar na produção mundial de

soja, seguido do Brasil, com 62.000 milhões de ton, e Argentina, com 39.000 milhões de ton.

Do total mundial de produção das principais oleaginosas (soja, algodão, amendoim, colza, linho e palma), estimada em 280 milhões de ton, a soja participa com cerca de 56%, ou seja, aproximadamente 157 milhões de ton, sendo a leguminosa de maior expressão econômica no planeta, com teor de óleo compreendido entre 20 e 22% e apresentando alto teor de proteínas (AGRIANUAL, 2004).

2.2 Doenças da soja

A ocorrência de doenças na cultura da soja é um dos principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos em soja. Mais de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram identificadas no Brasil. Esse número continua aumentando com a expansão da soja para novas áreas e pela monocultura. A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em cerca de 15% a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (YORINORI, 2002).

A expansão de áreas irrigadas nos Cerrados tem possibilitado o cultivo da soja no outono/inverno. Esse cultivo aumenta o potencial de inóculo do nematóide do cisto da soja para a safra seguinte de soja (SILVA; GARCIA, 1997).

2.3 O nematóide do cisto da soja

O nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines*) foi primeiramente relatado no Japão, em 1915 (HORI, 1916), porém a primeira publicação ocorreu em 1938 (NAKATA; ASUYANAH, 1938). No continente americano, o nematóide foi identificado nos Estados Unidos, na Carolina do Norte, em 1954 (WINSTEAD et al., 1955). No Brasil, o nematóide do cisto da soja foi encontrado pela primeira vez na safra de 1991/1992, em Minas Gerais (LIMA; FERRAZ; SANTOS, 1992); Mato Grosso do Sul (MONTEIRO; MORAIS, 1992) e Mato Grosso (LORDELLO; LORDELLO; QUAGGIO, 1992). Posteriormente, foi detectado em Goiás (ANJOS; SHARMA, 1992).

É possível que já ocorresse no país, em plantas nativas localizadas em pequenos focos isolados, e em baixo nível populacional. É possível que também tenha sido introduzido no Brasil via semente ou outro meio que veicule solo aderente, proveniente de países onde o problema já ocorria há vários anos (MENDES; DICKSON, 1993).

Atualmente, o NCS já infesta mais de três milhões de hectares, em 103 municípios dos Estados de MT, MS, GO, MG, SP, PR, RS, TO, BA e MA (ALMEIDA et al., 2005).

2.4 Biologia e ciclo de vida

Pertencente à família Heteroderidae, o gênero *Heterodera* inclui espécies que se caracterizam pela formação de cistos. O cisto é o corpo da fêmea adulta morta, cheia de ovos o qual, no final do ciclo de vida, torna-se um envoltório protetor, de cor marrom, altamente resistente às condições adversas. O nematóide *Heterodera glycines* é uma espécie anfimítica, onde uma única fêmea pode atrair mais de um macho e por eles ser fecundada. Durante seu ciclo de vida, uma fêmea pode produzir de 200 a 600 ovos viáveis, dos quais alguns podem ser ovipositados e mantidos envoltos por uma matriz gelatinosa até a eclosão, enquanto os demais permanecem retidos no interior da fêmea madura que se transformará em cisto (CARES; BALDWIN, 1995).

O ciclo de vida desse nematóide apresenta ovo, juvenis e adultos (AGRIOS, 1997). Este ciclo varia de 21 a 24 dias à temperatura de 23 a 25°C, sendo, portanto, possíveis 4 a 5 gerações em um único cultivo de soja (TIHOHOD, 2000). Os juvenis de 2º estágio eclodem dos ovos, sendo os únicos capazes de infectar as raízes da soja. Os juvenis eclodidos, que não penetram nas raízes do hospedeiro e não começam a alimentar-se, morrem de fome ou então são predados ou parasitados pelos inimigos naturais. Após terem penetrado nas raízes, os juvenis movem-se dentro até encontrarem o tecido vascular. Lá param de mover-se, perdem a maioria dos músculos de seus corpos, e começam a alimentar-se. Para se alimentar, os nematóides injetam as secreções que modificam algumas células radiculares, transformando-as nos locais de alimentação especializados chamados sincítos ou sincícios (AGRIOS, 1997).

Durante a formação desses sincícios, os juvenis de segundo estágio tornam-se imóveis e sofrem mais três ecdises antes de se tornarem adultos. São, portanto, classificados como endoparasitos sedentários. Gradativamente, os juvenis, ao se desenvolverem, assumem o formato globoso das fêmeas. A fêmea, ao ser formada, rompe o córtex da raiz e emerge à superfície presa pela região anterior e expõe o restante do corpo, para que possa ser fecundada pelo macho adulto que está no solo, pois após a sua formação, o mesmo abandona a raiz e vai para o solo. No início, a coloração da fêmea é verde limão a creme, tornando-se caramelo a marrom com o passar dos dias (TIHOHOD, 2000). As fêmeas fertilizadas produzem e armazenam os

ovos no interior de seu corpo, sendo que parte deles (em média 200) pode ser liberada para fora do corpo, em meio a uma massa gelatinosa (FERRAZ; MONTEIRO, 1995).

A cavidade inteira do corpo da fêmea adulta torna-se cheia de ovos e a fêmea morre. É o corpo da fêmea morta cheio de ovos que é conhecido como cisto. Os cistos são desalojados das raízes e ficam no solo. As paredes do cisto tornam-se muito resistentes e fornecem a proteção para os 200 a 400 ovos ali contidos. Os ovos sobrevivem dentro do cisto até que as circunstâncias se tornem apropriadas para eclosão dos juvenis. Embora muitos dos ovos possam eclodir no primeiro ano, alguns também sobrevivem dentro dos cistos por muitos anos (AGRIOS, 1997).

2.5 Sintomas provocados pelo nematóide do cisto da soja

Os sintomas da infecção por nematóide de cisto da soja podem ser classificados em duas categorias: sintomas na parte aérea e sintomas no sistema radicular. Na parte aérea, os sintomas não são consistentes e pode haver ausência de sintomas por diversos anos, após a introdução do nematóide em uma lavoura. Os sintomas da parte aérea, quando presentes em uma lavoura, delimitam reboleiras circulares ou oblongas que variam de tamanho, podendo ocupar toda a lavoura. Quando os sintomas aparecem em um ponto localizado, os danos mais severos ocorrem geralmente no centro desse ponto. Estes sintomas inicialmente podem aparecer perto de uma entrada da lavoura, pela chegada da maquinaria da fazenda ou ao longo de uma linha da cerca onde o solo trazido pelo vento pode se acumular (YORINORI, 1997).

2.5.1 Sintomas na parte aérea das plantas de soja

Os sintomas da parte aérea, podem ser confundidos por danos devido à compactação; clorose devida a deficiência do ferro, ou outras deficiências nutricionais; stress hídrico; dano de herbicidas; ou outras doenças da planta. Frequentemente, as perdas de produtividade devido ao nematóide de cisto da soja não são percebidas durante os primeiros anos, devido a ausência de sintomas na parte aérea, ou porque os sintomas foram atribuídos a algum outro problema da produção de soja (CARES; BALDWIN, 1995).

As plantas apresentam-se amareladas, raquíticas e bem menos vigorosas. Adicionalmente, as fileiras de soja em lavouras infestadas frequentemente demoram a fechar as entrelinhas. As plantas que crescem em solos altamente infestados podem permanecer raquíticas durante toda a estação de crescimento.

Os sintomas dos danos do NCS na parte aérea não ocorrem sempre consistentemente, podendo variar de severo a inexistente. A intensidade dos sintomas é influenciada pela idade e pelo vigor das plantas da soja, pela densidade de população do nematóide no perfil do solo, pela fertilidade do solo e pela umidade, entre outras condições ambientais. Os danos do NCS geralmente são mais severos em solos arenosos, mas ocorrem prontamente em todos os tipos de solo (CARES; BALDWIN, 1995; KOENNING; ANAND; BALDWIN, 1988). Observações de campo têm mostrado, contudo, que os prejuízos são maiores em culturas estabelecidas em solos mais arenosos, talvez devido à facilidade de movimentação e, conseqüentemente, a uma maior disseminação (TIHOHOD, 2000).

2.5.2 Sintomas do sistema radicular

Segundo Good (1972), Hinson e Hartwig (1982) e Sasser (1989), o sistema radicular das plantas infectadas torna-se debilitado, dificultando a absorção de água e nutrientes em quantidades suficientes para permitirem à planta um boa produtividade. As raízes infectadas com o nematóide são menos desenvolvidas. O nematóide de cisto da soja diminui também o número de nódulos de fixação do nitrogênio nas raízes, e a infecção das raízes pelo nematóide de cisto da soja pode torná-las mais predispostas à infecção por outros patógenos do solo.

2.6 Disseminação do nematóide de cisto da soja

O nematóide de cisto da soja pode mover-se através do solo pelo seu próprio esforço somente algumas polegadas por ano. Entretanto, pode ser espalhado a grandes distâncias, de maneiras variadas: maquinaria da fazenda; veículos; ferramentas; vento; animais; água e pelos trabalhadores da fazenda. Torrões de solo do tamanho de sementes, chamados ervilhas do solo, contaminam freqüentemente a semente colhida em áreas infestadas. O nematóide de cisto da soja pode ser espalhado se esta semente for plantada em lavouras não infestadas. Há também evidências de que os cistos contendo ovos viáveis do nematóide de cisto da soja podem ser espalhados por pássaros (TIHOHOD; SANTOS, 1993).

2.7 Raças de *Heterodera glycines*

A reprodução cruzada nesta espécie de nematóide é a razão da sua elevada variabilidade genética, determinando a existência de raças (SILVA et al., 2003). O

termo raça foi proposto para diferenciar os isolados do patógeno, com base nas suas habilidades em reproduzir-se sobre uma série de genótipos de soja (DIAS et al., 2005). No Brasil, a raça predominante é a 3, embora as raças 1,2,4,4⁺,5,6,9,10,14 e 14⁺ também já tenham sido identificadas (SILVA et al., 2003). Essa classificação é baseada no número médio de fêmeas do nematóide em duas cultivares resistentes (Peking e sua derivada Pickett) e duas introduções de plantas (PI) de soja resistentes (PI 88788 e PI 90763), comparadas com a contagem de fêmeas observadas na cultivar padrão de susceptibilidade Lee 68 (PEREIRA et al., 2000).

A reação é determinada com base no índice de fêmeas (IF), que mede o nível de parasitismo nos hospedeiros diferenciadores comparado com o padrão suscetível 'Lee 68'. Desse modo, para cada diferenciadora, é calculado um IF (%), que é o número médio de fêmeas encontradas na diferenciadora, dividido pelo número médio de fêmeas encontradas em 'Lee 68', vezes 100. Se a diferenciadora apresenta IF menor que 10%, é tida como resistente (-). Ao contrário, se apresenta IF maior ou igual a 10%, é classificada como suscetível (+).

Pelo esquema de Golden et al. (1970), somente era possível a identificação das raças 1,2,3 e 4. Riggs e Schmitt (1988) expandiram o esquema original e identificaram doze raças adicionais, pois foram surgindo populações do nematóide que não se encaixavam no modelo proposto por Golden et al. (1970), devido ao aumento no uso contínuo de cultivares de soja resistentes pelo agricultor, ocasionando a pressão de seleção na população do nematóide.

Niblack et al. (2002) apresentaram uma nova proposta de classificação em "tipos" (HG type test), não mais em genótipos, em razão da grande variabilidade genética de *H. glycines*, utilizando-se como linhagens indicadoras, os genótipos 'Peking' (PI 548402), PI 88788 e PI 90763, já usados anteriormente, e os genótipos PI 437654, PI 209332, PI 89772 e PI 548316 (Cloud). O novo padrão de susceptibilidade usado é Lee 74, por apresentar menor variância nos testes, quando comparado a Lee 68. Essa nova proposta apresenta uma série de vantagens sobre a anterior, destacando-se: uso de linhagens que são muito utilizadas como fontes de resistência no melhoramento genético da soja; possibilidade de acrescentar outras linhagens, quando necessário; regras para condução dos testes; uso prático da interpretação dos resultados; e relaciona-se com o teste anterior de Riggs e Schmitt (1988).

2.8 Manejo do nematóide

O manejo dos nematóides formadores de cisto, como *H. glycines*, é bem complexo (TIHOHOD; 2000). A convivência é a melhor estratégia, seja através de monitoramento periódico da área, ou através de intervenções, com o emprego de medidas de controle visando manter as populações do nematóide em níveis baixos (SILVA; SEDIYAMA; LIMA, 2000).

Nenhuma técnica isolada é capaz de promover o controle eficiente desse nematóide. Um conjunto de medidas deve ser utilizado de forma integrada. Além do uso de cultivares resistentes e da rotação de culturas, com espécies não hospedeiras, outra medida considerada de elevada importância é o manejo adequado do solo, o que significa mantê-lo com altos teores de matéria orgânica, saturação de bases compatível com a região do Brasil e distribuição adequada de calcário no perfil do solo (ROCHA et al., 2006).

Segundo Mendes e Dickson (1993), as cultivares resistentes de soja constituem a ferramenta mais eficaz disponível para o manejo do nematóide de cisto da soja. Cultivando soja resistente no solo infestado, a reprodução do nematóide é suprimida.

O principal mecanismo de resistência utilizado para as cultivares de soja é a reação de hipersensibilidade (RH). Ela resulta na morte repentina de um número limitado de células do hospedeiro, circundando os sítios de infecção. A reação é considerada como uma resposta de defesa induzida, culminando na parada do crescimento e do desenvolvimento do patógeno nos tecidos da planta. Embora as bases fisiológicas do fenômeno ainda não estejam totalmente elucidadas, a hipersensibilidade tem sido muito utilizada em programas de melhoramento (PASCHOLATI; LEITE, 1995).

Embora o uso de variedades resistentes seja a estratégia mais eficaz de manejo para o nematóide de cisto da soja, as mesmas variedades resistentes nunca devem ser semeadas ano após ano. Se as mesmas variedades resistentes forem cultivadas continuamente em uma mesma área, eventualmente uma população (ou raça) do nematóide de cisto da soja pode tornar-se capaz de se reproduzir nas variedades resistentes (quebra de resistência). Os produtores são incentivados a alternar o uso de variedades de soja com fontes diferentes de resistência ao nematóide de cisto da soja. Além disso, recomenda-se que uma variedade de soja suscetível seja semeada depois que todos os tipos de resistência disponíveis foram usados, para manter o efeito do

cultivo das variedades resistentes em safras posteriores (FERRAZ; VALLE; DIAS, 1999).

A rotação de culturas é uma prática que visa a redução da população de fitonematóides através de cultivos alternativos, com plantas antagônicas (contrárias) aos parasitos. Essas plantas podem permitir que o nematóide penetre nas raízes mas não complete o ciclo; ou que produzem compostos nematicidas/nematostáticos (inibidor) em seus tecidos (COFFEEBREAK, 2006).

De acordo com Ferraz e Vale (1997), o uso de plantas antagônicas, que produzem metabólitos com propriedades nematostáticas ou nematicidas após a penetração do fitonematóide, ou que apresentam constitutivamente, é uma alternativa de menor impacto ecológico, se comparado ao uso de nematicidas sistêmicos. Algumas dessas substâncias são excretadas pelas raízes, como no caso do α -tertienila, produzido por *Tagetes erecta* Linn. Outros exemplos de substâncias de origem vegetal com propriedades nematicidas são o alcalóide monocrotalina, o ácido butírico e o pirocatecol isolados de *Crotalaria spectabilis* Roth e *Eragrostis curvula* Nees.

No Brasil, a rotação com milho foi a principal opção adotada pelos produtores para o controle deste nematóide (FERRAZ; VALLE; DIAS, 1999). Segundo Zambolim, Reis e Casa (2002), nos Estados Unidos, os agricultores têm obtido excelentes produções de soja, cultivadas em solos infestados com *Heterodera glycines* e *Meloidogyne incognita*, graças ao uso de milho e soja resistentes a esses nematóides em rotações.

A sucessão anual da soja pelo trigo, aveia preta ou milheto, em plantio de inverno, é muito utilizada na região oeste do Paraná, sendo indicada tanto para o controle do NCS, quanto para o controle de nematóides de galha (FERRAZ; VALLE, 2001). O cultivo de espécies botânicas de verão, não hospedeiras (arroz, algodão, sorgo, mamona, milho e girassol), reduz a população de NCS, permitindo o retorno da soja na safra seguinte (GARCIA et al., 1999).

Segundo Valle e outros (1996), no Brasil, as gramíneas forrageiras podem ser viáveis como opções para rotação com a soja, caracterizando-se como alternativas atraentes para os sojicultores com problemas de nematóides na lavoura. Após o período de rotação, as plantas podem ser dessecadas quimicamente, o que pode proporcionar cobertura ideal para o plantio direto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O ensaio foi conduzido em telado, na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, no período de 24 de março a 19 de maio de 2006.

3.2 Condução do ensaio

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso. Foram avaliadas 24 linhagens de soja (Tabela 1), com 8 repetições, e como testemunha utilizou-se a cultivar de soja MG/BR 46 (Conquista).

TABELA 1. Caracterização de linhagens de soja do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia.

Linhagens	Cruzamentos
UFU 101	BRSMG Confiança x FT-8015
UFU 102	(FT-2000 X BR-4) X UFV-16 (Capinópolis)
UFU 103	PI 416937 x IAC-8-2
UFU 104	MSOY 8001 x MG/BR 9518863
UFU 105	FT 104 x IAC-100
UFU 106	PI 416937 x IAC-8-2
UFU 107	BRS Carla x IAC 21
UFU 108	UFV 16 (Capinópolis) x MG/BR 934916
UFU 110	BRSMG Confiança X MG/BR 934916
UFU 111	PI 416937 x IAC-8-2
UFU 113	EMBRAPA 20 (DOKO RC) x MG/BR 934916
UFU 501	(IAS-5 x BR-4) x UFV-16 (Capinópolis)
UFU 502	EMGOPA 315 (Rio Vermelho) x FT – 8015
UFU 503	DM-RAINHA x DM-118
UFU 504	BRSMG Confiança x FT-8015
UFU 505	(FT-2000 x BR-4) x UFV-16 (Capinópolis)
UFU 506	RC (BRSMG Garantia x MG/BR 46 (Conquista)) x BRSMG Garantia
UFU 507	IAC-100 x EMGOPA 302
UFU 508	(X-27)
UFU 509	IAC-100 x EMGOPA 302
UFU 510	BRSMG Confiança x FT-8015
UFU 511	CSM-Z x BR95-01745
UFU 512	MSOY-9001 x MG/BR 95-18863
UFU 513	MSOY-9001 x MG/BR 95-18863

Foi feita a semeadura em bandejas de isopor colocando-se uma semente por célula e, posteriormente, as plântulas foram transplantadas para os vasos de cerâmica, com capacidade para 1,0 L, contendo mistura de areia e solo (proporção 2:1), previamente fumigada com brometo de metila. Durante a condução, a irrigação foi diária e semanalmente foram aplicados 100 mL de solução nutritiva ao solo. Cada 1L de água para formação da solução nutritiva continha 1mL de EDTA férrico, 1mL de KH_2PO_4 , 5mL de KNO_3 , 5mL de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2mL de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 1mL de micronutrientes (Bo, Zn, Cu, Mn e Mo).

3.3 Obtenção do inóculo e inoculação

O inóculo foi obtido a partir da coleta de amostras de solo em lavoura de soja da Fazenda Marataí, no município de Uberaba, MG. As amostras foram levadas para o laboratório e processadas. Alíquota de 300 cm³ deste solo foi colocada em recipiente contendo 2L de água e os torrões foram desmanchados. A suspensão, após homogeneização, permaneceu em repouso por 15s, e em seguida foi vertida passando pelas peneiras sobrepostas de 20 e 100 mesh. O resíduo da peneira de 100 mesh foi recolhido, com auxílio de jatos de água de uma pisseta, para um copo de Becker. Essa suspensão foi vertida para um funil contendo papel de filtro dobrado na forma cônica. Após passagem de todo líquido, o papel de filtro foi retirado do funil e aberto para retirada de cistos viáveis (cistos contendo ovos do nematóide). Os cistos viáveis separados foram colocados em uma tira de papel e, após ter ocorrido a coleta de todos os cistos, os mesmos foram colocados em uma peneira de 200 mesh e esmagados com o fundo do tubo de ensaio. Conforme ocorria o esmagamento, jatos de água de uma pisseta foram aplicados para que os ovos liberados dos cistos passassem para a peneira de 500 mesh que estava abaixo da de 200 mesh. Após o esmagamento, o resíduo da peneira de 500 mesh foi recolhido para um copo de Becker. A suspensão de ovos foi calibrada com auxílio da câmara de contagem de Peter no microscópio óptico, para conter 400 ovos/mL.

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 de inóculo calibrada, constituindo a população inicial de 4000 ovos por vaso.

3.4 Avaliação do ensaio

A avaliação ocorreu 35 dias após a inoculação. A parte aérea foi descartada, e o sistema radicular separado do solo. As raízes foram passadas entre os dedos da mão para que as fêmeas soltassem da raiz e caíssem passando através da peneira de 20 mesh, que estava acima da peneira de 100 mesh, sendo assim recolhidas da peneira de 100 mesh, com auxílio de jatos de água de uma pisseta, para um copo de Becker. A suspensão passou por um funil contendo papel de filtro, e após a passagem de toda a água, o papel de filtro foi aberto e colocado sob microscópio estereoscópio (lupa) para contagem de fêmeas.

Para assegurar que não houve perda de fêmeas para o solo no momento de separação das raízes, e também para verificar se as primeiras fêmeas formadas já teriam morrido e tornaram-se cistos, uma alíquota de 150 cm³ de solo de cada vaso foi processada pela técnica do peneiramento e do papel de filtro para extração de cistos, como descrito para obtenção do inóculo.

Foi calculado o índice de fêmeas (IF) conforme Anand e outros (1988), pela razão percentual entre número médio de fêmeas no genótipo de soja testado e número médio de fêmeas na cultivar de soja MG/BR 46 (Conquista).

$$IF (\%) = \frac{\text{n}^\circ \text{ médio de fêmeas na cultivar de soja}}{\text{n}^\circ \text{ médio de fêmeas na cultivar de soja MG/BR 46 (Conquista)}} \times 100$$

Foi considerado que para IF <10%, genótipo resistente (R); 10 a 25%, moderadamente resistente (MR); 26 a 50% moderadamente suscetível (MS) e acima de 50 %, foram considerados suscetíveis (S).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos aos procedimentos da estatística do programa Sisvar (FERREIRA, 2000), verificando a homogeneidade de variância e normalidade dos erros. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos (Tabela 2), todas as cultivares se mostraram suscetíveis ou altamente suscetíveis à raça 3 do fitonematóide, excetuando-se a linhagem UFU 502 [EMGOPA 315 (Rio Vermelho) x FT – 8015], que mostrou reação de moderadamente suscetível.

TABELA 2. Ciclo e reação de linhagens baseado no número de fêmeas (NF) índice de fêmeas (IF) da raça 3 de *Heterodera glycines*, após 35 dias de inoculação, sob condições de casa de vegetação. Uberlândia, UFU, março/maio 2006.

Linhagens	Cruzamentos	Ciclo	NF	IF (Reação)*
UFU 502	EMGOPA 315 (Rio Vermelho) x FT – 8015	Tardio	7,1** a***	45,1 (MS)
UFU 511	CSM-Z x BR95-01745	Tardio	9,8 a	62,2 (S)
UFU 104	MSOY 8001 x MG/BR 9518863	Precoce	11,8 a	75,1 (S)
UFU 113	EMBRAPA 20 (DOKO RC) x MG/BR 934916	Precoce	11,9 a	75,6 (S)
UFU 105	FT 104 x IAC-100	Precoce	11,9 a	75,8 (S)
UFU 110	BRSMG Confiança x MG/BR 934916	Precoce	12,0 a	76,3 (S)
UFU 506	RC (BRSMG Garantia x MG/BR 46 (Conquista)) x BRSMG Garantia	Tardio	12,4 a	78,8 (S)
UFU 108	UFV 16 (Capinópolis) x MG/BR 934916	Precoce	12,4 a	79,0 (S)
UFU 513	MSOY-9001 x MG/BR 95-18863	Tardio	12,5 a	79,7 (S)
UFU 106	PI 416937 x IAC-8-2	Precoce	12,6 a	80,6 (S)
UFU 507	IAC-100 x EMGOPA 302	Tardio	12,7 a	80,6 (S)
UFU 505	(FT-2000 x BR-4) x UFV-16 (Capinópolis)	Tardio	12,9 a	82,4 (S)
UFU 101	BRSMG Confiança x FT-8015	Precoce	13,0 a	82,7 (S)
UFU 508	(X-27)	Tardio	13,1 a	83,3 (S)
UFU 503	DM-RAINHA x DM-118	Tardio	13,2 a	83,9 (S)
UFU 509	IAC-100 x EMGOPA 302	Tardio	13,6 a	86,7 (S)
UFU 501	(IAS-5 x BR-4) x UFV-16 (Capinópolis)	Tardio	14,0 a	89,0 (S)
UFU 107	BRS Carla x IAC 21	Precoce	14,1 a	89,1 (S)
UFU 102	(FT-2000 x BR-4) x UFV-16 (Capinópolis)	Precoce	14,7 a	93,5 (S)
UFU 103	PI 416937 x IAC-8-2	Precoce	14,7 a	93,6 (S)
UFU 511	PI 416937 x IAC-8-MG/BR 46 (Conquista)	Precoce	15,3 a 15,7 a	97,6 (S)
UFU 510	BRSMG Confiança x FT-8015	Tardio	19,7 a	125,7 (AS)
UFU 504	BRSMG Confiança x FT-8015	Tardio	19,8 a	126,4 (AS)
UFU 512	MSOY-9001 x MG/BR 95-18863	Tardio	21,4 a	136,5 (AS)
CV (%)			55.71	

*I.F. <10%, genótipo resistente (R); I.F. 10 a 25%, moderadamente resistente (MR); I.F. 26 a 50%, moderadamente suscetível (MS); I.F. 51-100 %, suscetível (S); I.F. acima de 100 %, altamente suscetível (AS).

** Médias originais. Para análise estatística, os dados foram transformados em raiz quadrada de $x + 0.5$.

***Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

Dentre os genótipos analisados, EMGOPA 315 (Rio Vermelho) x FT – 8015 mostrou-se moderadamente suscetível ao *Heterodera glycines* raça 3. A maioria dos genótipos revelaram-se suscetíveis ao nematóide, e os cruzamentos BRSMG Confiança x FT-8015, BRSMG Confiança x FT-8015 e MSOY-9001 x MG/BR 95-18863 foram altamente suscetíveis à população do nematóide de cisto da soja, com índice de fêmeas acima de 100 %.

Os parentais que deram origem aos genótipos de soja analisados, quase que em sua totalidade, são suscetíveis ao nematóide de cisto. O Programa de Melhoramento de Soja da UFU, inicialmente, preocupou-se com a tolerância à seca e ao alumínio e essas características foram buscadas nos parentais das cultivares desenvolvidas.

Uma evidência dessa preocupação é a presença do genótipo PI 416937 nos cruzamentos realizados. Nos anos oitenta, uma introdução de soja do Japão, PI 416937, foi identificada como tolerante à seca (SLOANE; PATTERSON; CARTER, 1990). A partir desta descoberta, a PI 416937 tem sido incluída em vários estudos de tolerância a estresse hídrico de soja (MIAN et al., 1996; HUDAK; PATTERSON, 1996). Mais investigações relataram que a PI 416937 também foi tolerante ao alumínio (CAMPBELL; CARTER, 1990). Alguns autores afirmam que PI 416937 apresenta um extenso sistema radicular fibroso que contribui para tolerância à seca e ao alumínio (GOLDMAN et al., 1989; SLOANE et al., 1990; HUDAK ; PATTERSON, 1995).

A maioria dos solos tropicais sob vegetação de cerrado, onde a soja tem sua maior fronteira de expansão no Brasil, tem perfil ácido, e conseqüentemente, teor de alumínio (Al) na solução e na forma trocável em níveis tóxicos para as plantas (MASCARENHAS; TANAKA, 1995). A tolerância das plantas à acidez do solo está ligada à capacidade de absorção de nutrientes e à sensibilidade à toxidez, características que dependem da variação genética das espécies e mesmo de cultivares dentro de uma mesma espécie (FOY; BROWN, 1964).

Souza (2001) avaliou genótipos de soja, em relação à tolerância ao alumínio (Al), em hidroponia e em solo. Observou que os genótipos BR86-7396 e IAC-9 foram os de maior tolerância ao Al, e UFV-1 mostrou ser o de menor tolerância.

Menosso et al. (2000) avaliaram tolerância ao Al de cultivares de soja brasileiras, de linhagens de interesse para o melhoramento e de cultivares-padrões norte-americanas. Dos 148 genótipos de soja testados, 21 foram tolerantes ao Al, a saber, Biloxi, Bragg, BRAS85-1736, BRAS86-3672, BR-13 (Maravilha), BR-37, Cobb, EMGOPA-302, EMGOPA-304 (Campeira), FT-1, FT-5 (Formosa), FT-6 (Veneza), FT-

Guaíra, FT-Manacá, IAS 4, IPAGRO-21, Ivaí, MSBR-17 (São Gabriel), OCEPAR 6, Planalto e Tiaraju. Os genótipos agrupados como de tolerância intermediária foram em número de 73, e os sensíveis foram em número de 54.

Spehar e Makita (1994) avaliaram a tolerância ao alumínio em plântulas de 23 genótipos de soja adaptados aos Cerrados. Os genótipos foram classificados entre altamente tolerantes e susceptíveis. Das cultivares comerciais, 'Doko', 'Cristalina', 'Tropical' e 'BR-9' (Savana) apresentaram-se superiores à 'IAC-9', que foi o padrão de tolerância.

O conceito de raça mostrou-se inadequado e impreciso para descrever e prever a reprodução de *Heterodera glycines* em cultivares resistentes de soja. Um novo sistema, o teste chamado tipo HG, apresenta 7 linhagens que são também fontes de resistência ao NCS, e vem substituir o conceito de raça. Peking; PI 88788; PI 90763; PI 437654; PI 209332; PI 89772 e Cloud são as linhagens do teste. O padrão de suscetibilidade foi Lee 74 (PI 548658). Peking, também denominada PI 548402, é uma introdução da China, do ano de 1966. As introduções de planta PI 88788; PI 90763; PI 437654; PI 209332 e PI 89772 foram descobertas nos anos de 1981, 1990, 1992, 1992 e 1994, respectivamente. A linhagem Cloud (PI 548316) é do ano de 1994 (NIBLACK et al., 2002).

Em soja, a herança de resistência ao NCS é quantitativa e complexa, envolvendo de 3 a 4 genes principais e vários genes menores.

Segundo Dong, Barker e Opperman (1997), durante 40 anos, mais de 60 genótipos de soja e introduções de planta (PI) foram reportados como resistentes para *Heterodera glycines*. Para Anand, Wrather e Shumway (1985), entre essas introduções de plantas, PI 437654 e PI 437655 foram resistentes para a população da raça 4, e Peking, PI 90763, PI 404166, PI 404198B, PI 437654 e PI 438489B foram resistentes para a população da raça 5.

Nos Estados Unidos, a raça 3 era predominante, quando a primeira cultivar resistente: 'Pickett', foi desenvolvida. Depois de poucos anos de cultivo de 'Pickett' e de outras cultivares com resistência derivada de 'Peking', a raça 4, atualmente classificada como raça 14, foi detectada em algumas regiões. Novamente, outras cultivares resistentes às raças 3 e 14, derivadas da PI 88788, foram liberadas para o cultivo e a raça do nematóide mudou, tornando-se raça 5 ou 2 (NOEL; MENDES; MACHADO, 1994).

No trabalho de Yong (1994), isolados de uma população de campo de *Heterodera glycines* raça 5 foram cultivados separadamente nas cultivares de soja

‘Bedford’ (resistência derivada de Peking e da PI 88788) e ‘Cordell’ (resistência derivada de Peking, PI 88788 e PI 90763), por 10, 12 e 14 gerações. O isolado cultivado em Bedford permaneceu raça 5, enquanto o isolado cultivado em Cordell mudou para raça 14, para a qual Bedford é moderadamente resistente.

Os programas de melhoramento de soja precisam liberar cultivares com resistência oriunda de outras fontes, como PI 88788 e PI 90763. Os genes de resistência disponíveis deverão ser rotacionados pelos agricultores.

A cultivar Hartwig, considerada resistente a todas as raças conhecidas do NCS nos EUA, teve sua resistência quebrada por uma população de NCS, oriunda do Município de Sorriso, MT, classificada como raça 4⁺. Hartwig apresenta genes de resistência oriundos da PI 437654. As raças 4⁺ e 14⁺ do nematóide de cisto possuem genes adicionais de parasitismo, o que possibilita a quebra da resistência da cultivar Hartwig, anteriormente resistente a todas as raças do nematóide de cisto (EMBRAPA, 2002).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- das 24 linhagens testadas, UFU 502 mostrou-se moderadamente suscetível ao *Heterodera glycines* raça 3 e UFU 510, UFU 504 e UFU 512 comportaram-se como altamente suscetíveis ao fitonematóide. As demais linhagens foram suscetíveis.
- ainda são necessários novos estudos para seleção de genótipos de soja resistentes ao NCS, visto que o Programa de Melhoramento de Soja da UFU não havia buscado parentais resistentes a esse patógeno no início de sua implantação.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2004. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004. 213 p.

AGRIANUAL 2006. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2006. 504 p.

AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 4.ed. New York: Academic Press.1997. 635 p.

ALMEIDA, A.M.R.; L.P.PEREIRA; J.T. YORINORI; J.F.V. SILVA; A.A. HENNING; C.V. GODOY; L.M. COSTAMILAN; M.C. MEYER. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; L. AMORIM; J.A.M. REZENDE; A. BERGAMIN FILHO; L.E.A. CAMARGO (Ed.). **Manual de fitopatologia**. Doenças de plantas cultivadas. São Paulo: Ceres, 2005. p. 569-588.

ANAND, S.C.; GALLO, K.M.; BARKER, I.A; HARTWIG, E.E. Soybean plant introductions with resistance to races 4 or 5 of soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v.28, p. 563-564, 1988.

ANAND, S.C.; WRATHER, J.A.; SHUMWAY, G.R. Soybean genotypes with resistance to races of soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v.25, p. 1073-1075, 1985.

ANJOS, J.R. N; SHARMA, R.D. Ocorrência do nematóide dos cistos da soja, *Heterodera glycines*, no estado de Goiás. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, p.183, 1992.

ARANTES, N.E.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A. Melhoramento genético visando à resistência. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA (Ed.). **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Artsingner, 1999. p.105-117.

BLACK, J. R. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 1-19.

BONATO, E.R.; BONATO, A.L.V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 61p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 21).

CAMPBELL K.A.G., CARTER T.E., JR. Aluminum tolerance in soybean: I. Genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods. **Crop Science**, Madison, v.30, p.1049-1054, 1990.

CARES, J. E.; BALDWIN, J G. Nematóide formadores de cistos do gênero *Heterodera*. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Blumenau, v. 3. p. 29-84, 1995

COFFEEBREAK. Artigos e projetos. **Manejo integrado: rotação melhora controle dos nematóides**. Disponível em: < <http://coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=81>> Acesso em: 12 dez. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Central de informações agropecuárias. Brasília, 2006. Disponível em : < <http://www.conab.gov.br/> >. Acesso em: 28 nov. 2006.

DIAS, W.P. **Genética da resistência da soja à raça 4+ do nematóide de cisto, *Heterodera glycines***. 2003. 83p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

DONG, K.; BARKER, K.R.; OPPERMAN, C.H. Genetics of soybean-*Heterodera glycines* interactions. **Journal of Nematology**, Lawrence, v. 29, p. 509-522, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil, 1998/99**. Londrina: EMBRAPA CNPS, 1998. 182 p. (Documentos, 120).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Contribuição ao desenvolvimento de linhagens de soja com resistência a patógenos**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 43 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2004**. Londrina: Embrapa Soja, 2003.

FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R. Nematóides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 168-201.

FERRAZ, S., VALLE, L.A.C., DIAS, C. R. Utilização de plantas antagônicas no controle do nematóide de cistos da soja (*Heterodera glycines*). In: SILVA, J. F. V (ed.). **O nematóide do cisto da soja: (A Experiência Brasileira)**. Jaboticabal: SBN, p. 25-53, 1999.

FERRAZ, S.; L.A.C. VALLE. **Controle de fitonematóides por plantas antagônicas**. Viçosa: UFV, 2001. 73p.

FERRAZ, S.; VALLE, L.A.C. **Controle de fitonematóide por plantas antagônicas**. Viçosa: UFV, 1997. (Cadernos Didáticos).

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIAO ANUAL DA REGIAO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, jul., 2000. p. 255-258.

FOY, C.D.; BROWN, I.C. Toxic factors in acid soils: II. Differential aluminum tolerance of plant species. **Soil Science of Society Proceedings**, v.28, n. 1, p.27-32, 1964.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J.E.; DIAS, W.P. Rotação de culturas e manejo do solo para controle do Nematóide de Cisto da Soja. In: Sociedade Brasileira de Nematologia. **O nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p.55-70.

GOLDEN, A.M.; EPPS, J.M.; RIGGS, R.D.; DUCLOS, R.D.; FOX, J.A.; BERNARD, R.L. Terminology and identity of infraspecific forms of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). **Plant Disease Reporter**, Washington, v.54, p.544-546, 1970.

GOLDMAN, I.L.; CARTER, T.E.Jr.; PATTERSONR.P. Differential response to drought stress and subsoil aluminium in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 29, p.330-334, 1989.

GOOD, J. M. Nematóides. In: CALDWEL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improved, production and uses**. Winsconsin: American Society of Agronomy, 1973. p. 523-543. (Agronomy, 1972).

HINSON, K., HARTWIG, E. E. **Soybean production in the tropics**. Rome: FAO, 1982. p. 139-154.

HORI, S. Phytopathological notes. 5. Sick soil of soybean caused by nematodes. **Journal Plant Protection in the tropics**, Kuala Lumpur, v.2, p. 27-30, 1916.

HUDAK C.M., PATTERSON R.P. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction. **Crop Science**, Madison, v.35, p.464-471, 1995.

HUDAK C.M., PATTERSON R.P. Root distribution and soil moisture depletion pattern of a drought-resistant soybean plant introduction. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.478-485, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: < www.ibge.gov.br > Acesso em: 28 fev. 2007.

KOENNING, S. R.; ANAND, S. C.; WRATHER, J. A. Effects of within-field variation in the soil texture on *Heterodera glycines* and soybean yield. **Journal of Nematology**, Lawrence, v. 20, p. 373-80. 1988.

LIMA, R.D.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M dos, 1992. Ocorrência de *Heterodera glycines* sp., em soja no Triângulo Mineiro. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 16, p. 101-102, 1992.

LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A.; QUAGGIO, J.A. Ocorrência do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) no Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.67, n.3, p.223-225, dez.1992.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.. Crescimento em vasos, de cultivares de soja e de trigo em função da saturação de alumínio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 257-262, 1995.

MENDES, M.L.; DICKSON, D.W. Detection of *Heterodera glycines* on soybean in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 77, p. 499-500, 1993.

MENOSSO, O.G.; COSTA, J.A.; ANGHINONI, I.; BOHNEN, H. Tolerância de genótipos de soja ao alumínio em solução. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.11, p.2157-2166, nov. 2000.

MIAN M.A.R., BAILEY M.A., ASHLEY D.A., WELLS R., CARTER T.E., JR., PARROTT W.A., BOERMA H.R. Molecular markers associated with water use efficiency and leaf ash in soybean. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1252-1257, 1996.

MONTEIRO, A. R.; MORAIS, S.R.A.C. Ocorrência do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, 1952, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.16, n.1-2, p. 96-101, 1992.

NAKATA, K., ASUYANA, H. Survey of the principal diseases of crops in Manchuria. **Bureau Industry Reporter**, Washington, D.C., v.32, p. 9-11, 1938.

NIBLACK, T.L.; ARELLI, P.R.; NOEL,G.R.; OPPERMAN,C.H.; ORF, J.H.; SCHMITT,D.P.; SHANONN, J.G.; TYLKA, G.L. A revised classification scheme for genetically diverse populations of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Lawrence, v.34, n.4, p.279-288, 2002.

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

PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 417-453.

PEREIRA, J.E.; SILVA, J.F.V; DIAS, W.P.; SOUZA, G.S. Intervalo de confiança “bootstrap” como ferramenta para classificar raças de nematóide de cisto da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.2, p.271-275, fev. 2000.

RIGGS, R.D.; SCHMITT, D.P.; NOEL, G.R. Variability in race test with *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Lawrence, v.20, n.4, p.565-572, 1988.

ROCHA, M.R.; Y. DE CARVALHO; G.C. CORRÊA; G.P. GATTINI; O. RAGAGNIN. Efeito da textura do solo sobre a população de *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n.1, p.11-15, 2006.

SASSER, J. N. **Plant parasit nematodes: the farm’s hidden enemy**. Releigh: North Carolina State University, 1989. 115 p.

SLOANE R.J., PATTERSON R.P., CARTER T.E., JR. Field drought tolerance of a soybean plant introduction. **Crop Science**, Madison, v.30, p.118-123, 1990.

SILVA, J.F.V.; GARCIA, A.; DIAS, W.P.; ASMUS, G.L.; CARNEIRO, G.E.S. Manejo integrado de nematóides na cultura da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p. S30-S34, ago 2003. Suplemento.

SILVA, J.F.V.; GARCIA, A. Redução da população de cisto de *Heterodera glycines* pelo cultivo de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 21., 1997, Gramado. **Resumos...** Gramado: SBN, 1997. p. 4.

SILVA, J. F. V. Um histórico. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA. **O nematóide de cisto da soja: a experiência Brasileira.** Jaboticabal: Artsingner, 1999. 132 p.

SILVA, J.A.L.; SEDIYAMA, T.; LIMA, R.D. 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* Ichinohe, 1952). **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.1, p.23-25, 2000.

SOUZA, L.A.C. Reação de genótipos de soja ao alumínio em hidroponia e no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 10, 2001.

SPEHAR, C.R.; MAKITA, M. Tolerância ao alumínio em plântulas de soja e sua utilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.29, n.12, p.1927-1932, dez. 1994.

TIHOHOD, D., SANTOS, J. M. dos. **Heterodera glycines: novo nematóide da soja no Brasil.** Detecção e medidas preventivas. Jaboticabal: FUNEP, 1993 (Boletim técnico, 4).

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada.** 2. ed. rev. amp. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 473 p.

VALLE, L. A. C. *et al.* Controle do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, com gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.1, p.1-11, 1996.

WINSTEAD, N. N., SKOTLAND, C.B., SASSER, J.N. Soybean cyst nematode in North Carolina. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 22, p. 9-11, 1955.

ZAMBOLIM, L.; REIS, E. N.; CASA, R. T. Roda Salvador. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 5, n. 46, p. 21-24, 2002.

YORINORI, J. T. Controle Integrado das principais doenças da soja. In : CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção II.** Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 200-221.

YORINORI, J.T. Situação atual das doenças potencias do cone sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, MERCOSOJA, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2002 p. 309. (Embrapa Soja documentos, 180).

YONG, L.D. Changes in reproduction of a *Heterodera glycines* race 5 isolate cultured on 'Cordell' and 'Bedford' soybean. **Journal of Nematology**, Lawrence, v.26, p. 653-655, 1994. Suplemento.

YUE, P.; SLEPER, D.A.; RAO-ARELLI, A.P. Mapping resistance to multiples races of *Heterodera glycines* in soybean PI 89772. **Crop Science**, Madison, v.4, p. 1589-1595, 2001.