

Ricardo

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA

Sociedade civil sem fins lucrativos e políticos, de duração ilimitada, fundada em 07/02/1974, com sede e foro em Piracicaba, SP, Brasil. Registro junto ao Cartório Krahenbuhl de Registro de Imóveis, Títulos e Documentos de Piracicaba.

DIRETORIA

Presidente: Jaime Maia dos Santos (UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP)
Vice-Presidente: Maria Amélia dos Santos (Univ. Fed. de Uberlândia, MG)
Secretário-Tesoureiro: Hamilton Fonseca (UNESP/FCA, Botucatu, SP)

SÓCIOS CORPORATIVOS

Cia. de Cigarros Souza Cruz
FMC do Brasil S.A. Ind. e Comércio

SÓCIOS HONORÁRIOS

Dr. Luiz Gonzaga E. Lordello
Dr. Jair C. de Carvalho
Dr. Gerônimo Vingt-Un Rosado Maia
Sr. Hirofume Kage

CONSELHEIROS

Maria Amélia dos Santos (Univ. Fed. de Uberlândia, Uberlândia, MG)
Maria de Lourdes Mendes (Univ. Est. de Londrina, Londrina, PR)
Mario M. Inomoto (Esc. Sup. de Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP)
Rubens R. A. Lordello (Inst. Agr. de Campinas, Campinas, SP)
Wilson R. T. Novaretti (Lab. ANNA, Piracicaba, SP)

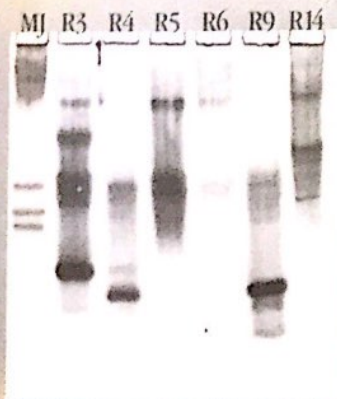
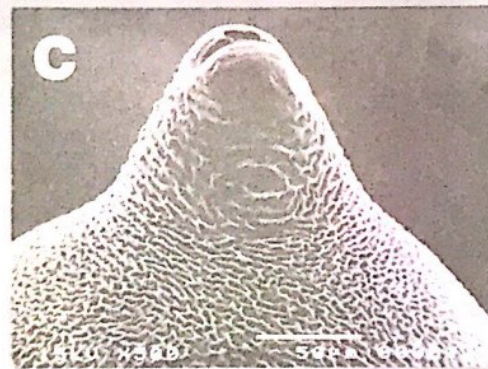
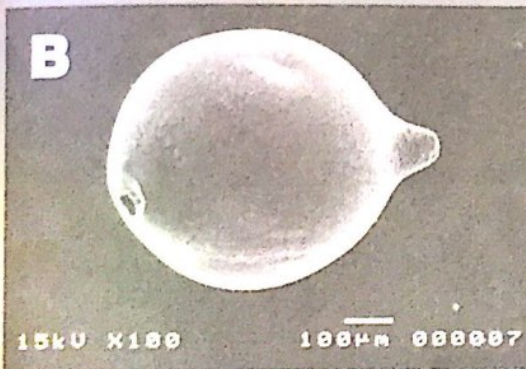
**Esta é uma publicação oficial da Sociedade Brasileira de Nematologia,
comemorativa dos seus 25 anos de Fundação.**

**O NEMATÓIDE DE
CISTO DA SOJA:
A EXPERIÊNCIA
BRASILEIRA**

O NEMATÓIDE DE CISTO DA SOJA: A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA - 3



SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA



O NEMATÓIDE DE CISTO DA SOJA: A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP):
Biblioteca Pública Municipal Júlia Luiz Ruete - Jaboticabal

S662n Sociedade Brasileira de Nematologia
 O Nematóide de Cisto da Soja: A Experiência Brasileira/
 SBN - Sociedade Brasileira de Nematologia -- Jaboticabal:
 Artsigner Editores, 1999
 132p.; 23cm.

1.Nematóides 2.Cistos 3.Soja I Título

CDU 632.2:2 633.3

Organizador: João Flávio Veloso Silva

Adriana Luisa Wain
Álvaro Manoel Rodrigues Almeida
Antônio Garcia
Cláudia Regina Dias
Guilherme Lafourcade Asmus
José Erivaldo Pereira
Leones Alves Almeida
Luis Artur Costa do Valle
Neylson Eustáquio Arantes
Paulino José Melo Andrade
Ricardo Vilella Abdelnoor
Romeu Afonso de Souza Kiihl
Silamar Ferraz
Vicente Paulo Campos
Waldir Pereira Dias

Editoração Eletrônica: Luze Azevedo
Revisão: Vitório Barato Neto
Coordenação da Edição: Prof. Jaime Maia dos Santos
Impressão e Acabamento: Gercino Grieco Artes Gráficas

ÍNDICE

Capítulo 01:

Um Histórico

João Flávio Veloso Silva

Capítulo 02:

Utilização de Plantas Antagônicas no Controle do Nematóide de Cistos da Soja, *Heterodera glycines* Ichinohe

Silamar Ferraz, Luis Artur Costa do Valle & Cláudia R. Dias

Capítulo 03:

Rotação de Culturas e Manejo do Solo para Controle do Nematóide de Cisto da Soja

Antônio Garcia, João Flávio Veloso Silva, José Erivaldo Pereira & Waldir Pereira Dias

Capítulo 04:

Níveis de Danos

Guilherme L. Asmus & Paulino J. M. Andrade

Capítulo 05:

Controle Biológico de *Heterodera glycines* no Brasil

Vicente Paulo Campos

Capítulo 06:

Distribuição de Raças de *Heterodera glycines* no Brasil

Waldir Pereira Dias, João Flávio Veloso Silva, Adriana Luisa Wain & José Erivaldo Pereira

Capítulo 07:

Melhoramento Genético Visando à Resistência

Neylson E. Arantes, Romeu A. S. Kiihl & Leones A. Almeida

Capítulo 08:

Uso de Marcadores Moleculares em Estudos com o Nematóide de Cisto da Soja

Ricardo V. Abdelnoor & Álvaro M. R. Almeida

PREFÁCIO

No final do século passado, na então Província do Rio de Janeiro, ocorreu a primeira doença catastrófica causada por um nematóide na agricultura brasileira. A comunidade científica tomou conhecimento do fato quando o Museu Nacional, no Rio de Janeiro, publicou o conhecido relatório do naturalista suíço, Dr. Emílio Augusto Goeldi, que trabalhava na Instituição, sob o título: “Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na Província do Rio de Janeiro” (Archivos do Museu Nacional, v8, p.1-122, 1892). Embora fora concluído em novembro de 1887, sua publicação deu-se cinco anos mais tarde.

Prefaciando a referida publicação, o Diretor Interino do Museu Nacional à época, Dr. Neves Armond, assim se expressou: “Acha-se incluído no presente volume o relatório em que o Sr. Dr. Emílio Goeldi descreve a moléstia que tem assolado os cafezais no Estado do Rio de Janeiro, causando-lhes graves estragos e pondo em sério perigo o futuro da mais importante fonte da riqueza nacional. Assigna-lhe o distinto zoólogo como causa um verme da família dos anguillulideos, para o qual propõe o nome científico *Meloidogyne exigua*.” Com efeito, esse nematóide foi apontado como a causa da substituição da cafeicultura pela cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro e a doença por ele causada foi inserida na história como a primeira doença de plantas catastrófica causada por um nematóide no Brasil. Discorrendo em seu relatório sobre os prejuízos que a doença vinha causando à cafeicultura da então Província do Rio de Janeiro, e a rapidez de sua expansão, Dr. Emílio Goeldi assim se expressou: “Declaro com franqueza que seria grande ilusão enxergar um futuro cor-de-rosa na cultura do café, na Província do Rio. Desejaria de coração que nem uma nem outra das duas formas da minha prophecia chegasse a realizar-se – mas, *caveant consules!*” (a expressão latina: *caveant consules* significa: **Cuidem-se os governantes!**).

Cerca de um século depois da ocorrência da primeira doença catastrófica causada por um nematóide na agricultura brasileira, o nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) foi encontrado no Brasil. Em 1992, por ocasião do XVI Congresso da Sociedade Brasileira de Nematologia (SBN), realizado em Lavras, MG, foi relatada a ocorrência desse nematóide nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul por três equipes compostas por diferentes nematologistas brasileiros. A

doença manifestou-se com características catastróficas. De uma área infestada estimada em 5000 ha, na safra de 91/92, expandiu-se para mais de 200. 000 ha na safra seguinte, tendo causado prejuízos acumulados de quase 20 milhões de dólares. Os prejuízos a cada safra eram alarmantes. Desta feita, os governantes, os nematologistas brasileiros e os segmentos da sociedade em geral, diretamente envolvidos na sojicultura, cuidaram-se. Em 03/08/93, o Diário Oficial da União publicou a Portaria nº 81 do Ministério da Agricultura, instituindo o Programa Nacional de Prevenção e Controle do Nematóide de Cisto da Soja. Nos dias 20 e 21 de outubro do mesmo ano, ainda sob o impacto da detecção da doença no Brasil, o Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, de então, em parceria com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura-IICA, a EMBRAPA, a Associação Brasileira dos Produtores de Sementes-ABRASEM e o Conselho Brasileiro de Fitossanidade-COBRAFI, reconhecendo a importância econômica da doença, realizaram em Brasília, DF, o I SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O NEMATÓIDE DE CISTO DA SOJA (*Heterodera glycines*). Tomaram parte, naquele evento, nematologistas de praticamente todas as instituições de ensino e pesquisa do País, representantes do poder público, dos produtores e dos produtores de sementes. Os aspectos mais relevantes sobre a doença, os resultados das pesquisas realizadas até então no País e as diretrizes para a elaboração de um projeto a longo prazo, visando ao controle e vigilância do nematóide de cisto da soja foram amplamente discutidos.

Este livro é um relato da experiência de nematologistas brasileiros acumulada, principalmente, nos seis primeiros anos de pesquisa sobre o nematóide de cisto da soja. Embora o nematóide ainda continue causando perdas elevadas à produção de soja no País, o progresso feito até agora é expressivo. Representa uma evidência de que o nematóide de cisto não retardará nem impedirá que o Brasil assuma a liderança mundial na produção de soja.

A Sociedade Brasileira de Nematologia, ao publicar esse livro, encoraja o mais amplo uso de seu conteúdo e dá livre direito de reprodução no todo ou em parte a quem dele necessitar, desde que a reprodução no todo ou em parte não seja para fins comerciais. Solicitamos apenas que a citação da fonte e o reconhecimento ao mérito sejam devidamente creditados aos autores.

As opiniões e textos contidos neste livro representam o pensamento dos autores sobre os diferentes tópicos abordados e podem ou não representar a visão da SBN para os mesmos.

Por último, a SBN tem o dever de gratidão para com experientes

colegas estrangeiros que, com gestos altruístas e elevada solidariedade, se empenharam em emprestar sua decisiva colaboração com os nematologistas brasileiros que a eles recorreram. O agradecimento especial da SBN ao Dr. Gregory R. Noel (USDA ARS, University of Illinois, Urbana, Illinois – EUA) a quem devemos boa parte do progresso feito até aqui.

Jaboticabal, 26 de abril de 1999

Jaime Maia dos Santos

Presidente da SBN

UM HISTÓRICO

João Flávio Veloso Silva

Centro Nacional de Pesquisa de Soja - Embrapa Soja

C.P.231, 86 001-970, Londrina, PR

E-mail: Veloso@cnpso.embrapa.br

“Se a cana lembra os tempos coloniais e o café recorda a transição do império para a república, a soja tem a cara do Brasil surgido depois da Segunda Guerra Mundial....Foi, por fim, o vetor de uma revolução dos costumes. A presença da soja na vida moderna começa com a margarina no café da manhã, passa pelo óleo de soja usado na cozinha, está no hambúrguer, na salsicha, nos matinais, nos pães especiais, nos achocolatados....”(Hasse, 1996).

A soja começou a ser cultivada comercialmente no Brasil, na década de 50, entretanto o primeiro plantio no país ocorreu em 1882, na Bahia (Hasse, 1996). O IAC foi a primeira instituição brasileira que começou a trabalhar com a cultura, inicialmente distribuindo sementes para agricultores interessados em seu plantio. Outra referência de introdução da soja no Brasil foi em 1900, em Pelotas, quando a espécie foi avaliada quanto à produção de forragem (Hasse, 1996). Nos anos 70, a produção brasileira de soja apresentou um crescimento extraordinário, alterando sua importância relativa nos cenários nacional e internacional.

A expansão da soja para a região central do Brasil, em áreas dos cerrados, proporcionou um segundo salto na produção brasileira no final da década de 70. Cultivar soja em regiões de latitudes inferiores a 20 graus, só foi possível através do desenvolvimento de diversos programas de melhoramento genético realizado em instituições brasileiras de pesquisa. O sucesso do cultivo da soja nessa região de expansão foi de tal magnitude que, atualmente, as melhores produtividades são ali obtidas.

O elevado teor de proteína e óleo de soja gerou um vasto complexo agro-industrial destinado ao processamento de derivados de soja, tornando a soja uma das principais “*commodities*” do mundo. O Brasil participa com

aproximadamente 18% da produção mundial, embora seja o país com maior potencial de expansão de área e produtividade (Embrapa, 1998).

A produção agrícola brasileira representa, aproximadamente, 8,9% do Produto Interno Bruto (PIB). Desse montante, a soja participa com 11,06% do PIB agrícola. Na safra 97/98, foram colhidas 31.355.800 toneladas de soja no Brasil, numa área plantada de 13.135.400 hectares, com uma produtividade média de 2.387 kg/ha (CONAB, 1998). A produtividade média do País vem crescendo, sendo que, em algumas regiões se, observam elevadas médias, como no Paraná e Mato Grosso.

Em razão dessa importância da soja para a economia brasileira, foi grande a preocupação dos participantes do XVI Congresso Brasileiro de Nematologia, realizado em 1992, na Escola Superior de Agricultura de Lavras-MG (atualmente Universidade Federal de Lavras), quando foram feitos relatos da presença do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, em Ponte Nova-MG (Lima et al., 1992), Chapadão do Sul, MS (Lordello et al., 1992) e Campo Verde, MT (Monteiro & Moraes, 1992). Um levantamento mais detalhado foi conduzido ainda no mesmo ano, quando novos focos foram descobertos (Mendes & Machado, 1992).

O nematóide de cisto da soja (NCS) é um dos principais fatores que limitam a produção da soja no mundo (Wrather, 1992), e o Brasil consistia de área livre, sendo que todas as variedades brasileiras de soja disponíveis na época eram suscetíveis ao nematóide. Os municípios inicialmente infestados eram importantes pólos de expansão da soja nos cerrados brasileiros naquele momento. Estima-se que a região do cerrado brasileiro possui cerca de 49,5 milhões de hectares ainda a serem ocupados pela agricultura.

ONCS espalhou-se rapidamente pelas principais regiões produtoras de soja do País, atingindo uma área estimada em 2.000.000 de hectares, cinco anos após sua constatação (Tabela 1). O maior número de municípios com áreas infestadas ocorre no centro-oeste brasileiro, em regiões dos cerrados. A maioria dos estudos realizados no Brasil, até o momento, também refere-se a populações dali originárias.

O principal veículo de disseminação foram máquinas e veículos dos próprios agricultores, ao deslocarem-se de uma área para outra. O vento também foi importante, redistribuindo rapidamente o nematóide nas

propriedades agrícolas quando ele chegava numa região indene (Andrade & Asmus, 1997). A facilidade de dispersão dos cistos de *H. glycines* e sua longa sobrevivência no solo tornam difícil o seu controle.

Os focos iniciais do NCS realmente impressionavam. Em alguns pontos, como em Campo Novo do Parecis-MT, Uberaba-MG, Chapadão do Céu-GO, entre muitos outros municípios, observavam-se reboleiras de dezenas de hectares, com plantas de soja raquíticas e amarelas, sendo cobertas pelas plantas invasoras. A presença de plantas invasoras em altas densidades nas áreas infestadas pelo NCS também causou preocupação, uma vez que algumas delas eram relatadas como hospedeiras do nematóide (Moore et al., Riggs, 1992). Entretanto, várias plantas invasoras de ocorrência comum em áreas de plantio de soja foram avaliadas e não se observaram multiplicação do nematóide em qualquer uma delas (Dias et al., 1995; Silva, 1996) (ver capítulo 2).

O crescimento da população do NCS é acelerado durante o período em que a soja está sendo cultivada nas áreas infestadas. Nos três primeiros meses após a semeadura da soja, o crescimento da população é discreto, em razão das temperaturas elevadas na camada superficial do solo, inadequadas para o desenvolvimento do nematóide. Ainda neste período, a pouca quantidade de raízes e o inóculo inicial baixo contribuem para isto.

A partir do terceiro mês de cultivo, a população aumenta rapidamente, paralisando pouco antes da maturação fisiológica da soja (Duarte et al., 1986).

Durante a entressafra, ocorrem algumas diferenças na dinâmica da população do NCS, quando comparado com regiões temperadas, onde as baixas temperaturas do solo possibilitam maior sobrevivência dos ovos contidos nos cistos. Em regiões com clima tropical, como o Brasil, a temperatura do solo favorece a atividade biológica do solo. Diversas espécies de fungos têm sido relatadas parasitando ovos do NCS, contribuindo para sua redução populacional (ver capítulo 5). A eclosão de juvenis durante a entressafra também é observada no Brasil, provavelmente em razão de temperaturas mais elevadas no solo (Duarte et al., 1986). Estes juvenis, na ausência de plantas hospedeiras, morrem, contribuindo para a redução populacional do nematóide.

Enquanto que para outros patógenos o clima mais ameno dos

trópicos facilita a sobrevivência durante o inverno, para o NCS parece ser justamente o inverso. Maior aprofundamento sobre o fitopatossistema tropical pode ser obtido em Bergamin Filho & Amorim, 1996.

A soja ainda ocupa a maior área de agricultura no cerrado brasileiro, e, no início da década de 90, o plantio de outras culturas no cerrado era limitado pelas enormes distâncias, geralmente feito por rodovias em péssimo estado de conservação, até os centros consumidores localizados no sul do País. Isto dificultou muito o início da adoção da rotação de culturas para o controle do NCS, uma vez que o custo do frete inviabilizava o transporte de alguns produtos, como o milho, o girassol, entre outros.

Nesta mesma época, outra doença atingia a soja em todo o Brasil: o cancro da haste, causado pelo fungo *Diaporthe phaseolorum*, identificado pela primeira vez no Brasil em 1989 e, já no início da década de 90, estava presente em todas as regiões produtoras de soja do País (Yorinori, 1990). Não havia sementes de cultivares de soja resistentes ao cancro para atender toda a demanda, o que também forçava os produtores a buscar outras alternativas de cultivo. Assim, o milho começou a ser forçosamente cultivado, viabilizado pela transferência de grandes empresas compradoras do produto para alguns pontos dos cerrados. O algodão, que antes era restrito, de uma maneira geral, ao Paraná e São Paulo, começou a ser cultivado nos cerrados e, atualmente, constitui numa das mais rentáveis culturas do centro-oeste brasileiro. O arroz também passou a ser opção de rotação e não apenas de abertura de áreas, como era no início. O desenvolvimento de cultivares com melhor qualidade de grão foi fator determinante para a viabilização do arroz. O girassol, a mamona, o sorgo, as pastagens, entre outras, também são opções na rotação. A diversificação agrícola começa, então, a ser observada no cerrado, melhorando a estabilidade econômica dos municípios ali localizados, que antes era baseada somente na rentabilidade da soja.

Neste período, também assistimos à consolidação do cultivo de inverno no cerrado. Embora não buscasse a produção de grãos, objetivava à produção de palhada suficiente para a realização da semeadura direta, que cresceu vertiginosamente em área a partir desse momento, e de matéria orgânica, indispensável para elevar a retenção de água e a CTC do solo, tipicamente baixa em todos os cerrados. O milheto foi a espécie que melhor se adaptou para estes fins. Semeado logo após o cultivo de verão, o milheto aproveita o fim das chuvas de março para germinar, crescer rapidamente e

produzir suas sementes. No início das chuvas, em setembro, as sementes caídas germinam, produzindo a palhada para a realização da semeadura direta. A degradação da matéria orgânica originária do milho é mais lenta, em razão da sua relação C:N relativamente alta, o que é benéfico. Essa matéria orgânica provavelmente também eleva a atividade biológica de organismos de solo, como fungos nematófagos, concorrendo para a redução populacional do NCS (ver capítulo 5). O cultivo de inverno também foi fundamental para a eliminação de plantas de soja originadas de grãos perdidos na colheita, que vegetavam nas áreas de soja durante muitos meses, especialmente em anos com chuvas esporádicas no inverno. A presença destas plantas de soja (“tiguera”) possibilita maior número de gerações do nematóide, elevando a sua população no solo (ver capítulo 3).

O desenvolvimento de variedades resistentes frente às inúmeras raças do nematóide presentes no País vem sendo feito de forma impressionante. A participação de produtores de grãos, sementes e vendedores de insumos agrícolas, muitas vezes reunidos em Fundações, foi fundamental para este processo. O resultado deste esforço já está presente na agricultura, na forma de cultivares cada vez mais produtivas e resistentes a um número maior de doenças e de raças do NCS (ver capítulo 7). A utilização das cultivares de soja resistentes a diferentes raças do NCS vai exigir a contrapartida dos produtores de não semear continuamente a mesma cultivar numa mesma área, pois há o risco de ocorrer mudança da raça presente devido à pressão de seleção exercida pela cultivar resistente (ver capítulo 6).

O equilíbrio químico do solo também mostrou-se fundamental para a produção econômica de soja em áreas infestadas, especialmente nos cerrados. O efeito mais espetacular observado é o efeito da calagem excessiva e superficial. O pH elevado parece aumentar os danos causados pelo NCS. A imobilização de micronutrientes, que ocorre nessa situação, e a redução da atividade de fungos parasitas de ovos podem ser a causa da maior sobrevivência do nematóide nestes solos de um ano para outro (Garcia & Silva, 1997) (ver capítulo 3).

A convivência com o nematóide de cisto já é possível em quase todas as regiões onde ele está presente. Entretanto, é necessário que o produtor ou a sua assistência técnica busquem as informações já disponíveis e geradas num curto espaço de tempo por várias instituições de pesquisa e

ensino no Brasil. Esta rápida resposta ao grande problema que representa o NCS é mais uma prova da eficiência da pesquisa agrícola brasileira, que sobrevive com recursos insuficientes, não refletindo a sua importância. Nesta publicação, busca-se relatar estes resultados iniciais do esforço conjunto de diversos pesquisadores na geração de informações que pudessem subsidiar o controle de *H. glycines* no Brasil.

Estes resultados, além da importância prática, também são referências do comportamento do nematóide sob clima tropical.

Tabela 01. Evolução do número de municípios com áreas infestadas pelo nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, no Brasil, no período de 1992 a 1998*.

Ano	Goiás-GO	Minas Gerais-MG	Mato Grosso do Sul-MS	Mato Grosso-MT	Rio Grande do Sul-RS	São Paulo-SP	Paraná-PR	TOTAL
1992	Chapadão do Céu	Iraí de Minas Monte Carmelo Nova Ponte	Chapadão do Sul	Campo Verde				06
1993		Romaria	Costa Rica	C.N. dos Parecis Diamantino Jaciara Primav.do Leste				06
1994	Jataí Mineiros Serranópolis	Indianópolis Patos de Minas Pedrinópolis Sta. Juliana	Cassilândia	Ch. dos Guimarães Deciolândia Dom Aquino N.S. Joaquim S.J.Rio Claro	Palmital	Tarumã		15
1995		Uberlândia Uberaba Perdizes Patrocínio Sacramento	Água Clara S.G. D'Oeste Camapuã	Sapezal Poxoreo Arenópolis Itiquira Tangará da Serra	Cruzeiro do Sul	Florínea Cruzália Assis		17
1996		Estrela do Sul Conquista Tupaciguara Água Comprida Araguari Cascalho Rico João Pinheiro Buritis Paracatu Presid. Olegário		Alto Taquari		Cândido Mota Pedrinhas Paulista Maracáí	Sertaneja Sertanópolis Leópolis	17
1997	Perolândia Portelândia		Alcinópolis	Sorriso Campos de Júlio		Campo Novos Paulista Pitangueiras		07
1998	Rio Verde e Vianópolis							
TOTAL 08	23		07	18	01	09	04	70

*As informações contidas nesta tabela referem-se a análises feitas por várias instituições.

6. LITERATURA CITADA

- ANDRADE, P.J.M. & G.L. ASMUS, 1997. Disseminação do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, pelo vento durante o preparo do solo. *Nematologia Brasileira*, 21(1): 98-100.
- CONAB, 1998. Companhia Nacional de Abastecimento (Brasília, DF). Indicadores da Agropecuária, VII(06).
- DIAS, W.P.; FERRAZ, S.; SILVA, A.A.; LIMA, R.D.; VALLE, L.A.C. Hospedabilidade de algumas ervas daninhas ao nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 2., 1995, Rio Quente, GO. **Programas e anais...** Brasília, DF: SBN/ONTA, 1995b.p.36.
- DUARTE, I.C.S.; SILVA, V.C.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A. & SPINOZA, W. Dinâmica populacional do nematóide de cisto da soja em Tarumã, SP. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.21, p.414. 1996. Suplemento.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja na Região Central do Brasil 1998/99**. Londrina, 1998. 182p. (Embrapa-soja. Documentos, 120).
- GARCIA, A. & SILVA, J.F.V. 1996. Nematóides de cisto da soja. **Plantio Direto**, 34: 21-22.
- GARCIA, A. & J.F.V.SILVA, 1997. Interação entre a população de *Heterodera glycines* e o pH do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATÓLOGIA, XX, Gramado. Resumos, p.60.
- HASSE, G. **O Brasil da soja: abrindo fronteiras, semeando cidades**. Porto Alegre: CEVAL Alimentos / L & P. 256 p. 1996.
- LIMA, R.D.; FERRAZ, S. & SANTOS, J.M. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. **Resumos**. Lavras: ESAL, 1992. s.p.
- ORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A. & QUAGGIO, J.A. *Heterodera* sp. reduz produção de soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO

- DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. **Resumos**, Lavras: ESAL, 1992. p.81.
- MENDES, M.L.; MACHADO, C.C. 1992. **Levantamento preliminar da ocorrência do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe), no Brasil**. Londrina: Embrapa-Soja, 1992. 5p. (Embrapa-Soja. Comunicado Técnico, 53).
- MONTEIRO, A.R. & MORAIS, S.R.A.C. Ocorrência do Nematóide de Cisto da Soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. **Resumos**. Lavras: ESAL, 1992. s.p.
- MOORE, W.F.; BOST, S.C.; BREWER, F.L.; DUNN, R.A.; ENDO, B.Y.; GRAU, C.R.; HARDMAN, L.L.; JACOBSEN, B.J.; LEFFEL, R.; NEWMAN, M.A.; NYVALL, R.F.; OVERSTREET, C.; PARKS, C.L. **Soybean cyst nematode**. Washington: Soybean Industry Resource Committee, 1984. 23p.
- RIGGS, R.D. 1992. Host Range. In: Riggs, R.D.; Wrather, J.A. **Biology and Management of the soybean cyst nematode**. St.Paul: APS Pres. p.51-59.
- SILVA, J.F.V. 1996. Hospedabilidade de algumas plantas invasoras ao nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Campo Grande, Resumos, p.419.
- TIHOHOD, D. 1993. **Nematologia Agrícola Aplicada**. Jaboticabal, FUNEP, 372p.
- YORINORI, J.T. 1990. **Cancro da haste**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 7p. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado técnico, 44).
- WRATHER, J.A. 1992. **Biology and Management of the soybean cyst nematode**. St.Paul: APS Pres. p.

UTILIZAÇÃO DE PLANTAS ANTAGÔNICAS NO CONTROLE DO NEMATÓIDE DE CISTOS DA SOJA (*HETERODERA GLYCINES* ICHINOHE)

Silamar Ferraz, Luiz Artur Costa do Valle, Cláudia Regina Dias
Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Fitopatologia
E-mail: Silamar@mail.ufv.br

1. Introdução

O controle de *Heterodera glycines* Ichinohe, bem como de outros nematóides, é bastante complexo. Primeiramente, medidas preventivas devem ser tomadas, evitando a introdução destes organismos em áreas onde ainda não estão presentes. Após serem introduzidos, outras medidas de controle devem ser adotadas, para minimizar os prejuízos por eles causados. O controle por meio de resistência genética, embora desejável, é limitado pela escassez de cultivares resistentes adaptadas às diferentes regiões produtoras de soja (*Glycines max* (L.) Merr.). Além disso, o uso constante destas variedades acarreta o surgimento de novas raças do patógeno, devido à grande pressão de seleção que tais variedades impõem sobre a população. Nas diferentes regiões brasileiras onde foi constatada a presença do nematóide de cistos da soja, já foram identificadas as raças 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 14. Evidentemente, tal variabilidade dificulta o trabalho dos melhoristas na busca de variedades resistentes. O controle químico propicia uma proteção temporária, após o que a população pode atingir altos níveis dentro de pouco tempo. O uso de nematicida ainda pode causar desequilíbrio biológico e apresentar efeitos deletérios ao homem e ao ambiente. Muitos desses produtos estão sendo retirados do mercado, restringindo ainda mais as possibilidades de uso do controle químico.

Por essas razões, a adoção de métodos culturais como a rotação de culturas com espécies não-hospedeiras e o emprego de plantas antagônicas têm merecido atenção crescente como alternativas de controle de fitonematóides. São consideradas como plantas antagônicas aquelas que afetam negativamente a população de nematóides como plantas armadilhas (o nematóide penetra, mas não completa seu desenvolvimento), hospedeiros ruins (há penetração, mas poucos nematóides se desenvolvem) ou por conterem substâncias com propriedades nematicidas/nematostáticas em seus tecidos, que podem ser liberados para o meio ou atuar no interior da planta.

A atividade antagônica de diversas plantas já foi comprovada sobre várias espécies de nematóide. Para o nematóide de cistos da soja, devido a sua recente detecção no Brasil e à dificuldade de controle que os métodos convencionais têm apresentado, a descoberta de plantas que exerçam efeito antagônico e que possam ser cultivadas em rotação de cultura ou sucessão com a soja pode fornecer novas alternativas para extensas áreas de plantio de soja, que se encontram comprometidas devido aos elevados níveis populacionais deste nematóide.

O objetivo desta revisão é abordar alguns aspectos relevantes do controle de nematóides com plantas antagônicas, destacando as pesquisas sobre a gama de hospedeiro e controle do nematóide de cistos da soja que vêm sendo realizadas no Brasil, em especial aquelas desenvolvidas pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa.

2. Hospedeiras de *Heterodera glycines*

A rotação da soja com culturas não hospedeiras é essencial para o manejo do nematóide de cistos. A maioria das espécies agronômicas não são hospedeiras desse nematóide, apesar da sua gama de hospedeiros relativamente ampla, principalmente se comparada a outras espécies do gênero *Heterodera* (Riggs, 1992). Milho (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* Moench), girassol (*Helianthus annuus* L.), aveia (*Avena sativa* L.), fumo (*Nicotiana tabacum* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.) são exemplos de plantas não hospedeiras. São recomendados, usualmente, 2 a 3 anos de plantio com cultura não-hospedeira para um ano de plantio de soja suscetível (Moore et al., 1984; Wrather et al., 1992), embora períodos de rotação menores possam ser recomendados com sucesso para infestações detetadas precocemente (Silva et al., 1997a). Além da soja, as únicas plantas de interesse agrônomo atacadas por *H. glycines* são *Phaseolus vulgaris* L. (feijão-comum), *Vigna angularis* (Wild) Ohwi & Ohashi (feijão-adzuki), *Vigna radiata* (L.) Wilczek (feijão-mungo-verde), *Pisum sativum* L. (ervilha) e *Lespedeza striata* (Thunb) Hook & Am. (Noel, 1993), todas pertencentes à família Fabaceae, onde se encontram grande parte das espécies relatadas como hospedeiras de *H. glycines* (Riggs, 1992).

Em razão da importância da cultura do feijão (*P. vulgaris*) para o

Brasil, já foram realizadas na Universidade Federal de Viçosa pesquisas visando a identificar fontes de resistência ao nematóide de cistos em cultivares e linhagens desta espécie. Embora as cultivares mais plantadas no País tenham se mostrado suscetíveis (Quadro 1), a linhagem L - 2300 mostrou-se promissora, com nível de resistência satisfatório. A análise genética da resistência mostrou que esta é conferida, provavelmente, por um gene recessivo (Becker, 1997).

Apesar de poucas culturas de interesse econômico serem suscetíveis, existem mais de mil espécies de plantas, principalmente plantas daninhas, em que o nematóide pode multiplicar-se. São citadas como hospedeiras de *H. glycines* as plantas daninhas fedegoso (*Senna occidentalis* (L.) Link), o agrião-bravo (*Cardamine* spp.), a ervilhaca (*Vicia* spp.), a beldroega (*Portulaca oleracea* L.), o caruru-de-porco (*Phytolacca americana* L.), a orelha de rato (*Cerastium* spp.) e muitas outras (Moore et al., 1984). No Brasil, Dias et al. (1995b) e Silva (1996) testaram algumas espécies de plantas daninhas de ocorrência comum em lavouras de soja e não observaram multiplicação do nematóide em qualquer uma delas, nem mesmo em beldroega (*P. oleracea*), tida como hospedeira do nematóide (Quadro 2).

A grande maioria das plantas citadas como hospedeiras de *H. glycines* não permitem a multiplicação do nematóide além dos níveis observados em cultivares resistentes de soja (Riggs & Hamblen, 1962; Riggs, 1987; Valle, 1996; Valle et al., 1996b, 1997a), contribuindo muito pouco para o aumento da população do nematóide. O que ocorre em muitas dessas plantas é a penetração expressiva de juvenis com formação de poucos adultos (Riggs, 1987; Schmitt & Riggs, 1991; Valle et al., 1997a), como em cultivares resistentes, que reduzem a população do nematóide no solo (Wrather et al., 1984). Estes fatos permitem-nos questionar a importância dada ao combate às plantas daninhas hospedeiras, preconizado como parte do manejo de *H. glycines* visando à minimização dos prejuízos (Moore et al., 1984).

Uma compilação bastante completa e de grande utilidade das informações disponíveis até então sobre espécies hospedeiras de *H. glycines*, separando-as em boas hospedeiras e más hospedeiras, foi realizada por

Riggs (1992). É importante considerar, no entanto, que se trata de uma simplificação, pois a reação de uma espécie vegetal a *H. glycines* pode variar em função da cultivar testada e da população do nematóide utilizada. Por exemplo, o tomateiro, que se comportou como não-hospedeiro

Quadro 1 - Reação de cultivares e linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) a *Heterodera glycines* raça 3 (Becker, 1997)

Genótipos classificados como suscetíveis (número de fêmeas / planta maior que 50% do observado em soja 'FT - Cristalina'):

Barriga-verde	IAPAR 31	LR 9115315
Boi-Deitado	IAPAR 44	Manteigão fosco
BR IPAGRO 1 Macanudo	IPA 2	Meia-Noite
Carioca	IPA 3	Milionário
CNF 4916	IPA 5	Novo Jalo
Diacol calima	IPA 7	Ouro
EMPASC 201	L-2248	Ouro branco
Favita	L-2266	Ricopardo
FT - 120	L-2289	Rio Tibagi
FT - Tarumã	L-2290	Vermelho
Goitacazes	L - A285	Xamego
Gordo		

Genótipos classificados como moderadamente suscetíveis (número de fêmeas / planta maior que 25% e menor que 50% do observado em soja 'FT - Cristalina'):

A 785	CB 733 812	Mão Curta
Aporé	HF 465 - 63 - 1	Ouro Negro
BP 9116309	IAC-Maravilha	Rico 23
BP 9116316	IPA 10	Serrano
CNF 0804	L-2177	Silvestre Andino

Genótipos classificados como moderadamente resistentes (número de fêmeas / planta maior que 10% e menor que 25% do observado em soja 'FT - Cristalina'):

A 767	IPA 9	Silvestre Meso-América
IPA 8	L-2300	Silvestre (<i>P. aborigineus</i>)

Genótipos classificados como resistentes (número de fêmeas / planta menor ou igual a 10% do observado em soja 'FT - Cristalina'):

Os genótipos que caíram nessa categoria em algum dos experimentos, comportaram-se como moderadamente resistentes ou moderadamente

suscetíveis em experimentos subseqüentes. A linhagem L-2300 manteve-se como moderadamente resistente em três avaliações diferentes, sendo por isso selecionada como fonte de resistência a ser estudada.

Quadro 2 - Espécies de plantas daninhas testadas por Dias et al. (1995b)¹ e Silva (1996)² e que se mostraram não-hospedeiras de *H. glycines* raça 3, população de Nova Ponte - MG, e Tarumã -SP, respectivamente.

Nome vulgar	Nome científico
Amendoim-Bravo ²	<i>Euphorbia heterophylla</i>
Beijo-de-Boi ^{1,2}	<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.
Beldroega ¹	<i>Portulaca oleracea</i> L
Botão-de-ouro ¹	<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) Blake
Capim-carrapicho ¹	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
Capim-custódio ¹	<i>Pennisetum setosum</i> (Sw.) Rich
Capim-pé-de-galinha ¹	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn
Capim-rabo-de-raposa ¹	<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.
Caruru-rasteiro ¹	<i>Amaranthus deflexus</i> L.
Caruru	<i>Amaranthus hybridus</i>
Cheirosa ¹	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.
Corda-de-viola ^{1,2}	<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth
Cordão-de-frade ¹	<i>Leonotis nepetaefolia</i> (L.) R. Br.
Erva-de-botão ¹	<i>Eclipta alba</i> Hassk.
Fedegoso ^{1,2}	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link
Feijão-bravo ¹	<i>Cassia hirsuta</i>
Guanxuma ^{1,2}	<i>Sida rhombifolia</i> L.
Joá-de-capote ¹	<i>Nicandra physaloides</i> Gaertn
Malva-branca ¹	<i>Sida cordifolia</i> L.
Mentrasto ¹	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
Picão-preto ^{1,2}	<i>Bidens pilosa</i> L.
Serralha ¹	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
Tanchagem ¹	<i>Plantago tomentosa</i> Lam.
Trapoeiraba ²	<i>Commelina benghalensis</i>

¹: Avaliação do número de fêmeas no sistema radicular, feito 35 dias após a inoculação com 4.000 ovos por planta.

²: Avaliação do número total de cistos no solo, feito após a senescência das plantas. Inoculação com 4.000 ovos por planta.

No trabalho de Valle et al. (1996b) (Quadro 3) e em trabalhos com outras cultivares (Skotland, 1957; Riggs, 1987), permitiu a multiplicação de algumas populações do nematóide, mas não de outras, em testes realizados com a cultivar 'Pearson' (Miller, 1975). Também o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill.), tido como hospedeiro desfavorável por Valle et al. (1996b), apresentou reação variável frente a diferentes populações de *H. glycines*

(Miller, 1974). Embora lablabe 'IAC-697' (*Lablab purpureus* (Prain) Kumari ex. M. Chandrabose & N.C. Nair, sinônimo *Dolichos lablab* L.) não tenha permitido a multiplicação do nematóide no trabalho de Valle et al. (1996b), Riggs & Hamblen (1962) observaram multiplicação de *H. glycines* raça 3 em um dos quatro genótipos desta espécie testados em seu trabalho. A ervilha, tradicionalmente citada como boa hospedeira de *H. glycines*, apresenta variabilidade quanto à reação ao nematóide. Sortland & McDonald (1987) controlaram *H. glycines* raça 5 em vasos por meio de rotação com ervilha cv. Little Marvel. Silva et al. (1997b) não encontraram fêmeas nas raízes de plantas de ervilha cv. XCP-88 inoculadas com 4.000 ovos de *H. glycines* raça 3 (Quadro 4). Portanto, recomenda-se cautela ao extrapolar resultados para outras populações do nematóide, que podem variar quanto à patogenicidade e virulência a diferentes espécies vegetais (Miller, 1965, 1967, 1969, 1974, 1975), e para outras cultivares das espécies testadas, que podem apresentar diferentes níveis de resistência ao nematóide (Riggs & Hamblen, 1962; RIGGS, 1992).

Quadro 3 - Número de fêmeas de *Heterodera glycines* por sistema radicular de diferentes espécies de plantas aos 30 e 45 dias após a inoculação com 4.200 ovos do nematóide (Valle et al., 1996b)

Espécie	Número de fêmeas*	
	Aos 30 dias	Aos 45 dias
Soja 'FT-Cristalina'	34 (29)**	84 (26)
Feijão-Adzuki 'AL-9'	51 (46)	33 (21)
Feijão-Mungo-Verde 'M-124'	19 (10)	4 (2)
<i>Crotalaria juncea</i> 'IAC-1'	5 (5)	8 (9)
Feijão-Guandu 'IAC-Fava Larga'	1 (1)	1 (1)
<i>Crotalaria paulina</i> , <i>C. spectabilis</i> , <i>C. striata</i> ¹ , Feijão-Maravilha (<i>Canavalia</i> <i>gladiata</i> DC.), Lablabe 'IAC-697' ² , <i>Mucuna-Anã</i> ¹ , <i>Mucuna-Preta</i> ¹ , Erva-de-Santa-Maria ² (<i>Chaenopodium</i> <i>ambrosioides</i> L.), Tomateiro 'Santa Cruz' ²	0	0

* Médias de quatro repetições.

** (Desvio-padrão).

1 - Presença de machos adultos nas raízes.

2 - Únicas espécies nas quais não foram encontrados juvenis no interior das raízes.

Quadro 4 - Número de fêmeas de *Heterodera glycines* por sistema radicular de diferentes espécies de plantas aos 30 dias após a inoculação com 4.000 ovos do nematóide (Silva et al., 1997b)

Nome vulgar	Nome científico	Número de fêmeas*
Soja	<i>Glycine max</i> 'FT - Cristalina'	54
Feijão-adzuki	<i>Vigna angularis</i> 'M-127'	80
Feijão-arroz	<i>Vigna umbellata</i> 'USA'	33
Feijão-comum	<i>Phaseolus vulgaris</i> '2293'	18
Grão-de-bico	<i>Cicer arietinum</i> 'IAC India 4'	5
Grão-de-bico	<i>Cicer arietinum</i> 'ICCV-3'	0
Ervilha	<i>Pisum sativum</i> 'XCP - 88'	0
Caupi	<i>Vigna unguiculata</i> 'IT835-899'	0
CV		51%

* Médias de 6 repetições

Algumas novas hospedeiras de *H. glycines* foram identificadas em estudos realizados com leguminosas na Universidade Federal de Viçosa. Aos 60 dias após o plantio em solo altamente infestado com *H. glycines* raça 3, *Centrosema plumieri* (Turp. ex Pers.) Benth apresentou 16 fêmeas/sistema radicular em média, contra mais de 500 em soja, sendo identificada pela primeira vez como má hospedeira. Outra espécie do mesmo gênero, *Centrosema pubescens* Benth, comportou-se como não-hospedeira (Valle, 1996). A forrageira galáxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.) também foi relatada pela primeira vez como hospedeira, com número de fêmeas inferior a 10% do observado em soja (Quadro 5) (Valle et al., 1997b).

Leguminosas antagonistas a fitonematóides (Ferraz & Valle, 1995) foram avaliadas por Valle et al. (1996b) quanto à reação à *H. glycines* (Quadro 3). Os resultados obtidos contrariam a afirmação de Yorinori (1994) de que as espécies de crotalária, comumente empregadas em adubação verde são hospedeiras de *H. glycines*. Das espécies mais empregadas para este fim (*Crotalaria paulina* Schrank, *C. juncea* e *C. spectabilis* (Wutke, 1993), apenas *C. juncea* permitiu a multiplicação do nematóide. O mesmo resultado foi obtido por Riggs & Hamblen (1962), com *H. glycines* raça 3. Mucuna-preta e mucuna-anã, identificadas como resistentes, já foram testadas com duas outras populações de *H. glycines* (raça 2 e raça 6), comportando-se sempre como não-hospedeiras. As espécies *M. cinerea* e *M. deeringiana* 'mucuna-rajada' foram também testadas com *H. glycines* raça 3 e mostraram-se não-hospedeiras (Sanches, Mizobutsi, Valle & Ferraz, não publicado).

A penetração de juvenis de segundo estágio de *H. glycines* nas raízes de algumas espécies de plantas, sem a subsequente formação de fêmeas, foi bastante documentada (Skotland, 1957; Miller, 1965; Riggs, 1987; Sortland e Macdonald, 1987; Schmitt e Riggs, 1991; Valle et al., 1996b, 1997a,b). Fato semelhante ocorre nas variedades de soja resistentes ao nematóide (Ross, 1958; Endo, 1965; Acedo et al., 1984). Riggs (1987) testou 66 plantas de 50 espécies, incluindo 44 leguminosas, quanto à reação a *H. glycines*, e dividiu-as em 5 categorias: 1 - não houve penetração; 2 - houve penetração, mas os juvenis não se desenvolveram além de J2; 3 - houve penetração e desenvolvimento até J3/J4, sem formação de fêmeas; 4 - houve produção de fêmeas, porém inferior a 10% do número de fêmeas formadas em soja; 5 - Produção de fêmeas superior a 10% do número de fêmeas observadas em soja. Apenas as plantas da categoria 5 foram consideradas hospedeiras eficientes. Todas as 7 plantas classificadas nessa categoria eram leguminosas, assim como as duas plantas da categoria 4 (ervilha e alfafa). Das 8 plantas na categoria 3, 6 eram leguminosas. As plantas de outras espécies (18 entre 20 testadas) concentraram-se nas categorias 1 (11 plantas) e 2 (7 plantas). Apenas 15 das 44 leguminosas não foram penetradas por juvenis de *H. glycines*, demonstrando que a penetração de juvenis de *H. glycines* nas raízes de leguminosas, mesmo das não-hospedeiras, é freqüente. Esses resultados demonstram, também, a predominância de leguminosas entre as hospedeiras desse nematóide.

A formação de machos de *H. glycines* nas raízes de plantas não-hospedeiras parece ser um evento comum. Valle et al. (1996b, 1997b) (Quadros 3) encontraram machos de *H. glycines* nas raízes de espécies em que não foram formadas fêmeas, como *Crotalaria striata* Schrank, mucuna-anã, mucuna preta, *Canavalia brasilianum* DC., *Calopogonium muconoides* Desv., *Stylosanthes humilis* H.B.K., *Indigofera erecta* Hochst. ex A. Rich. e *Neonotonia wightii* (soja perene – sin. *Glycines wightii* Willd.). Este fato foi também relatado por Schmitt e Riggs (1991), em repolho (*Brassica oleraceae* L.), e por Rodríguez-Kábana et al. (1992b), em *M. deeringiana*.

Quadro 5 - Reação de espécies de leguminosas a uma população de *Heterodera glycines* raça 3, proveniente de Nova Ponte - MG (Valle et al., 1997b)

EXPERIMENTO 1			
Espécie	Número de fêmeas/ sistema radicular*		Presença de juvenis e machos nas raízes
	30 dias	45 dias	
<i>Calopogonium muconoides</i>	0,0	0,0	+
<i>Canavalia ensiformis</i> (feijão-de-porco)	0,0	0,5 (0,5)	+
<i>Canavalia brasiliensis</i>	0,0	0,0	+
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	0,75 (0,5)	0,0	+
<i>Galactia striata</i>	4,0 (1,9)	0,5 (0,6)	+
Soja 'FT-Cristalina'	130 (108)	167 (99)	+

EXPERIMENTO 2		
Espécie	Número de fêmeas/sistema radicular aos 30 dias*	Presença de juvenis e machos nas raízes
<i>Indigofera erecta</i>	0	+
<i>Leucaena pulverulenta</i>	0	-
<i>Neonotonia wightii</i> (soja perene)	0	+
<i>Stylosanthes humilis</i>	0	+
Soja 'FT-Cristalina'	172 (49)	+

* médias de 3 a 8 repetições

Segundo Koliopanos e Triantaphyllou (1972), a determinação do sexo em *H. glycines* é controlada geneticamente, sendo definida na formação do zigoto, e não é influenciada pelo ambiente em que o juvenil se desenvolve. Segundo os mesmos autores, a predominância de machos reflete a mortalidade diferencial de fêmeas sob condições de estresse, que aqui correspondem à tentativa de desenvolvimento em plantas não-hospedeiras. É provável que, nestas espécies, os síncitos não permaneçam funcionais por tempo suficiente para a formação de fêmeas. Síncitos onde se alimentam machos, degeneram-se naturalmente nove dias após a inoculação de juvenis, enquanto os de fêmeas permanecem funcionais até os 21 dias, em variedades suscetíveis de soja (Endo, 1992). Na variedade resistente 'Peking', a degeneração precoce dos síncitos impede que o desenvolvimento das fêmeas se complete, mas são formados machos (Ross, 1958; Kim e Riggs, 1992).

Em mucuna-anã e mucuna preta ocorre a formação de síncitos,

como já foi observado por Sanches, Monteiro, Ferraz e Valle (dados não publicados). Estes, porém, parecem não suportar o desenvolvimento de uma fêmea adulta. Em espécies nas quais nem machos são formados, a degeneração dos síncitos pode ser muito rápida ou estes podem nem ser formados em resposta às secreções do nematóide. Estudos específicos são necessários para esclarecer os mecanismos envolvidos na resistência de outras espécies vegetais à *H. glycines*.

O significado biológico dessa habilidade do nematóide em penetrar nas raízes de plantas não-hospedeiras e, em alguns casos, induzir a formação de síncitos, alimentar-se e formar machos adultos é uma incógnita. Como esse fenômeno ocorre em várias espécies de plantas, muitas das quais não tiveram a oportunidade de co-evoluir com o patógeno, é pouco provável que estas tenham sido hospedeiras do nematóide um dia e que tenham evoluído para impedir o seu desenvolvimento. Parece mais lógico supor que a penetração ocorre de forma inespecífica em um grande número de espécies vegetais, mas a formação de fêmeas depende de condições oferecidas por apenas algumas delas. Outro questionamento interessante é por que algumas espécies são penetradas e outras não. Seriam estímulos químicos ou características físicas das raízes, ou ambos, os responsáveis por essa diferença? Repolho, cujas raízes são penetradas, aparentemente não estimula a eclosão de juvenis de *H. glycines*, mas talvez exerça atração sobre os juvenis (Schmitt e Riggs, 1991). Eis aí um instigante campo para pesquisas, que pode gerar conhecimentos úteis para o controle desse nematóide.

3. Controle de *H. glycines* com plantas antagonistas

3.1 Leguminosas

A rotação da soja com culturas não-hospedeiras é essencial para o manejo do nematóide de cistos. No Brasil, a rotação com milho tem sido a opção adotada pelos produtores para o controle deste nematóide. Com o crescente aumento da área infestada, torna-se necessário buscar plantas alternativas com potencial para reduzir a população de *H. glycines* no campo.

A adubação verde com leguminosas, prática que contribui para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, com reflexos positivos sobre a produção de soja (Tanaka et al., 1992), tem-se mostrado

uma boa opção para o controle de fitonematóides (Monteiro, 1993; Ferraz & Valle, 1997). Plantas como mucunas e crotalárias foram muito estudadas para o controle de outros nematóides, principalmente os de galhas (*Meloidogyne* spp.), mas pouca atenção foi dada ao estudo destas plantas como alternativas para o controle de *H. glycines*.

A primeira referência sobre a ação de crotalárias sobre *H. glycines* data de 1957, quando Skotland (1957) observou que *Crotalaria mucronata* Desv. e *C. spectabilis* eram penetradas por juvenis, mas não permitiam a reprodução do nematóide. Riggs (1987) observou que *H. glycines* penetra, mas não se desenvolve nas raízes de *C. spectabilis*. *Crotalaria lanceolata* E. Meyer e *C. juncea* são citadas por Riggs (1992) como hospedeira eficiente e hospedeira desfavorável, respectivamente, de *H. glycines*. Esses resultados com *C. spectabilis* e *C. juncea* foram confirmados por Valle et al. (1996b), que também observaram que *C. paulina* e *C. striata* se comportaram como não-hospedeiras (Quadro 3). Em casa-de-vegetação, utilizando vasos com solo naturalmente infestado por *H. glycines*, Dias et al. (1995a) observaram redução significativa do número de cistos e ovos do nematóide no solo em relação ao observado em soja após quatro meses de cultivo de *C. paulina*. O número de fêmeas/sistema radicular de soja plantada após *C. paulina* (17 fêmeas/sistema radicular) também foi significativamente inferior ao observado na sucessão soja-soja (116 fêmeas/sistema radicular). Valle (1996) observou, após 120 dias de cultivo de *C. spectabilis* e *C. striata* em vasos com solo naturalmente infestado por *H. glycines* raça 3, proveniente de Nova Ponte - MG, redução média de 30% do número de ovos nos cistos em comparação ao solo mantido sem plantas (alqueive) (Quadro 6). Quando se plantou soja nesses vasos, simulando uma sucessão, o efeito do plantio anterior de *C. striata* sobre o número de fêmeas nas raízes de soja foi mais pronunciado, com acentuada redução em relação ao alqueive (254 contra 609, respectivamente - Quadro 7). Já *C. spectabilis* mostrou apenas pequena redução no número de fêmeas em soja em relação ao alqueive. As duas espécies tiveram um efeito notável sobre o peso fresco das plantas de soja, principalmente *C. striata* (Quadro 7). Seria interessante avaliar se há uma ação alelopática estimulatória de crotalárias sobre a soja, ou se o estímulo ao crescimento se deve a outros fatores, como o aumento da disponibilidade de algum nutriente no solo.

A constatação de que espécies de *Crotalaria* podem ser utilizadas no controle de *H. glycines* é importante, pois estas plantas são resistentes a

outros nematóides que parasitam soja, como *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. e *Rotylenchulus reniformis* (SILVA et al., 1989a, 1989b, 1990), e poderão ser alternativas para o controle de infestações poliespecíficas de nematóides nessa cultura.

Estudos com mucunas remontam à década de 50, quando Skotland (1957) observou que *Mucuna deeringiana* era não hospedeira de *H. glycines*. Em testes com solo infestado em casa-de-vegetação, Rodríguez-Kábana et al. (1992a) observaram que *M. deeringiana* apresentava bom potencial para utilização no controle de *H. glycines*, reduzindo eficientemente a população do nematóide no solo. Resultado semelhante foi obtido por Dias et al. (1995a), trabalhando com mucuna-preta, que não observaram fêmeas nas raízes da soja plantada em vasos com solo infestado (334 cistos, 16.250 ovos / 100 cm³ de solo) em sucessão a quatro meses de mucuna, enquanto para a sucessão soja-soja foram encontradas 116 fêmeas. No Alabama, EUA, *M. deeringiana* foi utilizada com sucesso por Weaver et al. (1993), no campo, em rotação com soja, para o controle de *M. arenaria* e *H. glycines*, reduzindo o número de juvenis dos dois nematóides no solo e permitindo, com apenas um ano de plantio, um aumento médio de 105% na produção de soja em relação ao monocultivo. Em área de campo naturalmente infestada por *H. glycines* (média de 15 cistos viáveis por 100 cm³ de solo), em Tarumã, SP, um ciclo de mucuna reduziu em 68% o número de cistos viáveis no solo (Garcia & Silva, 1997a). O potencial das mucunas para o controle de *H. glycines* foi confirmado por Valle (1996). Após 120 dias de cultivo em solo infestado mantido em vasos, mucuna-anã e mucuna-preta reduziram o número de ovos nos cistos para apenas 42% (992) e 48% (1.143), respectivamente, do número de ovos remanescente após 120 dias de alqueive (2.349), demonstrando claramente que o efeito dessas plantas supera a simples ausência de uma planta hospedeira (Quadro 6). Estudos subsequentes demonstraram que as raízes de mucuna preta são maciçamente penetradas por juvenis de *H. glycines*, superando inclusive a soja "Cristalina", e que seus lixiviados radiculares têm pronunciado efeito estimulatório sobre a eclosão de juvenis "in vitro". Como o nematóide não se desenvolve nessa espécie, ela apresenta as características desejáveis de uma boa planta armadilha (Valle et al., 1997b).

Quadro 6 - Número de cistos, de ovos nos cistos e de juvenis/100 cm³ de solo após 120 dias de alqueive ou cultivo de diferentes leguminosas em vasos com solo infestado por *Heterodera glycines*, mantidos em casa-de-vegetação (Valle, 1996)

Tratamento	Cistos/100 cm ³ * de solo cm ³	Ovos nos cistos/100 de solo*	Juvenis/100 cm ³ de solo*
Soja	867 (178)	53066 (21803)	4115 (1800)
Guandu	157 (19)	1322 (372)	98 (92)
<i>Centrosema pubescens</i>	166 (18)	2289(925)	109 (115)
<i>C. plumieri</i>	179 (28)	3726 (1998)	338 (130)
<i>Crotalaria spectabilis</i>	164 (16)	1573 (378)	156 (143)
<i>C. striata</i>	180 (20)	1721 (143)	209 (96)
Mucuna Anã	159 (16)	998 (436)	62 (65)
Mucuna Preta	157 (23)	1143 (482)	136 (122)
Alqueive	162 (32)	2349 (1030)	197 (91)

* Médias originais de cinco repetições.

() Desvio-padrão

A eficiência das mucunas em controlar esse nematóide pode estar associada ao estímulo à eclosão, que pode reduzir a sobrevivência dos ovos no solo. A não-ocorrência de estímulo à eclosão de juvenis em condições de campo favorece a sobrevivência prolongada destes (Schmitt e Riggs, 1991), que podem permanecer viáveis no solo por, pelo menos, nove anos na ausência de plantas hospedeiras (Inagaki e Tsutsumi, 1971, citados por Schmitt e Riggs, 1991).

O antagonismo de mucunas a *Meloidogyne incognita* raça 3 parece envolver alguns componentes químicos. Diferentes extratos e frações obtidos de raízes ou de parte aérea de mucuna- preta bem como alguns de seus constituintes testados puros mostraram efeito inibitório sobre a eclosão de juvenis ou ação nematicida / nematostática sobre juvenis já eclodidos (Nogueira, 1994; Nogueira et al., 1994, 1997; Barcelos, 1997). Alguns exemplos de constituintes com atividade nematicida “in vitro” são o álcool triacontan-1-ol, o éster de cadeia longa tetracosanoato de triacontila (Nogueira et al., 1994) e o aminoácido L-Dopa (Barcelos, 1997), todos presentes na parte aérea da mucuna-preta. Um álcool não identificado com ação nematicida foi relatado nas raízes de mucuna preta (Barcelos, 1997). As frações com atividade nematicida a *M. incognita* estudadas por Nogueira (1994) não tiveram o mesmo efeito sobre *M. arenaria* e *M. javanica*, sugerindo uma certa especificidade de atuação. Não se sabe, ainda, se esses compostos têm alguma ação contra *H. glycines*.

Quadro 7 - Número de fêmeas por sistema radicular de soja e peso de matéria fresca das plantas nos bioensaios realizados após 120 dias de cultivo das diferentes espécies de leguminosas em vasos com solo infestado por *Heterodera glycines*, em casa-de-vegetação (Valle, 1996)

Tratamento	Fêmeas por sistema radicular de soja no bioensaio*	Peso de matéria fresca (g)*	
		Parte aérea	Sistema radicular
Soja	550 (471)**	1,30	0,91
Guandu	114 (39)	4,92	2,47
<i>Centrosema pubescens</i>	362 (216)	4,95	2,73
<i>C. plumieri</i>	300 (165)	3,26	1,92
<i>Crotalaria spectabilis</i>	558 (155)	6,02	2,59
<i>C. striata</i>	274 (109)	9,14	3,97
Mucuna-Anã	110 (65)	4,07	2,43
Mucuna-Preta	58 (20)	3,60	2,16
Alqueive	609 (367)	3,83	2,37

* Médias originais de cinco repetições.

() Desvio-padrão

** O baixo número de fêmeas para a sucessão soja-soja (550), usada como testemunha suscetível, deveu-se ao pequeno desenvolvimento das plantas de soja nesse tratamento, como demonstram os valores de matéria fresca, em razão da elevada população de nematóides no solo após 120 dias de cultivo de soja (53.066 ovos e 4.115 juvenis / 100 cm³ de solo - Quadro 6).

Oguandu (*Cajanus cajan* 'IAC Fava Larga'), leguminosa conhecida como o zebu do Cerrado por sua rusticidade, sistema radicular forte e profundo e capacidade de mobilizar nutrientes, mostrou grande potencial como alternativa para o controle do nematóide de cistos da soja (Quadro 6) (Valle, 1996). Assim como a mucuna-preta, apresentou efeito estimulatório sobre a eclosão de juvenis, e suas raízes foram maciçamente penetradas por estes. Observou-se alguma multiplicação do nematóide, porém muito baixa, com médias inferiores a uma fêmea / sistema radicular (Valle et al., 1997a). Após 120 dias de cultivo de guandu, o número de ovos remanescentes correspondeu a apenas 56% do observado após igual período de alqueive, resultado comparável ao obtido com mucuna e, provavelmente, em função de sua capacidade de atuar de forma eficiente como planta armadilha, assim como aquela.

Plantas hospedeiras desfavoráveis como o guandu podem ser tão ou mais eficientes em controlar o nematóide quanto plantas não-hospedeiras. O número de juvenis que eclodem e morrem durante o ciclo destas plantas,

provavelmente, é muito superior ao número de ovos produzidos pelas poucas fêmeas formadas em suas raízes. Fenômeno semelhante acontece quando se planta uma cultivar resistente de soja, que apesar de permitir alguma reprodução do nematóide, reduz acentuadamente sua população no solo (Moore et al., 1984; Schmitt, 1992). Portanto, o fato de uma planta permitir uma pequena multiplicação do nematóide não inviabiliza o seu uso no controle deste. Entretanto, a pressão de seleção exercida pelo cultivo contínuo de um hospedeiro desfavorável pode levar à predominância de indivíduos capazes de atacá-lo na população do nematóide, como ocorre com variedades resistentes de soja (Schmitt, 1992). É recomendável que estas plantas sejam utilizadas com os mesmos cuidados que uma variedade resistente, em programas de rotação que incluam, também, uma planta não-hospedeira.

Espécies do gênero *Centrosema* também mostraram resultados promissores (Valle, 1996). O cultivo de *Centrosema plumieri* e *C. pubescens* por 120 dias, em vasos com solo infestado, reduziram em 50% o número de fêmeas nas raízes da soja plantada em sucessão, em relação ao observado após o mesmo tempo de alqueive, apesar de o números de ovos e juvenis no solo, após essas espécies, serem similares aos obtidos após alqueive. Isto sugere que substâncias liberadas pelas raízes ou por microrganismos rizosféricos durante o crescimento das plantas, ou ainda pelas raízes picadas e incorporadas ao solo antes do plantio de soja, passam estar influenciando a viabilidade dos ovos e juvenis no solo e a invasão das raízes da soja. Novos estudos são necessários para avaliar a possível ação nematicida das raízes de centrosemas.

Em trabalhos realizados em vasos, usualmente, não se incorpora a parte aérea das plantas, por questões operacionais. A adição de matéria orgânica tem efeitos como liberação de substâncias tóxicas a nematóides durante a decomposição e favorecimento da microflora antagônica (Badra et al., 1979; Rodríguez-Kábana & Pinochet, 1995). Devido a estes efeitos e à presença de compostos nematicidas na parte aérea de algumas plantas (por exemplo, mucuna-preta - Nogueira et al., 1994; Barcelos et al., 1997), a incorporação da parte aérea talvez propiciasse um maior controle do nematóide, como observado nos trabalhos de Huang e Charchar (1981) e Asmus e Ferraz (1988) com adubos verdes para o controle de nematóides de galhas.

As leguminosas *Aeschynomene americana* L. e *Indigofera hirsuta* L. (anileira), testadas no campo por Rodríguez-Kábana et al. (1990a), reduziram em 95-100% as populações de juvenis de *H. glycines* e *M. arenaria* no solo com um ciclo de cultivo. No plantio de soja do ano seguinte, a produção foi em média 46% (*A. americana*) e 55% (anileira) superior à obtida com o plantio contínuo de soja.

Embora a exploração da cultura da soja se caracterize por áreas extensas, o nematóide normalmente ocorre em reboleiras e não em toda a propriedade. Dividindo-se a propriedade em talhões, a rotação pode ser efetuada apenas naqueles infestados pelo nematóide. Desta forma, a área a ser plantada com os adubos verdes fica bem menor, o que contribui para a viabilidade do sistema. Deve-se considerar, também, que a adubação verde pode melhorar a produção de soja mesmo na ausência de nematóides, pelos seus efeitos sobre as condições químicas e físicas do solo, como foi observado por Tanaka et al. (1992). Há a possibilidade de se efetuar a adubação verde com guandu, mucunas e crotalárias sem que se perca uma estação de plantio. O plantio pode ser realizado após a cultura principal (fevereiro a abril), com corte e incorporação em junho-agosto (Wutke, 1993). A mucuna-preta presta-se, também, para o plantio direto, caso em que não se faria a incorporação (Lorenzi, 1984). O plantio anterior à cultura principal também é possível e, neste caso, esta seria explorada como "safrinha". A cultura principal pode ser a soja ou uma cultura não hospedeira do nematóide empregada na rotação, como o milho, por exemplo, que se beneficiaria do nitrogênio fixado pelas leguminosas.

Apenas a sucessão soja-adubo verde ou adubo verde-soja provavelmente não será suficiente para se obter um controle satisfatório do nematóide. De fato, os resultados de Valle (1996) e Garcia & Silva (1997b) demonstram que a população do nematóide ainda é alta após um ciclo de cultivo dos adubos verdes. Segundo Yorinori (1994), um ano de rotação com milho não tem sido suficiente para o controle do nematóide em muitas situações. No entanto, pode-se associar a sucessão e a rotação, como por exemplo: soja - adubo verde em um ano, adubo verde - milho no ano seguinte, novamente soja - adubo verde, e assim sucessivamente, o que permitiria um plantio de soja a cada dois anos, intercalado com dois ciclos de plantas não-hospedeiras. Esta e outras alternativas de utilização da adubação verde no controle de *H. glycines* merecem ser avaliadas no campo, pois podem gerar novas estratégias de controle deste nematóide, além de

opções para o controle de infestações mistas de *H. glycines* e *Meloidogyne* spp.

Um problema associado à rotação de leguminosas com soja é a possibilidade de essas plantas serem hospedeiras de outros patógenos que atacam essa cultura. Não há muita informação disponível a esse respeito. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary mata plantas de mucuna-preta quando inoculada artificialmente via palito, mas *Crotalaria juncea* é resistente (Silveira et al., 1997). A rotação com *Mucuna deeringiana* não reduziu a incidência de *Sclerotium rolfsii* Sacc. em amendoim, o que foi conseguido após algodão e capim 'Pensacola' (*Paspalum notatum* Fluegge 'Pensacola') (Rodríguez-Kábana et al., 1994). Raízes de *Crotalaria spectabilis* e guandu são altamente colonizadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* J.B. Kendrick & W.C. Snyder, apesar de as plantas não mostrarem sintomas, favorecendo a sobrevivência desse patógeno (Coelho Netto & Dhingra, 1997). Espécies de *Fusarium* que atacam a soja, podem apresentar comportamento semelhante. Leguminosas empregadas em adubação verde, incluindo mucuna-preta, crotalárias, guandu e feijão-de-porco, não mostraram sintomas de cancro da haste 40 dias após a inoculação via palito de *Phomopsis phaseoli* f. sp. *meridionalis* Morgan-Jones, época em que as plantas de soja 'UFV-10' já estavam mortas. Após tratamento com Paraquat para revelar infecção latente, entretanto, todas mostraram inúmeros picnídios com abundante esporulação, à exceção de *C. juncea*, que não se mostrou infectada, e mucuna-preta, na qual poucos picnídios foram formados (Pereira & Valle, 1997). Espécies de mucuna são suscetíveis à *Cercospora sojina* Hara, mas o número e o tamanho das lesões são menores que os observados em soja 'Bossier' (Sanches, Valle e Ferraz, resultados não publicados). Mucunas são bastante suscetíveis a *Pratylenchus* spp., alguns dos quais atacam a soja. Para que as leguminosas possam ser recomendadas com maior segurança, mais estudos são necessários para caracterizar sua reação frente a patógenos da soja.

3.2 Gramíneas

Não se conhece qualquer espécie de gramínea hospedeira de *H. glycines*. Valendo-se dessa característica, vários trabalhos já testaram, com sucesso, o uso dessas plantas em rotação com a soja para o controle do nematóide de cistos.

Sorgo 'Pioneer 8222' e 'Pioneer 8333' foram utilizados por Rodríguez-Kábana et al. (1990b, 1991) em rotação com soja para o controle

de *H. glycines* raça 4 e *M. arenaria* raça 2. Dois anos de plantio de sorgo aumentaram a produção de soja de 31 a 231% em relação ao monocultivo, dependendo da cultivar de soja, com maiores ganhos para as cultivares que não apresentavam resistência a nenhum dos nematóides.

O milho é uma das culturas mais utilizadas em rotação com a soja. Não é hospedeiro de *H. glycines*, apresentando bons resultados quando utilizado em rotação com soja para o controle deste nematóide (Weaver et al., 1988; Rodríguez-Kábana et al., 1991; Sasser e Uzzell Jr., 1991; DIAS et al., 1995a). Problemas com doenças, armazenamento e comercialização, preços baixos, dentre outros, têm desestimulado a rotação com milho em algumas regiões produtoras, sobretudo naquelas onde não há um mercado desenvolvido para este produto.

Em muitas áreas produtoras da região Centro-Oeste, a integração entre agricultura e pecuária é comum. A rotação com pastagens pode ser uma alternativa viável para esses agricultores-pecuaristas. A rotação com pastagens permanentes oferece a vantagem de se ter as plantas no campo durante todo o ano, e não apenas durante a estação de cultivo. A cobertura constante do solo ainda pode reduzir a disseminação dos cistos do nematóide para outras áreas, por manter o solo protegido. A incidência de doenças causadas por fungos de solo também pode ser reduzida (Rodríguez-Kábana et al., 1994), bem como pode obter-se o controle de nematóides de galhas (Lenné, 1981; Brito e Ferraz, 1987). Além disso, a rotação com pastagens permanentes contribui para a melhoria de atributos do solo como teor de matéria orgânica, densidade, porosidade, permeabilidade e fertilidade (Cardoso, 1993; Salton et al., 1995). O plantio direto sobre a pastagem, estudado por Salton et al. (1995), favorece a rotação com custos competitivos e permite a substituição rápida da pastagem pela lavoura.

Os benefícios da rotação com gramíneas forrageiras sobre a produção de soja foram estimados por Spain et al. (1996). O cultivo de pastagens, precedendo a soja, propiciou um aumento na produção equivalente a 127 kg/ha/ano. Esses autores relatam, também, um aumento considerável da produtividade das forrageiras graças ao efeito residual da adubação para a soja e para o milho, reduzindo a área necessária para a produção de forragem, além da possibilidade de se plantar capins de melhor qualidade, como *Panicum maximum* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, mais exigentes em fertilidade do solo. O plantio direto de soja sobre *B. brizantha* cv.

Marandu, após aplicação de um herbicida dessecante seguido de um pós-emergente seletivo, conduziu a uma produtividade situada entre as maiores do estudo em questão.

Paspalum notatum 'Pensacola' é uma gramínea forrageira promissora para o controle de populações mistas de nematóides. Rodríguez-Kábana et al. (1989), no Alabama, EUA, obtiveram um aumento médio de 110% na produção de soja em relação ao monocultivo pela rotação desta gramínea por dois anos, em área infestada com *H. glycines* raça 4 e *M. arenaria*, variando de 33% para a cultivar 'Leflore' (resistente a *H. glycines* raça 4) a 233% para a cultivar 'Braxton' (suscetível). O número de juvenis dos dois nematóides no solo foi drasticamente reduzido pela rotação com *P. notatum*.

As gramíneas forrageiras *Andropogon gayanus* 'Planaltina', *Brachiaria brizantha* 'Brizanta Comum' e 'Brizantão', *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. ruziziensis* e *Panicum maximum* 'Guiné', 'Tobiatã' e 'Vencedor', que são algumas das espécies mais plantadas no Brasil, foram testadas em casa-de-vegetação quanto à sua eficiência no controle do nematóide, mediante o cultivo por 92 dias em vasos com solo naturalmente infestado (Valle et al., 1996a). As gramíneas foram tão eficientes quanto a mucuna-preta e mais eficientes que a simples manutenção do solo sem plantas, reduzindo em cerca de 30% o número de ovos e em cerca de 60% o número de fêmeas formadas nas raízes da soja plantada em sucessão quando comparadas ao alqueive (Quadros 8 e 9). As diferentes gramíneas apresentaram eficiência semelhante entre si, à exceção de *B. ruziziensis*, que se mostrou a menos eficiente delas, apresentando efeito similar ao do alqueive, mas ainda assim muito superior à sucessão soja-soja (testemunha suscetível).

A presença das gramíneas no campo durante o ano todo pode favorecer o controle do nematóide de cistos, pois os resultados aqui apresentados demonstram que a redução do número de ovo de ovos é maior no solo com gramíneas que no solo sem plantas. Eles demonstram, também, que estas espécies apresentam potencial para a utilização em rotação com soja para o controle de *H. glycines*, com a vantagem de serem espécies de forrageiras bastante difundidas no País.

Quadro 8 - Médias originais de número de cistos, ovos e juvenis por 100 cm³ de solo após 92 dias de alqueive ou cultivo de mucuna-preta, soja ou gramíneas forrageiras em vasos com solo infestado, mantidos em casa-de-vegetação (médias de sete repetições) (Valle et al., 1996a)

Tratamentos	Cistos/100 cm ³ de solo	Ovos/100 cm ³ de solo	Juvenis/100 cm ³ de solo
<i>Andropogon gayanus</i> 'Planaltina'	269,43 (53,32)	4828,57 (1522,93)	480,00 (73,03)
<i>Brachiaria brizantha</i> 'Brizanta Comum'	195,71 (34,47)	4085,71 (1063,94)	331,43 (198,27)
<i>B. brizantha</i> 'Brizantão'	182,00 (57,15)	3971,43 (1717,32)	314,29 (93,60)
<i>B. decumbens</i>	251,86 (41,13)	4262,86 (1119,01)	457,14 (73,03)
<i>B. humidicola</i>	230,57 (43,50)	3914,29 (737,36)	497,14 (184,54)
<i>B. ruziziensis</i>	261,57 (29,98)	5771,43 (2119,59)	542,86 (253,88)
<i>Panicum maximum</i> 'Guiné'	213,57 (46,90)	3834,29 (1471,22)	445,71 (255,53)
<i>P. maximum</i> 'Tobiatã'	218,43 (44,21)	3771,43 (1529,74)	377,14 (220,13)
<i>P. maximum</i> 'Vencedor'	191,14 (56,47)	3314,29 (1243,96)	331,43 (130,05)
Alqueive	248,00 (34,97)	5694,29 (934,43)	462,86 (194,40)
Mucuna-preta	204,00 (40,83)	3394,29 (918,67)	280,00 (184,75)
Soja 'FT-Cristalina'	411,71 (111,01)	35457,14 (18131,28)	2948,57 (2209,28)

() Desvio padrão

Quadro 9 - Efeito de 92 dias de alqueive ou cultivo de soja, mucuna-preta ou gramíneas forrageiras sobre o número de fêmeas de *Heterodera glycines* por sistema radicular das plantas de soja no bioensaio (médias de sete repetições - dados originais) (Valle et al., 1996a)

Tratamentos	Fêmeas/sist. rad. de soja
<i>Andropogon gayanus</i> 'Planaltina'	17,57 (13,41)
<i>Brachiaria brizantha</i> 'Brizanta Comum'	23,71 (21,76)
<i>B. brizantha</i> 'Brizantão'	18,00 (14,42)
<i>B. decumbens</i>	18,71 (12,94)
<i>B. humidicola</i>	29,71 (20,11)
<i>B. ruziziensis</i>	50,14 (19,71)
<i>Panicum maximum</i> 'Guiné'	21,86 (27,17)
<i>P. maximum</i> 'Tobiatã'	14,57 (10,05)
<i>P. maximum</i> 'Vencedor'	18,71 (14,41)
Alqueive	48,57 (23,93)
Mucuna-Preta	37,57 (45,69)
Soja 'FT-Cristalina'	85,86 (92,99)

() Desvio padrão

4. Citações Bibliográfica

ACEDO, J.R.; DROPKIN, V.H.; LUEDDERS, V.D. Nematode population attrition and histopathology of *Heterodera glycines* – soybean associations. *Journal of Nematology*, v.16, p.48-57, 1984.

ASMUS, R.M.F.; FERRAZ, S. Antagonismo de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, a *Meloidogyne javanica*. *Fitopatologia Brasileira*, v.13, p.20-24, 1988.

BADRA, T.; SALEH, M.A.; OTEIFA, B.A. Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments. *Revue Nématologie*, v.2, p.29-36, 1979.

BARCELOS, F.F. Isolamento e avaliação da atividade nematicida de constituintes químicos de *Mucuna aterrima*. Viçosa: UFV, 1997. 93p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

BARCELOS, F.F.; BARBOSA, L.C.de A.; DEMUNER, A.J.; SANTOS, M.A.dos; WERLANG, R.C. Atividade nematicida de constituintes químicos de *Mucuna aterrima* and *Heterodera glycines*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 20., 1997, Gramado, RS. Resumos... Gramado, RS: SBN/UEFP/EMBRAPA, 1997. p.64.

BECKER, W.F. O nematóide de cisto *Heterodera glycines* Ichinohe em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) aspectos do parasitismo, reação de cultivares, herança da resistência e interação com outros microorganismos. Viçosa, UFV, 1994. 101p. Dissertação (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

BRITO, J.A. de; FERRAZ, S. Antagonismo de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* cv. Guiné a *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v.11, p.270-285, 1987.

CARDOSO, A.N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: **ARANTES, N.E., SOUZA, P.I.M. (Eds.).** A cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: Potafos, 1993. p.71-104.

COELHO NETTO, R.A.; DHINGRA, O.D. Colonização de raízes de espécies não- hospedeiras por *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. Fitopatologia Brasileira, v.22, p.289, 1997.

DIAS, W.P.; FERRAZ, S.; LIMA, R.D. Efeito de algumas espécies vegetais sobre a população de *Heterodera glycines* Ichinohe, em casa-de-vegetação. Fitopatologia Brasileira, v.20, p.370, 1995a.

DIAS, W.P.; FERRAZ, S.; SILVA, A.A.; LIMA, R.D.; VALLE, L.A.C. Hospedabilidade de algumas ervas daninhas ao nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 2., 1995, Rio Quente, GO. Programas e anais... Brasília, DF: SBN/ONTA, 1995b. p.36.

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

ENDO, B.Y. Cellular responses to infection. In: **RIGGS, R.D. & WRATHER, J.A. (Eds).** Biology and management of the soybean cyst nematode. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1992. p.37-49.

FERRAZ, S.; VALLE, L.A.C. Utilização de plantas antagônicas no controle de fitonematóides. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 2., 1995, Rio Quente, GO. Programas

e anais... Brasília, DF: SBN/ONTA, 1995. p.257-276.

FERRAZ, S.; VALLE, L.A.C. Controle de fitonematóides por plantas antagônicas. Viçosa: UFV, 1997. Cadernos Didáticos, 7. 73p. 1997.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V. Efeito da rotação com milho e mucuna preta sobre a população de *Heterodera glycines* e a produção de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 18., Uberlândia, MG, 1996. Ata e Resumos. Uberlândia: UFU/DEAGRO, 1997a. p.309.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V. Rotação e sucessão de culturas para a redução populacional do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 20., 1997, Gramado, RS. Resumos... Gramado, RS: SBN/UFP/EMBRAPA, 1997b. p.59.

HUANG, C.S.; CHARCHAR, J.M. Período de permanência de *Crotalaria spectabilis* no campo influenciando no controle de meloidoginose em cenoura. Fitopatologia Brasileira, v.6, p.538-539, 1981.

KIM, K.S.; RIGGS, R.D. Cytopathological reactions of resistant soybean plants to nematode invasion. In: RIGGS, R.D. & WRATHER, J.A. (Eds.). Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1992. p.157-168.

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

LENNÉ, J.M. Controlling *Meloidogyne javanica* on *Desmodium ovalifolium* with grasses. Plant Disease, v.65, p.870-871, 1981.

LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.183-198.

MILLER, L.I. Variation in development of eleven isolates of *Heterodera glycines* on *Beta vulgaris*. Phytopathology, v.52, p.1068, 1965.

MILLER, L.I. Development of eleven isolates of *Heterodera glycines* on six legumes. *Phytopathology*, v.57, p.647, 1967.

MILLER, L.I. Physiologic variation in six isolates of *Heterodera glycines*. *Phytopathology*, v.59, p.1558, 1969.

MILLER, L.I. Suscetibility of Norman pigeon pea (*Cajanus cajan*) to certain isolates of *Heterodera glycines*. *Virginia Journal Science*, v.25, p.51, 1974.

MILLER, L.I. Suscetibility of tomato (*Lycopersicon esculentum*) to certain isolates of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). *Proceedings of the American Phytopathological Society*, v.2, p.125, 1975.

MONTEIRO, A.R. Controle de nematóides por espécies de adubos verdes. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. & MASCARENHAS, H.A.A. (Eds). Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1993. p.109-121.

MOORE, W.F.; BOST, S.C.; BREWER, F.L.; DUNN, R.A.; ENDO, B.Y.; GRAU, C.R.; HARDMAN, L.L.; JACOBSEN, B.J.; LEFFEL, R.; NEWMAN, M.A.; NYVALL, R.F.; OVERSTREET, C.; PARKS, C.L. Soybean cyst nematode. Washington: Soybean Industry Resource Committee, 1984. 23p.

NOEL, G.R. *Heterodera glycines* in soybean. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 17., 1993, Jaboticabal, SP. Anais... Jaboticabal: SBN/UNESP, 1993, p.23-32.

NOGUEIRA, M.A. Estudo químico de *Mucuna aterrima* e da sua atividade nematicida sobre o fitonematóide *Meloidogyne incognita* raça 3. Viçosa, UFV, 1994. 101p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) Universidade Federal de Viçosa, 1994.

NOGUEIRA, M.A.; OLIVEIRA, J.S.; FERRAZ, S.; PETERNELLI, L.A. Avaliação da atividade in vitro de extratos obtidos da parte aérea de *Mucuna aterrima* em relação a *Meloidogyne incognita* raça 3. *Revista Ceres*, v.41, p.506-510, 1994.

NOGUEIRA, M.A.; OLIVEIRA, J.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, M.A. The activity of *Mucuna deeringiana* and *Chenopodium ambrosioides* crudes extracts upon *Meloidogyne incognita* raça 3. *Revista*

Ceres, v.44, p.124-127, 1997.

PEREIRA, J.; VALLE, L.A.C. Plantas hospedeiras de *Phomopsis phaseoli* f.sp. *meridionalis*, agente causal do cancro da haste da soja. Fitopatologia Brasileira, v.22, p.553-554, 1997.

RIGGS, R.D. Nonhost root penetration by soybean cyst nematode. Journal of Nematology, v.19, p.251-254, 1987.

RIGGS, R.D. Host Range. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. (Eds.). Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1992. p.107-114.

RIGGS, R.D.; HAMBLIN, M.L. Soybean-cyst nematode host studies in the Leguminosae. Fayetteville: Arkansas Agriculture Experimental Station, 1962. 17p. (Report Series, 110).

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J. Management of plant parasitic nematodes: Cropping systems and soil suppressiveness. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 2., 1995, Rio Quente, GO. Programa e Anais... Brasília, DF: SBN/ONTA, 1995, p.277-284.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; WEAVER, C.F.; GARCIA, R.; ROBERTSON, D.G.; CARDEN, E.L. Bahiagrass for the management of root-knot and cysts nematodes in soybean. Nematropica, v.19, p.185-193, 1989.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; WEAVER, C.F.; ROBERTSON, D.G.; YOUNG, R.W.; CARDEN, E.L. Rotation of soybean with two tropical legumes for the management of nematode problems. Nematropica, v.20, p.101-110, 1990a.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; WEAVER, C.F.; ROBERTSON, D.G.; KING, P.S.; CARDEN, E.L. Sorghum in rotation with soybean for the management of cyst and root-knot nematodes. Nematropica, v.20, p.111-119, 1990b.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; ROBERTSON, D.G.; WEAVER, C.F.; WELLS, L. Rotations of bahiagrass and castorbean with peanut for the management of *Meloidogyne arenaria*. Journal of Nematology,

v.23, p.658-661, 1991.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J.; ROBERTSON, D.G.; WELLS, L. Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. Journal of Nematology, v.24, p.662-668, 1992a.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J.; ROBERTSON, D.G.; WEAVER, C.F.; KING, P.S. Horsebean (*Canavalia ensiformis*) and crotalaria (*Crotalaria spectabilis*) for the management of *Meloidogyne* spp. Nematropica, v.22, p.29-35, 1992b.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; KOKALIS-BURELLE, N.; ROBERTSON, D.G.; KING, P.S.; WELLS, L.W. Rotations with coastal bermudagrass, cotton, and bahiagrass for management of *Meloidogyne arenaria* and southern blight in peanut. Journal of Nematology, v.26, p.665-668, 1994.

ROSS, J.P. Host-parasite relationship of the soybean cyst nematode in resistant soybean roots. Phytopathology, v.48, p.578-578, 1958.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; BORGES, E.P.; PAIVA, C. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagem de braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. Resumos expandidos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.4, p.1816-1819.

SASSER, J.N.; UZZELL Jr., G. Control of the soybean cyst nematode by crop rotation in combination with a nematicide. Journal of Nematology, v.23, p.344-347, 1991.

SCHMITT, D.P. Populations dynamics. In: RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. (Eds.). Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1992. p.51-59.

SCHMITT, D.P.; RIGGS, R.D. Influence of selected plant species on hatching of eggs and development of juveniles of *Heterodera glycines*. Journal of Nematology, v.23, p.1-6, 1991.

SILVA, G.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Resistência de espécies de *Crotalaria* a *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaei*. Nematologia Brasileira, v.13, p. 81-86, 1989a.

SILVA, G.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Resistência de espécies de *Crotalaria* a *Rotylenchulus reniformis*. Nematologia Brasileira, v.13, p. 87-92, 1989b.

SILVA, G.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Histopatologia de raízes de *Crotalaria* parasitadas por *Meloidogyne javanica*. Fitopatologia Brasileira, v.15, p.46-48, 1990.

SILVA, J.F.V. 1996. Hospedabilidade de algumas plantas invasoras ao nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Campo Grande, Resumos, p.419.

SILVA, J.F.V.; GARCIA, A.; DA SILVA, E.A.; DIAS, W.P. Situação atual do nematóide de cisto da soja (NCS) no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 20., 1997, Gramado, RS. Resumos... Gramado, RS: SBN/UFP/EMBRAPA, 1997a. p.20-22.

SILVA, M.A.; HANADA, R.E.; SILVA, H.S.A.; LIMA, R.D.; VIEIRA, R.F. Reprodução de *Heterodera glycines* em algumas leguminosas. Fitopatologia Brasileira, v.22, p.324, 1997b.

SILVEIRA, R.G.; KARL, A.C.; NASSER, L.C.B.; GOMES, A.C. Avaliação de espécies de planta e de métodos de inoculação, a isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*. Fitopatologia Brasileira, v.22, p.311, 1997.

SKOTLAND, C.B. Biological studies of the soybean cyst nematode. Phytopathology, v.47, p.623-625, 1957.

SORTLAND, M.E.; MACDONALD, D.H. Effect of crop and weed species on development of a Minnesota population of *Heterodera glycines* race 5 after one to three growing periods. Plant Disease, v.71, p.23-27, 1987.

SPAIN, J.M.; AYARZA, M.A.; VILELA, L. Crop pasture rotations in the brazilian cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O

CERRADO, 8., 1996, Brasília, Anais... Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p.39-45.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; DIAS, O.S.; CAMPIDELLI, C.; BULISANI, E.A. Cultivo da soja após incorporação de adubo verde e orgânico. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.27, p.1477-1483, 1992.

VALLE, L.A.C. Controle do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, com leguminosas e gramíneas forrageiras. Viçosa, UFV, 1996. 74p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

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, v.20, p.1-11, 1996a.

VALLE, L.A.C.; DIAS, W.P.; FERRAZ, S. Reação de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, ao nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe. Nematologia Brasileira, v.20, p.30-40, 1996b.

VALLE, L.A.C.; FERRAZ, S.; TEIXEIRA, D.A. Estímulo à eclosão de juvenis, penetração e desenvolvimento de *Heterodera glycines* nas raízes de mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e guandu (*Cajanus cajan*). Nematologia Brasileira, v.21, p.67-83, 1997a.

VALLE, L.A.C.; SANCHES, J. de B.; MIZOBUTSI, E.H.; FERRAZ, S. Reação de leguminosas utilizadas como cobertura do solo e adubação verde ao nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. Fitopatologia Brasileira, v.22, p.330, 1997b.

WEAVER, D.B.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; ROBERTSON, D.G.; AKRIDGE, R.L.; CARDEN, E.L. Effect of crop rotation on soybean in a field infested with *Meloidogyne arenaria* and *Heterodera glycines*. Annals of Applied Nematology, v.2, p.106-109, 1988.

WEAVER, D.B.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; CARDEN, E.L. Velvetbean in rotation with soybean for management of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne arenaria*. Journal of Nematology, v.25, p.809-813, 1993.

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

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

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. & MASCARENHAS, H.A.A.; (Eds). *Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1993. p.17-29.

YORINORI, J.T. Epidemiologia e controle do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). *Informativo ABRATES*, v.14, p.38-45, 1994.

ROTAÇÃO DE CULTURAS E MANEJO DO SOLO PARA CONTROLE DO NEMATÓIDE DE CISTO DA SOJA

Antônio Garcia, João Flávio Veloso Silva, José Erivaldo Pereira & Waldir P. Dias

Centro Nacional de Pesquisa de Soja-Embrapa

CP 231, 86 001-970, Londrina, PR

E-mail: garcia@cnpso.embrapa.br

1. Introdução

Assim que o nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*, foi detetado no Brasil, em 1992 (Lima et al., 1992; Lordello et al., 1992; Monteiro & Moraes, 1992), foi desencadeada, pelas instituições de pesquisa e de assistência técnica, intensa divulgação dos meios de controle conhecidos e disponíveis, com base, principalmente, na experiência relatada por pesquisadores norte-americanos. Como as principais espécies produtoras de grãos cultivadas no Brasil são consideradas não-hospedeiras do NCS, enfatizou-se a indicação da rotação da soja com essas espécies como principal meio de controle, uma vez que ainda não havia disponibilidade, no Brasil, de cultivares de soja resistentes. O resultado foi positivo, pois observou-se redução significativa da população de cistos no solo e consequente recuperação da produtividade da soja em áreas infestadas, na maioria dos casos em que os produtores adotaram as recomendações difundidas, substituindo a soja, por um ou dois anos, por uma espécie não-hospedeira. Esses resultados eram similares aos observados em estudos conduzidos nos Estados Unidos (Koenning et al., 1995; Moore et al., 1984; e Wrather, et al., 1992). As espécies mais utilizadas para substituir a soja têm sido o milho, o algodão e o arroz, e, em menor escala, por longo prazo, as pastagens ou com cana-de-açúcar.

No caso do Brasil, por não haver ainda, disponibilidade de cultivares resistentes ao NCS para atender toda a área infestada e pela ocorrência de nove raças de *H. glycines*, a prática da rotação de culturas com espécies não-hospedeiras é uma necessidade para garantir a produção econômica de soja nessas áreas. Mesmo utilizando cultivares resistentes, a rotação de culturas é recomendável, com o propósito de manter em níveis baixos a população do nematóide no solo e permitir a utilização, também, de cultivares suscetíveis na rotação. A utilização de cultivares resistentes e suscetíveis

em rotação com uma espécie não hospedeira tem a função diminuir a pressão de seleção das cultivares resistentes na população do nematóide, evitando a mudança da raça.

No Brasil como os estudos com *H. glycines* foram iniciados há poucos anos, a maioria dos trabalhos brasileiros referem-se a pesquisas em andamento e foram publicados apenas na forma de resumos. Por esta razão, neste capítulo, é dada mais ênfase aos trabalhos desenvolvidos na Embrapa Soja, em função da maior facilidade de acesso aos dados pelos autores.

2. Rotação de culturas com espécies de verão

Entre as espécies não-hospedeiras de *H. glycines*, as de ciclo anual e de interesse econômico direto são as mais indicadas para rotação com soja, especialmente aquelas cujas operações de implantação, tratos culturais e colheita possam ser executadas com máquinas e implementos já existentes nas propriedades. Um fator importante é que as espécies eleitas tenham garantias de mercado. As principais espécies de primavera-verão cultivadas no Brasil, com aquelas características, são o milho, o arroz, o algodão, o sorgo, o girassol e a mamona. As três primeiras foram, até agora, as mais adotadas pelos produtores brasileiros, para cultivo em áreas infestadas com o NCS, especialmente nos Estados da Região Centro-Oeste. O amendoim e a mandioca, embora sejam também espécies não-hospedeiras de cultivo tradicional no Brasil, não devem ser indicadas para rotação com soja em áreas infestadas devido à excessiva movimentação do solo durante a colheita e pelo grande volume de terra que permanece aderida ao serem transportadas para fora das áreas de produção, favorecendo a disseminação do nematóide.

A redução da população do NCS no solo, pela substituição da soja por espécies não-hospedeiras, tem sido relatada por diversos autores (Francis & Baldwin, 1980; Garcia et al., 1997; Garcia et al., 1998a; Koenning et al., 1995; Wrather et al. 1992). Em área naturalmente infestada, em Tarumã-SP, Garcia et al., 1997, avaliaram o efeito de um ano das seguintes sucessões de culturas antecedendo a soja: soja-trigo, milho-trigo, arroz-girassol, girassol-milho, algodão-trigo, mamona-milho e mucuna-preta-milho. Observaram, em 1995/96, que, ao final do ciclo das culturas de verão, a população de cistos aparentemente viáveis, que na data de semeadura variava de 8,6 a 18,8 cistos/100cm³ de solo, entre os tratamentos, foi reduzida de 68% a 80%, nos tratamentos com milho, arroz, girassol e mucuna-preta (Tabela 1). O algodão e mamona proporcionaram menores

reduções, 21% e 26%, respectivamente; porém, a população continuou sendo reduzida durante o inverno, igualando-se aos níveis encontrados para as demais espécies não-hospedeiras, por ocasião da semeadura da soja na primavera seguinte. O rendimento da soja cultivada após as espécies não-hospedeiras foi superior ao da monocultura de soja em 8%, após milho-trigo a 46%, após mucuna-milho.

Em experimento de campo repetido em duas regiões, Chapadão do Céu-Go e Tarumã-SP, onde foi avaliado o efeito de um, dois e três anos consecutivos de milho, e de um ano de mucuna-preta, Garcia et al. (1998a) observaram decréscimo significativo do número de cistos no solo e aumento no rendimento da soja cultivada após um ano de milho ou de mucuna (Tabelas 2 e 3). Com dois e três anos consecutivos de milho, ocorreu maior redução da população do nematóide e houve tendência de maior rendimento da soja. Com um ano de mucuna, no verão, houve redução da população de cistos tanto quanto com um ano de milho, porém maior rendimento da soja. Nessas condições, um ano de soja na sequência foi suficiente para elevar a população de cistos ao nível anterior ao cultivo da não-hospedeira ou maior. De modo geral, as populações de cistos detetadas ao final do ciclo da soja cultivada após dois ou três anos consecutivos de milho foram muito inferiores às encontradas no monocultivo de soja e próximas ou abaixo dos níveis populacionais de dano apontados por Andrade et al. (1996) e Garcia et al. (1996a), de 1 a 3 cistos, respectivamente. Estes resultados indicam a possibilidade, nessas condições, de até dois cultivos consecutivos de soja suscetível, em áreas com população de cistos rigorosamente monitorada.

3. Sucessão de culturas com espécies de inverno

Em áreas infestadas por *H. glycines*, também no inverno, devem ser cultivadas apenas espécies não-hospedeiras, pois também nesse período as espécies hospedeiras podem multiplicar esse nematóide, como tem sido observado em plantas “tiguera” de soja, que são as plantas oriundas da germinação dos grãos perdidos durante a colheita. As principais espécies hospedeiras cultivadas no inverno, no Brasil, são: ervilha (*Pisum sativum*), tremoço (*Lupinus spp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), conforme Riggs, (1992), Becker et al. (1995) e Alves & Santos, (1997). O cultivo de feijão na entressafra de verão, sob irrigação, atividade comum em áreas da Região Centro-Oeste, deve ser evitado em solos infestados pelo NCS, principalmente se antecedendo ou sucedendo a cultura da soja. Entretanto, sendo o feijão

a cultura de inverno eleita, no verão seguinte, a soja não deve ser cultivada, pois poderá sofrer perdas no rendimento.

Entre as espécies não hospedeiras para cultivo em sucessão à soja, podem ser utilizadas todas as gramíneas comumente cultivadas no outono-inverno, tais como: trigo (*Triticum aestivum*), milho (*Zea mays*), sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), milheto (*Penissetum americanum*), aveia-preta (*Avena strigosa*), aveia-branca (*Avena sativa*), além de girassol (*Helianthus annuus*), canola (*Brassica napus*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e mucuna-cinza (*M. nivea*). Embora essas espécies não multipliquem o NCS, seu cultivo no inverno, sucedendo a soja, ou outra espécie hospedeira, não garante redução da população desse nematóide, de acordo com resultados obtidos por Garcia et al. (1998b). Esses autores compararam as espécies milho, milheto, trigo, aveia-preta, girassol, nabo forrageiro e mucuna, entre si e com um tratamento sem cultivo (pousio ou alqueive), por dois anos, em Tarumã-SP. As espécies estudadas não contribuíram para à redução de cistos no solo, e seus efeitos não diferiram do efeito do pousio (Tabela 4). Sabe-se, no entanto, que qualquer espécie que não multiplica o NCS e que contribui para o enriquecimento do solo em matéria orgânica, pode contribuir para o controle desse nematóide (Santos & Campos, 1997), por condicionar o meio para a multiplicação de espécies antagonistas, principalmente fungos, além de contribuir para um melhor estado nutricional das plantas de soja, aumentando sua tolerância aos danos causados pelos nematóides. Outro efeito favorável do cultivo de espécies não-hospedeiras no inverno é que essas concorrem com as plantas de "soja tiguera", reduzindo a possibilidade de aumento ou manutenção da população do NCS no solo.

A cobertura do solo, no inverno, reveste-se de maior importância ainda em regiões onde, nesse período, possam ocorrer temperaturas altas associadas a baixos índices pluviométricos, como nas áreas de cerrado. Nessa região, a adoção do plantio direto foi intensa nos últimos anos, utilizando principalmente o milheto como cobertura vegetal do solo no inverno. Nessas condições, há relato de que a sucessão milheto-soja tem permitido até dois anos consecutivos de cultivo de soja com altos rendimentos, em áreas infestadas com *H. glycines* (Stechow, 1996). Essas situações podem ser possíveis, porém, a adoção dessa prática requer um atento monitoramento da população de cistos/ovos na área e um manejo adequado da fertilidade do solo, pois, em anos em que haja intensa

multiplicação de cistos no verão e que as condições climáticas não sejam favoráveis para a degradação da população no inverno, pode haver perdas significativas na soja cultivada no ano seguinte.

4. Longevidade de *H. glycines* nas condições brasileiras

A longa sobrevivência do NCS no solo é outra característica que dificulta o seu controle. Inagaki & Tsutsumi (1971) avaliaram a sobrevivência desse nematóide em solo infestado, sob duas condições de umidade e em temperatura ambiente, por 11 anos, no Japão, e concluíram que ele pode sobreviver por 9 anos no solo e manter por 7 anos sua capacidade de infectar as raízes de soja.

Em experimento conduzido em área naturalmente infestada, Chapadão do Céu-GO, Garcia et al., 1998a, não recuperaram nenhum cisto viável do solo, após três anos consecutivos de milho, ou 35 meses após a colheita da soja e nem mesmo ao final do ciclo da soja cultivada após este período (Tabela 3, tratamento 6). Resultado similar foi obtido por Garcia et al., 1999a, monitorando a população de cistos em área infestada por *H. glycines*, onde a soja foi substituída por cana-de-açúcar, em Tarumã-SP (Figura 1). Aos 40 meses após a colheita da última safra de soja não foram encontrados cistos viáveis no solo. Da mesma forma, aos 44 meses, não foram encontrados ovos nos cistos aparentemente não-viáveis recuperados, e não houve produção de fêmeas no sistema radicular de soja suscetível cultivada nesse solo. A similaridade dos resultados obtidos em duas regiões distintas, sugere que, nas condições do Brasil, essa espécie tem longevidade no solo menor que a obtida por Inagaki & Tsutsumi, 1971.

A rápida redução da população de cistos no solo, nas condições brasileiras, deve ser resultante, entre outros fatores, das condições favoráveis para a eclosão de juvenis durante todo o ano e do parasitismo de ovos do nematóide por fungos de solo, como verificada por Duarte et al., 1996. A redução da população do nematóide no solo, durante a entressafra da soja, pode chegar a mais de 50%, em determinados anos e locais, como verificado por Garcia et al. (1998a) (Tabelas 1, 2 e 3). Segundo Moore et al. (1984), em regiões onde o inverno é ameno, ocorre eclosão de juvenis que, na ausência de plantas hospedeiras, ficam à mercê dos parasitas do solo, podendo a população ser reduzida drasticamente num ano. As áreas infestadas com o NCS, no Brasil, estão quase todas localizadas em regiões de inverno quente ou ameno. Esse fato pode

contribuir, significativamente, para diminuir o intervalo de tempo necessário sem cultivo de espécie hospedeira, num esquema de rotação de culturas, visando à produção de soja em áreas infestadas por *H. glycines*.

5. Manejo do solo

As diferentes formas de manejo do solo - subentendendo tipos de preparo, de semeadura e de fertilização - podem afetar a dinâmica do NCS, como de outros nematóides, por causar alterações de ordem física, química e biológica no ambiente do solo (Koenning et al., 1995). Com respeito ao efeito do preparo do solo sobre o NCS, especificamente a comparação entre os sistemas convencional e semeadura direta, existem poucos trabalhos de pesquisa no Brasil, e de início muito recente não permitindo, ainda, conclusões. Segundo resultados obtidos por Koenning et al. (1995) e Hershman & Bachi (1995), a semeadura direta tem um forte efeito depressor da população do NCS no solo. Porém, a revisão de trabalhos apresentada por Koenning et al. (1995) mostra que os resultados têm sido contraditórios, alguns resultando em redução e outros em aumento da população desse nematóide, por efeito dessa prática. Os dados deixam patente que trabalhos dessa natureza devem ter longa duração, pois o nível populacional do nematóide flutua muito de ano para ano, nem sempre permitindo conclusões acertadas em estudos de curta duração. A razão da redução da população de NCS pela semeadura direta não é esclarecida pelos autores. Pode estar relacionada com a maior estabilidade da umidade e temperatura no solo e pela preservação da matéria orgânica na camada superficial do solo, favorecendo maior eclosão de juvenis e aumento da população de inimigos naturais.

Uma contribuição importante da semeadura direta é a redução da disseminação do NCS dentro e entre propriedades, e mesmo entre regiões. A cobertura do solo com culturas e restos vegetais durante todo o ano concorre para diminuir o transporte de partículas de solo e cistos pelo vento, fato que pode ocorrer intensamente no sistema convencional, principalmente em solo desnudo, durante operações de preparo do solo, como já foi constatado em Minas Gerais (Neylson Arantes, comunicação pessoal) e em Mato Grosso do Sul (Andrade & Asmus, 1997). A cobertura do solo e o menor trânsito de máquinas, proporcionado pelo sistema de semeadura direta, também contribuem para reduzir a disseminação de cistos, por deslocar menos solos aderidos aos pneus e demais componentes das máquinas.

Outro fator importante a considerar no cultivo da soja em áreas infestadas por *H. glycines* refere-se aos aspectos químicos do solo e à nutrição das plantas. Embora não esteja ainda bem avaliada a relação entre a fertilidade do solo e a dinâmica populacional do NCS, os sintomas da parte aérea das plantas de soja afetadas são típicos de deficiência nutricional, possivelmente causada pela interferência do NCS no transporte de água e nutrientes pelas raízes para a parte superior das plantas (Wrather et al., 1992). Estudos nesse sentido devem ser conduzidos. Importante a considerar, também, é o pH do solo. Foi observado por Canevese (1996) e Garcia e Silva (1996b), em solos do cerrado brasileiro, que em áreas com pH e saturação por bases elevados, por calagem superestimada, a população de cistos persistiu alta mesmo após o cultivo de um ou dois anos de milho (Tabelas 5 e 6). Outros estudos têm mostrado resultados que confirmam essa tendência (Francel, 1993; Anand et al., 1995; Pereira et al., 1997). Possivelmente, o pH alto do solo condiciona dois fatores desfavoráveis à soja cultivada nestas condições: a redução na população de fungos antagonistas do NCS, reduzindo a taxa de controle natural, e a imobilização de alguns micronutrientes no solo, diminuindo a tolerância das plantas. Estudos nesse sentido estão sendo conduzidos pela Embrapa Soja, em fase inicial.

Outras práticas de manejo da cultura da soja podem afetar o impacto do NCS sobre a produção dessa cultura e deverão ser estudadas nas condições brasileiras. Uma delas é a época de semeadura. A semeadura tardia da soja tem sido preconizada como alternativa de redução das perdas por NCS, visto que, nessas condições, quando a soja é semeada, as populações de cistos já foram acentuadamente degradadas pelas condições favoráveis à eclosão e ao parasitismo de ovos proporcionadas pela umidade e temperatura do solo durante a primavera (Wrather et al., 1992; Koenning et al., 1995; Koenning e Anand, 1991; Schmitt, 1991). Nas condições brasileiras, essa prática pode ser viável, pois a redução da população do NCS é mais acentuada com o aumento da temperatura; entretanto, carece ainda de informações de pesquisa que lhe dê mais suporte.

Referências Bibliográficas

ALVES, J.H. & SANTOS, M.A. Levantamento de nematóides na cultura do feijoeiro. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.22, p.323, 1997. (Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 30, Poços de Caldas, 1997. Resumos).

ANAND, S.C.; MATSON, K.W. & SHARMA, S.B. Effect of soil temperature and pH on resistance of soybean to *Heterodera glycines*. Journal of Nematology, Hanover, v.27, n.4, p.478-482, 1995.

ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L. & CAVALCANTI, A.G. Avaliação de danos causados à soja por diferentes níveis populacionais de *Heterodera glycines* no solo. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 21, p.412, 1996. (Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 29, Campo Grande, 1996. Resumos).

ANDRADE, P.J.M. & ASMUS, G.L. Disseminação pelo vento do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 20, 1997. Resumos ...SBN. Gramado, 1997, p.65.

BECKER, W.F., DIAS, W.P. & FERRAZ, S. Hospedabilidade do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) ao nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 20, p. , 1995. (Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 28, Ilhéus, 1995. Resumos).

CANEVESE, G. Controle do nematóide de cisto na cultura da soja na região tropical nos cerrados do Brasil. 1996. 15p. (Boletim Técnico nº 1).

DUARTE, I.C.S.; SILVA, V.C.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A. & SPINOZA, W. Dinâmica populacional do nematóide de cisto da soja em Tarumã, SP. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.21, p.414. 1996. Suplemento.

FRANCIS, J.A. & BALDWIN, R.E. Nematode control on soybean. The Vegetable Growers News. Virginia, v.34, n.2, p.1-3, 1980.

FRANCL, L.J. Multivariate analysis of selected edaphic and their relationship to *Heterodera glycines* population density. Journal of Nematology, v.25, n.2, 270-276, 1993.

GARCIA, A. & SILVA, J.F.V. Determinação do nível populacional de dano econômico para *Heterodera glycines* na cultura da soja. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.21, p.420, 1996a (Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 29, Campo Grande, 1996a. Resumos).

-----Interação entre a população de cistos de *Heterodera glycines* e o pH do solo. Fitopatologia Brasileira, Brasília,

v.21, p.420, 1996b. Suplemento. (Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 29, Campo Grande, 1996b. Resumos).

----- Rotação e sucessão de culturas para redução populacional do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 20, Gramado, 1997. Resumos... Gramado: SBN/UFPel/Embrapa Clima Temperado. 1997. p.59.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J.E. & DIAS, W.P. Manejo de *Heterodera glycines* através da rotação com milho e com mucuna-preta. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 21, Maringá, 1998a. Resumos ...Maringá: SBN/UEM. 1998a. p.46.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J.E.; GAUDÊNCIO, C.A.; & DIAS, W.P. Influência de espécies cultivadas no inverno sobre a população de *Heterodera glycines* e o rendimento da soja, em Tarumã-SP. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 21, Maringá, 1998b. Resumos ... Maringá: SBN/UEM. 1998b. p.33.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; DIAS, W.P. Longevidade de *Heterodera glycines* no solo, em área cultivada com cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Soja, 1, Londrina, 1999. Resumos ... Londrina: Embrapa Soja/AEApr-Londrina/SRP. 1999. (no prelo)

HERSHMAN, D.E. & BACHI, P.R. Effect of wheat residue and tillage on *Heterodera glycines* and yield of doublecrop soybean in Kentucky. Plant Disease, St. Paul, v.79, n.6, p.631-633, 1995.

INAGAKI, H. & TSUTSUMI, M. Survival of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines* Ichinohe (Tylenchida: Heteroderidae) under certain storing conditions. Applied Entomology and Zoology, v.6, n.4, p.156-162. 1971.

KOENNING, S.R. & ANAND, S.C. Effects of wheat and soybean planting date on *Heterodera glycines* population dynamics and soybean yield with conventional tillage. Plant Disease, St. Paul, v.75, n.3, p.301-304, 1991.

KOENNING, S.R.; SCHMITT, D.P.; BARKER, K.R. & GUMPERTZ, M.L. Impact of crop rotation and tillage systems on *Heterodera glycines* population density and soybean yield. Plant Disease, St. Paul, v.79,

n.3, p.282-286, 1995.

LIMA, R.D.; FERRAZ, S. & SANTOS, J.M. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. Resumos ... Lavras: SBN/ESAL, 1992. p...

LORDELLO, A.I.; LORDELLO, R.R.A.; QUAGGIO, J.A. *Heterodera* sp. reduz produção de soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. Resumos ... Lavras: SBN/ESAL, 1992, p.81.

MONTEIRO, A.R. & MORAIS, S.R.A.C. Ocorrência do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura da soja no Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. Resumos ... SBN/ESAL, 1992, n.p.

MOORE, W.F.; BOST, S.C.; BREWER, F.L.; DUNN, R.A.; ENDO, B.Y.; GRAU, C.R.; HARDMAN, L.L.; JACOBSEN, B.J.; LEFFEL, R.; NEWMAN, M.A.; NYVALL, R.F.; OVERSTREET, C.; PARKS, C.L. Soybean cyst nematode. Washington: Soybean Industry Research Committee, 1984. 23p.

PEREIRA, J.E.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A. & LANTMANN, A.F. Análise multivariada na seleção de fatores químicos do solo e sua relação com a densidade populacional do nematóide de cisto e rendimento da cultura da soja. In: XX Congresso Brasileiro de Nematologia, Gramado, 1997. Resumos... Gramado: Soc. Bras. de Nemat., 1997. p.61.

RIGGS, R.D. Host range. In: RIGGS, R.D. & WRATHER, J.A. ed. *Biology and management of the soybean cyst nematode*. St. Paul: APS, 1992, p.107-114.

SANTOS, R.F. & CAMPOS, V.P. Influência de diferentes fontes de material orgânico sobre a degradação de cistos de *Heterodera glycines*. Fitopatologia Brasileira, v.22, p.328, 1997. (Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 30, Poços de Caldas, 1997. Resumos).

SCHMITT, D.P. Management of *Heterodera glycines* by cropping and cultural practices. Journal of Nematology, v.23, n.3, p.348-352, 1991.

STECHOW, R. Plantio direto e o nematóide de cisto da soja. *Revista Plantio Direto*. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo. n.34, p.23-24, 1996.

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

TABELA 1. Efeito de culturas de verão sucedidas por culturas de inverno sobre a população de cistos viáveis, inicial (CVI) e final (CVF), e rendimento da soja (Cv. Embrapa 48) e do milho (Kg/ha), em Tarumã, SP, em 1995/96 e 1996/97 (Garcia et al., 1996a e Garcia e Silva 1997).

Trat ¹	CVI*	Verão	Rend (Kg/Ha)	CVF**	Inver	CVI*	Verão	Rend (Kg/Ha) ⁶	CVF**
1	10,0	Soja	2293	80	Trigo	72 a	Soja	2241 de	61abc
2	17,0	Milho	5034	5	Trigo	4 b	Soja	2505 cde	130ab
3	8,6	Soja	2296	81	Trigo	60 a	Milho	8750 A	20 d
4	18,8	Milho	5128	4	Trigo	5 b	Milho	7799 B	2 e
5	9,6	Soja	2376	100	Trigo	60 a	Milho	8604 C	19 d
6	18,8	Milho	4674	3	Muc	8 b	Soja	3166 ab	35 cd
7	16,4	Muc ¹	7404 ⁵	5	Milho	4 b	Soja	3270 a	40 bcd
8	16,6	Alg ²	3450	12	Trigo	5 b	Soja	2642 bcd	119ab
9	13,4	Mam ³	1684	11	Milho	5 b	Soja	2909 abc	77abc
10	18,8	Arroz	4909	4	Giras	7 b	Soja	2773 abc	166a
11	15,2	Giras ⁴	1735	4	Milho	3 b	Soja	2428 cde	57 bcd
CV(%)						25		Soja: 10,51 Milho: 5,0	14,82

*. Números de cistos em 100 cc de solo, coletado na semeadura da soja e do milho. Para análise, os dados foram transformados em $\log(x+1)$.

**. População final de cistos em 100 cm³ de solo coletado na colheita da soja e do milho.

¹. Mucuna-preta; ². Algodão; ³. Mamona; ⁴. Girassol; ⁵. Produção de massa seca.

6. Médias com letras comuns na mesma coluna não diferem entre si (Tukey 5%), sendo as letras minúsculas para soja e maiúsculas para milho.

TABELA 2. População de cistos viáveis inicial (CVI) e final (CVF) em 100 cm³ de solo e rendimento de grãos de milho (ML) e de soja (SJ), em rotações envolvendo estas culturas e mucuna-preta (MUC), de 1994/95 a 1997/98, em Tarumã, SP (Adaptado de Garcia et al., 1998a).

Tratamentos	1994/95 (plantio da soja: 04/11)				1995/96 (plantio da soja: 21/11)			
	CVI	CULT	REND Kg/ha	CVF	CVI	CULT	REND Kg/ha**	CVF
1. SJ-SJ-SJ-SJ-SJ	23 ^{ns*}	SJ	1398	31,8* a	15,2* ab	SJ	2885 c	75* a
2. ML-SJ-ML-SJ	26	ML	6056	6,3 b	3,7 c	SJ	3332 ab	50 ab
3. SJ-ML-SJ/ML	38	SJ	1729	28,5 a	15,8 a	ML	4668 A	2,3 d
4. ML-ML-SJ	34	ML	5970	7,3 b	4,7 bc	ML	4774 A	0,2 d
5. SJ-ML-ML-SJ	28	SJ	2258	38,7 a	12,0 ab	ML	4445 A	1,8 d
6. ML-ML-MLSJ	28	ML	7092	6,8 b	2,5 cd	ML	4452 A	2,3 d
7. MUC-SJ-	15	MUC	8732	3,7 b	0,3 d	SJ	3706 a	17,2 bc
8. ML+MUC-SJ	20	ML+MU	6434	3,0 b	2,8 cd	SJ	2974 bc	18,8 bc
C.V. (%)	30,4			31,8	5,7		ML 12,6 SJ 7,2	31

TABELA 2. Continuação.

Tratamentos	1996/97 (plantio da soja 13/11)				1997/98 (plantio da soja: 22/10)			
	CVI	Cultura	Rend. Kg/ha	CVF	CVI	Cultura	Rend. Kg/ha**	CVF
1. SJ-SJ-SJ-SJ-SJ	31,0* a	SJ	2403 b	70* ab	18,3* bc	SJ	1723 d	14,3* a
2. ML-SJ-ML-SJ	23,0 ab	ML	7181 b	14 b	6,7 cd	SJ	2143 c	21,8 a
3. SJ-ML-SJ/ML	2,8 c	SJ	3040 a	88 a	66,0 a	ML	5942 A	4,8 b
4. ML-ML-SJ	0,7 c	SJ	3283 a	43 b	27,0 b	ML	5245 A	4,2 b
5. SJ-ML-ML-SJ	1,8 c	ML	6937 b	0,2 e	2,5 de	SJ	2256 c	0,5 bc
6. ML-ML-MLSJ	1,8 c	ML	6881 b	0,2 e	0,5 e	SJ	2825 b	0,2 d
7. MUC-SJ-	9,8 b	MUC	7192	1,8 d	0,8 e	SJ	3138 a	3,0 bc
8. ML+MUC-SJ	9,5 b	ML+MU	7949 a	3,5 d	2,2 de	SJ	2403 c	4,8 b
C.V. (%)	28		ML 5,05 SJ 7,6	17,3	26,3		ML 17,4 SJ 10,1	34,8

* Para análise estatística, os dados foram transformados para log de X+1. Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Letras maiúsculas= produção de milho; letras minúsculas= produção de soja

² Dados não analisados estaticamente.

³ Letras maiúsculas comparam produção de milho; Letras minúsculas comparam produção de soja.

⁴ Massa Seca.

¹ Em 100 cm³ de solo.

TABELA 3. População de cistos viáveis inicial (CVI) e final (CVF) em 100 cc de solo e rendimento de grãos de milho (ML) e de soja (SJ), em rotações envolvendo estas culturas e mucuna-preta (MUC), de 1994/95 a 1997/98, em Chapadão do Céu-GO (Adaptado de Garcia et al., 1998a).

Tratamentos	1994/95 (plantio de soja: 08/11)				1995/96 (plantio da soja: 09/11)			
	CVI	Cultura	Rend.	CVF	CVI	Cultura	Rend.	CVF
		Kg/ha					Kg/ha**1	
1. SJ-SJ-SJ-SJ	10,2*ns	SJ	1764	29,3*ab	12,5* a	SJ	375 b	9,0* abc
2. ML-SJ-ML-SJ	12,2	ML	7688	0,2 d	0,5 c	SJ	547 b	24,2 a
3. SJ-ML-SJML	16,5	SJ	2010	56,7 a	7,8 ab	ML	10038 AB	4,8 bcd
4. ML-ML-SJ	6,2	ML	7886	1,5 cd	1,0	ML	8952 B	0,3 d
5. SJ-ML-ML-SJ	16,5	SJ	1563	9,2 bc	2,8 bc	ML	10177 A	1,8 cd
6. ML-ML-MLSJ	8,3	ML	7743	0,7 d	1,2 c	ML	9812 AB	1,0 d
7. MUC-SJ-	15,5	MUC	8879	0,3 d	0,2 c	SJ	908 a	10,3 ab
8. ML+MUC-SJ	10,7	ML+ MuC	7543	1,0 d	0,2 c	SJ	847 a	25,8 a
C.V. (%)	33			50	70		ML 6,93 SJ 37,6	44

TABELA 3. Continuação.

Tratamentos	1996/97 (plantio da soja: 12/12)				1997/98 (plantio da soja: 29/11)			
	CVI	Cultura	Rend.	CVF	CVI	Cultura	Rend.	CVF
		Kg/ha**					Kg/ha**	
1. SJ-SJ-SJ-SJ-SJ	3,0* c	SJ	1316c	45,5*a	11,8* a	SJ	3368 ab	16,3* a
2. ML-SJ-ML-SJ	16,7 a	ML	7613A	0,2 d	0,0 d	SJ	3235 b	4,0 b
3. SJ-ML-SJML	0,0 c	SJ	2131b	13,3b	3,2 c	ML	7825 A	0,7 cd
4. ML-ML-SJ	0,0 c	SJ	2499a	3,5 c	1,3 bc	ML	7790 A	0,2 cd
5. SJ-ML-ML-SJ	0,0 c	ML	5925B	0,0 d	0,0 d	SJ	3990 a	4,2 ab
6. ML-ML-MLSJ	0,2 c	ML	5489B	0,0 d	0,0 d	SJ	3894 a	0,0 d
7. MUC-SJ-	3,8 b	MUC	5575	0,0 d	0,3 d	SJ	3764 ab	4,0 ab
8. ML+MUC-SJ	5,2 b	ML+MC	7200 A	0,3 d	0,3 d	SJ	3458 ab	5,2 ab
C.V. (%)	62		ML 11 SJ 12,3	42	64		ML 18 SJ 10	67

¹ Para análise estatística, os dados foram transformados para log de X+1. Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

² Dados não analisados estatisticamente.

³ Letras maiúsculas comparam produções de milho; Letras minúsculas comparam produções de soja.

⁴ A produção de soja foi reduzida por efeito de ocorrência de cancro da haste.

⁵ Massa Seca.

TABELA 4. Número de cistos aparentemente viáveis, no início (CVI) e no final (CVF) do ciclo da soja, cv Embrapa 48, e rendimento da soja (Cv. Embrapa 48) cultivada em sucessão a oito espécies de inverno e ao pousio, em Tarumã-SP, em dois anos. (Adaptado de Garcia et al., 1998b).

TRATAMENTO ¹	1996/97			1997/98		
	Cisto Inicial ²	SOJA (sc/ha) ³	Cisto Final ²	Cisto Inicial ²	SOJA (sc/ha) ³	Cisto Final ²
1.-MT-SJ-MT-SJ	50 ns	49,4 ns	87 ns	27 ns	46,8 ab	23 ab
2. ML-SJ-ML-SJ	36	49	86	25	45,9 b	13 ab
3. TR-SJ-TR-SJ	48	47	95	19	45,6 ab	10 b
4. AV-SJ-AV-SJ	45	45,5	97	36	43,5 b	26 ab
5. GR-SJ-GR-SJ	43	48,2	92	29	45,5 b	12 ab
6. MU-SJ-MU-SJ	46	51,9	63	24	54,6 a	24 ab
7. NB-SJ-NB-SJ	44	48,8	120	25	51,6 ab	39 a
8. SG-SJ-SG-SJ	58	48,5	113	20	42,8 b	12 ab
9. PS-SJ-PS-SJ	50	45,3	114	16	49,8 ab	19 ab
MÉDIA	47	48,2	96	24	47,3	19
CV (%)	11,09	11,76	11,42	13,64	9,19	20,13

¹ MT : milheto; SJ: soja; ML: milho; TR: trigo; AV: aveia preta; GR: girassol; MU: mucuna-preta; NB: nabo forrageiro; SG: sorgo granífero; PS: pousio (sem cultivo).

² Para análise estatística, os dados foram transformados para log de x+1.

³ Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

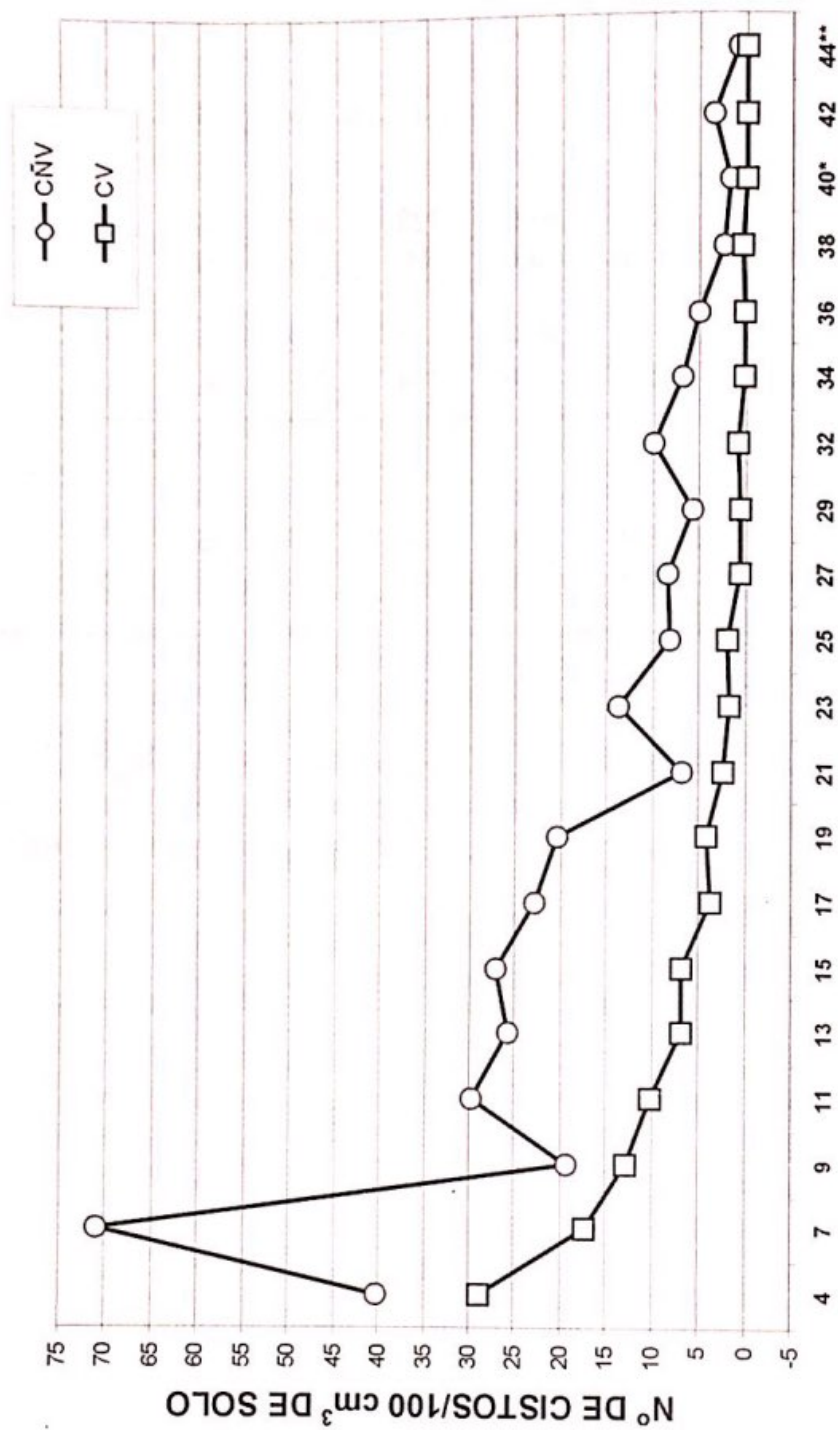
TABELA 6. Rendimento de soja cultivada (Cv. CAC 1) em rotação com milho, em parcelas com diferentes níveis de pH, saturação por bases, teores de Fe e de B e populações de cistos, Chapadão do Sul-MS, em 1996 (Adaptado de Garcia et al., 1996b).

Nº.	pH CaCl ₂	sat. bases	cistos viáveis ¹	cistos totais ¹	Fe ppm	B ppm	Rend. (kg/ha)
1	6,4	79	12	65	102	0.2	463
2	7,0	81	7	57	77	0.2	257
3	4,6	34	0	3	134	0.2	3569
4	4,5	35	0	2	117	0.2	2632
5	4,5	32	0	0	130	0.2	3250
6	5,4	61	3	27	112	0.1	3323
7	6,0	75	5	42	100	0.2	568
8	6,2	72	1	28	62	0.2	983

¹ Em 100 cm³ de solo.

TABELA 5. Relação entre pH, saturação por bases, concentração de Fe e de B, no solo, a população de *Heterodera glycines* (cistos viáveis e totais) e o comportamento da soja. (Adaptado de Garcia et al., 1996b).

Aspecto da lavoura infestada	pH	Sat. de	Fe	B	n° de cistos ¹	
	CaCl ₂	bases	ppm	ppm	viáveis	totais
1. Faz. Campo Bom, Chapadão do Sul-MS						
Soja sem sintoma	5,0	50,0	120	0,2	0	5
Soja com sintoma	7,0	78,6	44	0,1	11	24
Chapadão do Céu-GO						
Soja sem sintoma	5,0	48,4	114	0,2	0	2
Soja com sintoma	5,2	53,6	124	0,2	0	1
2. Faz. Âncora, Chapadão do Céu-GO						
Soja sem sintoma	4,9	48,6	156	0,3	2	51
Soja com sintoma	6,9	77,0	89	0,1	4	19
3. Faz. Triunfo, Chapadão do Sul, MS						
Soja sem sintoma	4,9	48,2	118	2,2	2	26
Soja com sintoma	7,1	79,0	76	0,1	14	44



Nº DE MESES APÓS A COLHEITA DA SOJA

Fig.1.Evolução populacional de cistos(CV= cistos viáveis; CNV= cistos não viáveis) de *Heterodera glycines* no solo, em Tarumã-SP, no período de julho de 1995 a outubro de 1998, em área infestada cultivada com cana-de-açúcar. Embrapa Soja.1999.(40*): não foram encontrados mais cistos viáveis; (44**): não foram encontrados ovos nos cistos não viáveis.

NÍVEIS DE DANOS

Guilherme L. Asmus & Paulino J.M. Andrade
EMBRAPA-CPAO. Caixa Postal 661, 79.804-970 - Dourados, MS
asmus@cpao.embrapa.br

Introdução

Quantificar danos causados por patógenos, com precisão, consiste numa das atividades essenciais à elaboração e implementação 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 do plantio de culturas anuais (Barker et al., 1985).

A detecção do nematóide de cisto da soja (NCS), na região central do Brasil, no início desta década, caracterizou-se pela ocorrência de reboleiras, claramente definidas nas lavouras, onde as plantas apresentavam intenso subdesenvolvimento (Lima et al, 1992; Lordello et al., 1992; Monteiro & Moraes, 1992). As análises de solo dessas reboleiras revelaram a ocorrência de populações extremamente altas do NCS (Andrade & Asmus, 1995; 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 do NCS. Definir o nível populacional de dano passou a ser, desta forma, um importante objetivo das investigações da pesquisa nematológica mundial.

Uma Abordagem Global

Se considerados os 10 principais países produtores de soja do mundo, os danos causados pelos nematóides, especialmente *Heterodera glycines*, são maiores que os causados por todas as outras doenças e ocasionam, com base em levantamento realizado em 1994 (Wrather, et al.,

1997), perdas anuais de cerca de 3,5 milhões de toneladas. No Brasil, em apenas seis safras agrícolas após sua detecção, estima-se que a área infestada seja de aproximadamente 1,5 milhão de hectares, e que as perdas acumuladas já ultrapassem 130 milhões de dólares (Wrather et al., 1997).

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, devidos à deficiência de nitrogênio resultante da supressão da nodulação da bactéria simbiote *Bradyrhizobium japonicum* (Huang & Barker, 1983; Huang et al., 1984; Ko et al., 1984; Ko et al., 1985; Ross, 1969). Os mecanismos de supressão da nodulação e a consequente deficiência de N em plantas de soja, crescendo em solos com altas populações do NCS, estão ligados basicamente a: a) supressão da ligação entre *B. japonicum* e as raízes de soja devido à interferência do nematóide no metabolismo de lecitina - necessária para a ocorrência da ligação (Huang et al., 1984); b) menor atividade da nitrogenase e menor conteúdo de leghemoglobina em nódulos de plantas infectadas (Huang & Barker, 1983); e c) 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). Trabalho realizado por Ko et al. (1984), com o uso da técnica da "split root", trouxe evidências de que a supressão da nodulação é sistêmica e reversível.

Além dos danos diretos à produção, pela ação primária nas raízes de soja, outros podem somar-se em decorrência do menor desenvolvimento das plantas atacadas. Alston et al. (1991) observaram que populações iniciais (P_i) de NCS moderadas a altas (a partir de 2.800 ovos/500 cc 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 daninhas variável entre 63 e 92%. O efeito da interação entre o NCS, a competição da soja com plantas daninhas (várias) e o ataque de pragas (*Helicoverpa zea*) mostrou ser aditivo (Alston et al., 1993) e ocasionou, em média, o dobro dos danos causados pelo NCS isolado.

A relação quantitativa fundamental entre os nematóides fitoparasitas e o crescimento e a produção das culturas atacadas têm sido definidos como uma função da densidade populacional à época do plantio, P_i (Barker & Olthof, 1976; Barker et al., 1985; Duncan & Ferris, 1983; Ferris et al., 1981;

Oostenbrink, 1971; Seinhorst, 1970; Seinhorst, 1972; Seinhorst, 1973). Essa relação tem sido descrita tanto como uma regressão linear entre o logarítmo da densidade de nematóides e o peso ou tamanho das plantas atacadas quanto de acordo com uma curva quadrática entre essas variáveis, ou, ainda, como uma regressão linear entre o logarítmo da densidade de nematóides e os probits do número de plantas doentes (Seinhorst, 1965).

Um dos primeiros trabalhos a relacionar a população de *Heterodera glycines* com a produção da soja foi o realizado por Ichinoe (1955), no qual é relatado o impacto do número de fêmeas do NCS por planta sobre o número de vagens, a altura das plantas e a produção de grãos. A esse, vários outros se seguiram sob as mais diferentes condições. Um resumo dos principais resultados obtidos é apresentado na Tabela 1.

Uma análise detalhada dos resultados desses trabalhos evidencia, a priori, uma estreita relação entre a densidade populacional de *H. glycines* à época do plantio e os danos causados à soja. No entanto, a intensidade dessa relação mostra-se bastante variável em função das diversas condicionantes da produção não diretamente ligadas à incidência do nematóide, tais sejam: o tipo de solo (textura, estrutura, teor de matéria orgânica, umidade), as condições climáticas, a cultivar, etc. Além disso, a Tabela 1 mostra ainda que, em termos gerais, os níveis populacionais de danos são muito baixos, por vezes próximos ao limite de detecção dos nematóides no solo e, conforme já citado na parte introdutória deste capítulo, muitas vezes, a redução na produção ocorre na ausência de sintomas claramente visíveis, o que certamente traz dificuldades ao processo educativo dos produtores sobre o potencial de danos/perdas, na produção, causados pelo NCS.

Tabela 1. Resumo dos resultados obtidos em vários experimentos visando a determinar o nível populacional de *Heterodera glycines* capaz de causar danos à cultura da soja.

Tipo de experimento	Nível de dano (aproximado)	Tipo de avaliação	Referência
CV*	≤ 12 ovos/100cc	Matéria seca e fresca	Abawi & Jacobsen, 1984
Campo	≤ 380 ovos/500cc**	Produção de grãos	Alston et al., 1993
Campo	3 cistos/100kg ou 47 ovos/100 g	Produção de grãos	Franci & Dropkin, 1986
CV e Campo	≤ 31 ovos/100cc	Produção de grãos	Niblack et al., 1986
Campo	10-50 ovos/100cc	Produção de grãos	Niblack et al., 1992
Campo	60-100 ovos e larvas/250 cc	Produção de grãos	Noel et al., 1980
Campo (microparcelas)	0-315 ovos/500cc***	Produção de grãos	Schmitt et al., 1987

* CV = Casa-de-vegetação

** Variável de acordo com o ano e o local

*** Dependendo do tipo de solo

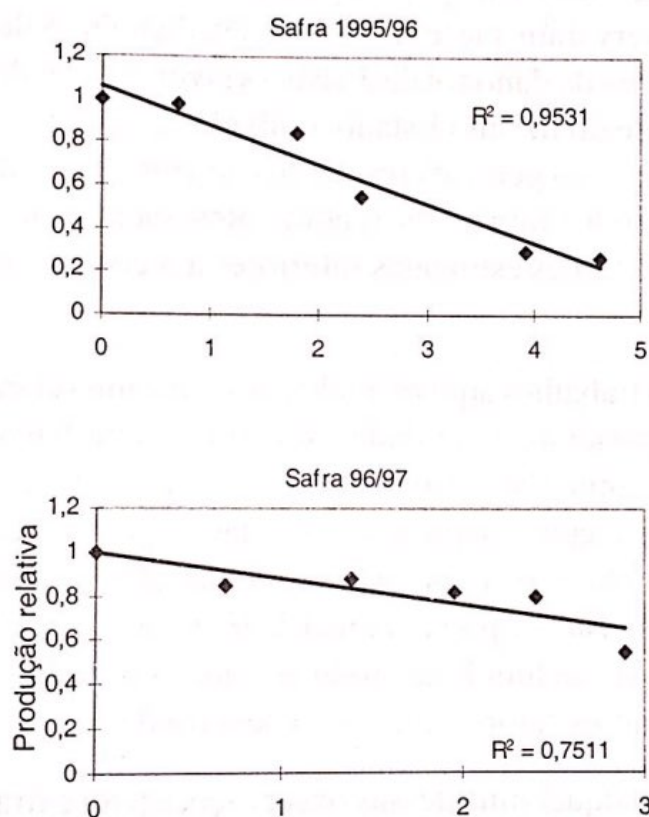
Análise da Situação no Brasil

As primeiras constatações do NCS no Brasil deram-se na região do cerrado e caracterizaram-se pela ocorrência de reboleiras (por vezes de grandes extensões) de plantas apresentando sintomas claros de subdesenvolvimento e amarelecimento da parte aérea e a presença de altas populações de *Heterodera glycines* nas raízes das plantas atacadas e no solo, o que se traduzia em inegáveis danos à produção. O acompanhamento da expansão da área infestada em direção às demais regiões produtoras de soja mostrou, no entanto, que, em certos tipos de solos (tais como alguns do Paraná e de São Paulo), os sintomas de parte aérea não se mostram tão conspícuos quanto os observados nos cerrados e tampouco se consegue detetar a ocorrência de danos sem que se proceda a uma observação mais detalhada.

Os levantamentos que se seguiram às primeiras constatações de ocorrência do NCS no Brasil, além de confirmarem a rápida disseminação do nematóide pelas regiões produtoras, evidenciaram haver uma grande variação local da densidade populacional nos solos amostrados. Esse fato, aliado à necessidade de se conhecer o impacto das diversas estratégias de manejo sobre a população do NCS e a produção da soja crescendo em áreas infestadas, despertou para a necessidade de se tentar determinar os níveis

populacionais de dano.

Andrade et al. (1996, 1997, 1998) conduziram um trabalho de campo durante três anos consecutivos, em que cistos viáveis de *H. glycines* foram incorporados ao solo de parcelas de 2x3m, limitadas lateralmente por tábuas com 0,35m de largura, das quais 0,20m ficavam abaixo do nível do solo e distantes 2m entre si, e avaliaram a produção da matéria seca da parte aérea, a produção de grãos, o peso específico dos grãos e o teor foliar de macro e micronutrientes. Os resultados apresentados na Figura 1 mostram que a produção de grãos foi inversamente proporcional à população inicial (P_i), sendo essa relação mais expressiva nos anos de 1995/96 e 1997/98. No ano de 1995/96, o nível de dano detetado ocorreu entre 1 e 5 cistos viáveis/100 cc de solo. Nos anos de 1996/97 e 1997/98, um único cisto viável/100cc de solo foi o suficiente para ocasionar reduções da produção de, respectivamente, 15 e 16,5%. Os resultados da avaliação da matéria seca da parte aérea seguiu a mesma tendência da produção de grãos. É interessante observar que, sob altas populações (10-50 cistos viáveis/100cc de solo) - testadas no ano agrícola de 1995/96 - ocorreu, além da expressiva redução na produção, uma significativa diminuição do peso específico dos grãos produzidos.



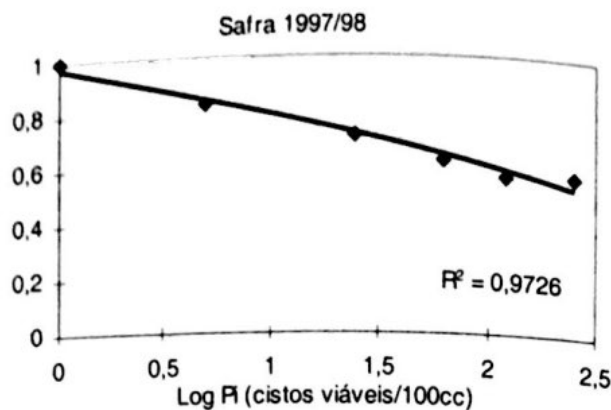


Figura 1. Produção relativa de grãos de soja em função da população inicial (Pi) de *Heterodera glycines* nos anos 1995/96, 1996/97 e 1997/98.

Os resultados obtidos por Andrade et al. (1996) mostraram, ainda, haver, na medida em que aumenta a Pi do NCS no solo, uma diminuição no teor foliar de Mg e o aumento no teor de Fe.

Um interessante trabalho foi conduzido por Garcia et al. (1997) durante os anos agrícolas de 1994/95, 1995/96 e 1996/97, em 28 áreas de produção de soja, infestadas por *H. glycines*, dos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Paraná. Adotando o método de modelos lineares generalizados para estimar as populações críticas de NCS por classe de produtividade, observaram que, em 1995/96, em duas áreas de Mato Grosso do Sul, o nível crítico de dano foi de 3 cistos viáveis/100cc de solo e, numa terceira propriedade do mesmo Estado, o nível foi de 1 cisto viável/100cc de solo. De uma maneira geral, os resultados de 1996/97 evidenciaram que os campos que produziram altos rendimentos (acima de 2500 kg/ha), apresentavam populações estimadas inferiores a 3 cistos viáveis/100cc de solo.

Embora os trabalhos aqui relatados mostrem uma clara tendência de que os níveis populacionais de dados sejam bastante baixos (1-5 cistos viáveis/100cc), algumas são as situações em que a presença do NCS no solo, em diferentes densidades populacionais, não se correlacionam com a produção. Em um claro exemplo, Moreira et al. (1998) não encontraram correlação entre a densidade populacional de *H. glycines* e vários parâmetros fitotécnicos da soja, incluindo a produção que, segundo os autores, foi influenciada por outros fatores que não o nematóide.

Assumir qualquer uma dessas observações para extrapolações com dados observados no campo pode, no entanto, levar a conclusões erradas.

especialmente superestimando danos a baixas populações de nematóides. O que pode ser derivado dos resultados obtidos até o momento é que existe uma certa probabilidade de que, nos experimentos que lhes deram origem, a proporção de plantas sadias ou o tamanho ou peso das plantas serem menores em presença de maiores densidades populacionais de nematóides. Elas não explicam toda a relação quantitativa entre a densidade populacional dos nematóides e o crescimento das plantas (Seinhorst, 1965). Dentre os motivos que levam aos desvios entre o resultado esperado e o realmente observado, Barker & Olthof (1976) enumeram a falha dos modelos lineares em baixas ou altas populações e a capacidade de muitas plantas compensarem a injúria causada pelo parasitismo dos nematóides. Ferris (1984) acrescenta, ainda, as dificuldades para se obter uma adequada amostragem da população dos nematóides fitoparasitas em função da sua distribuição irregular nos solos. É provável, ainda, que, ao correlacionar-se a produção com o número de cistos (ao invés de ovos ou formas jovens) por unidade volumétrica de solo, esteja-se perdendo precisão devido à diferença na capacidade infectiva (ou de dano) dos cistos em função do variável número de ovos viáveis que os mesmos possam conter. Por outro lado, o uso de estruturas que permitam a rápida detecção e identificação - como são os cistos de NCS - poderá facilitar o emprego dos dados da densidade populacional (P_i) no suporte às decisões de manejo das áreas infestadas por NCS, especialmente em situações de infestações mistas com outras espécies de nematóides.

Resumo

Prever respostas das culturas a diferentes densidades populacionais de nematóides é extremamente difícil em condições de campo. Entretanto, o avanço no uso dos conceitos de manejo integrado cada vez mais exige que se tente estabelecer relações que possam ser empregadas para a previsão de danos às culturas.

Embora, em muitas áreas produtoras de soja infestadas pelo NCS, não se observem sintomas claros na parte aérea, é possível que estejam ocorrendo danos, expressos em termos da redução da produção de grãos.

Os resultados experimentais obtidos até o momento no País, levam ao entendimento de que, embora não se possam fazer generalizações, o nível populacional de dano do NCS à cultura da soja esteja entre 1 e 5 cistos viáveis/100cc de solo.

Literatura Citada

ABAWI, G.S.; JACOBSEN, B.J. Effect of initial inoculum densities of *Heterodera glycines* on growth of soybean and kidney bean and their efficiency as host under greenhouse conditions. *Phytopathology*, v.74, n.12, p.1470-1474, 1984.

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*, v.75, n.10, p.1016-1018, 1991.

Multiple pest interactions in soybean: effects on *Heterodera glycines* egg populations and crop yield. *Journal of Nematology*, v.25, n.1, p.42-49, 1993.

ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L. Levantamento da ocorrência do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) no Mato Grosso do Sul: 1994/1995. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 3p. (EMBRAPA-CPAO. Pesquisa em Andamento, 2).

ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L.; CAVALCANTI, A.G. Avaliação de danos causados à soja por diferentes níveis populacionais de *Heterodera glycines* no solo. *Fitopatologia Brasileira*, v.21, supl., p.462, 1996. /Resumo/

Avaliação de danos causados à soja por diferentes níveis populacionais de *Heterodera glycines* no solo. II. *Fitopatologia Brasileira*, v.22, supl., p. 323, 1997. /Resumo/

Avaliação de danos causados à soja por diferentes níveis populacionais de *Heterodera glycines* no solo. III. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 21., Maringá, 1998. Anais. Maringá: UEM/SBN, 1998. p. 26

BARKER, K.R.; OLTHOF, T.H.A. Relationships between nematode population densities and crop responses. *Annual Review of Phytopathology*, v.14, p.327-353, 1976.

BARKER, K.R.; SCHMITT, D.P.; IMBRIANI, J.L. Nematode population dynamics with emphasis on determining damage potential

to crops. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (Ed.) An advanced treatise on *Meloidogyne*, vol.2. Methodology. Raleigh: North Carolina State University, 1985. cap.10, p.135-148.

DUNCAN, L.W.; FERRIS, H. Validation of a model for prediction of host damage by two nematode species. *Journal of Nematology*, v.15, n.2, p.227-234, 1983.

FERRIS, H. Nematode damage functions: the problems of experimental and sampling error. *Journal of Nematology*, v.16, n.1, p.1-9, 1984

FERRIS, H.; TURNER, W.D.; DUNCAN, L.W. An algorithm for fitting Seinhorst curves to the relationship between plant growth and preplant nematode densities. *Journal of Nematology*, v.13, n.3, p.300-304, 1981.

FRANCL, L.J.; DROPKIN, V.H. *Heterodera glycines* population dynamics and relation of initial population to soybean yield. *Plant Disease*, v.70, n.8, p. 791-795, 1986.

GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J.E. Determinação do nível populacional de dano para *Heterodera glycines* na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 20., Gramado, 1997. Resumos. Gramado: SBN, 1997. p.60.

HUANG, J.S.; BARKER, K.R. Influence of *Heterodera glycines* on leghemoglobins of soybean nodules. *Phytopathology*, v.73, n.7, p.1002-1004, 1983.

HUANG, J.S.; BARKER, K.R.; VANDYKE, C.G. Suppression of binding between rhizobia and soybean roots by *Heterodera glycines*. *Phytopathology*, v.74, n.11, p.1381-1384, 1984.

ICHINOHE, M. A study on the population of the soybean nematodes (*Heterodera glycines*). I. An observation on the relation between the crop damage and the female infestation. *Research Bulletin of the Tokkaido National Agricultural Experiment Station*, n.68, p.67-70, 1955.

KO, M.P.; BARKER, K.R.; HUANG, J.S. Nodulation of

soybeans as affected by half-root infection with *Heterodera glycines*.
Journal of Nematology, v.16, n.1, p.97-105, 1984.

KO, M.P.; HUANG, P.Y.; HUANG, J.S.; BARKER, K.R.
Accumulation of phytoferritin and starch granules in developing
nodules of soybeans roots infected with *Heterodera glycines*.
Phytopathology, v.75, n.2, p.159-164, 1985.

LIMA, R.D.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Ocorrência de
Heterodera sp. em soja no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO
BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., 1992, Lavras. Resumos.
Lavras: Sociedade Brasileira de Nematologia/ESAL [1992?]. p.81

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

MENDES, M.de L.; MACHADO, C.C. Levantamento preliminar
da ocorrência do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe)
no Brasil. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992. 5p. (EMBRAPA-
CNPSO, Comunicado Técnico, 53).

MONTEIRO, A.R.; MORAIS, S.R.A.C. Ocorrência do
nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952,
prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO
BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., 1992, Lavras. Resumos.
Lavras: Sociedade Brasileira de Nematologia/ESAL [1992?]. p.83

MOREIRA, W.A.; CARVALHO, Y. de; ASSUNÇÃO, M. da S.
Efeito de diferentes densidades populacionais de *Heterodera glycines*
sobre a cultura de soja. Fitopatologia Brasileira, v.23, supl., p. 306, 1998.
/Resumo/

NIBLACK, T.L.; HUSSEY, R.S.; BOERMA, H.R. Effects of
interactions among *Heterodera glycines*, *Meloidogyne incognita*, and
host genotype on soybean yield and nematode population densities.
Journal of Nematology, v.18, n.4, p.436-443, 1996.

NIBLACK, T.L.; BAKER, N.K.; NORTON, D.C. Soybean
yield losses due to *Heterodera glycines* in Iowa. Plant Disease, v.76, n.9,

p.943-948, 1992.

NOEL, G.R.; BLOOR, P.V.; POZDOL, R.F.; EDWARDS, D.I. Influence of *Heterodera glycines* on soybean yield components and observations on economic injury levels. *Journal of Nematology*, v.12, n.4, p.232-233, 1980.

OOSTENBRINK, M. Quantitative aspects of plant-nematode relationships. *Indian Journal of Nematology*, v.1, p.68-74, 1971.

ROSS, J.P. Effect of *Heterodera glycines* on yields of nonnodulating soybeans grown at various nitrogen levels. *Journal of Nematology*, v.1, n.1, p.40-42, 1969.

SCHMITT, D.P.; FERRIS, H.; BARKER, K.R. Response of soybean to *Heterodera glycines* races 1 and 2 in different soil types. *Journal of Nematology*, v.19, n.2, p.240-250, 1987.

SEINHORST, J.W. The relation between nematode density and damage to plants. *Nematologica*, v.11, p.137-154, 1965.

Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, v.8, p.131-156, 1970.

The relationship between yield and square root of nematode density. *Nematologica*, v.18, p.585-590, 1972.

The relation between nematode distribution in a field and loss in yield at different average nematode densities. *Nematologica*, v.19, p.421-427, 1973.

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

YOUNG, L.D. Yield loss in soybean caused by *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology*, v.28, n.4 (supl.), p. 604-607, 1996.

CONTROLE BIOLÓGICO DE *HETERODERA GLYCINES* NO BRASIL

Vicente Paulo Campos
Universidade Federal de Lavras - Departamento de Fitopatologia
37200-000 - Lavras, MG
E-mail: nema@ufla.br

INTRODUÇÃO

O nematóide *Heterodera glycines* tem preocupado os produtores de soja de todo o mundo, não só pelos danos e prejuízos que causa à sojicultura (Wrather et al., 1997), mas também pela longa sobrevivência dos ovos encistados no campo (Inagaki & Tsutsumi, 1971). Abreviar essa sobrevivência no campo constitui um dos alvos do controle biológico desse patógeno.

O cisto consiste da própria carcaça da fêmea, formada pelo endurecimento das camadas envoltórias do corpo, que protegem os ovos das condições adversas do meio ambiente.

A parede do cisto contém compostos químicos que inibem a eclosão dos juvenis do segundo estágio (J_2). Assim, os ovos dormentes permanecem retidos dentro do cisto (Okada, 1972), permanecendo viáveis por período de até 11 anos (Inagaki & Tsutsumi, 1971). Porém, nem todos os ovos produzidos por *H. glycines* ficam retidos dentro do cisto. Cerca de um terço do total dos ovos produzidos por *H. glycines* é ovipositado em massa gelatinosa localizada na extremidade posterior da fêmea (Ishibashi et al., 1973), e o restante permanece encistado. Caracterizam-se, assim, duas fontes de inóculo de efeitos temporais marcantes na patogênese desse nematóide na soja e com exposições diferentes ao meio ambiente. A massa de ovos de *H. glycines* tem contato direto com o solo, como acontece também com os nematóides do gênero *Meloidogyne*, criando, assim, maiores oportunidades de parasitismo desses ovos pelos antagonistas do solo do que aqueles encistados. Por outro lado, a concentração dos ovos de *H. glycines* no cisto possibilita a colonização por fungos e bactérias.

Outra característica da biologia desse nematóide e que pode ser explorada num programa de pesquisa em controle biológico, é a reprodução sexuada obrigatória, através da qual o macho é atraído pela fêmea por intermédio do feromônio. O reconhecimento e a síntese desse feromônio e o uso no campo podem constituir-se em nova tática para o manejo de populações de *H. glycines*.

Outros aspectos, como a interação do nematóide com fatores ambientais físicos e com microorganismos do solo, tornam ainda mais complexo o controle biológico de *H. glycines* que, para facilitar o entendimento ou direcionar pesquisas, foram assim divididos:

1) Desintegração da parede do cisto

O cisto pode ter sua parede desintegrada por microorganismos. Entretanto, a penetração de umidade e de alguns microorganismos pode ser feita pelas aberturas naturais na parte anterior, principalmente boca e trato digestivo, e pela parte posterior, cone vulvar. Ovos encistados são coloridos quando cistos são imersos por poucas horas em corantes dissolvidos em água (Campos, 1998 - não publicado).

A água que penetra nos cistos, vai diluir os compostos químicos das suas paredes, os quais inibem a eclosão de J2 (Okada, 1972), proporcionando condições para interromper a dormência e acelerar o desenvolvimento embrionário dentro do ovo, quando a temperatura é adequada. Tanto a eclosão quanto a emergência de J2 dos cistos podem, assim, constituir parâmetros medidores do processo de desintegração da parede do cisto. Solo úmido, naturalmente infestado por cistos de *H. glycines* e mantido com a umidade encontrada no momento da amostragem, teve uma redução de 14,5% no número de ovos por cisto, aos 60 dias de armazenamento, comparado com amostras da mesma porção de solo infestado, porém seca a 30°C, por 3 dias, e mantida com esse nível de umidade pelo mesmo período de tempo (Santos & Campos, 1998).

Outro fator importante nessa abordagem são os microorganismos que ocorrem nas paredes do cisto e dos ovos encistados. São muitas as espécies e gêneros fúngicos que ocorrem nas paredes dos cistos de *H. glycines* no Brasil (Tabela 1). Já foram identificados 9 gêneros e 7 espécies fúngicas. Costa et al. (1997) constatarem *Fusarium solani* e *F. oxysporum* em todas as amostras analisadas. Num estudo de frequência dos fungos em 20 cistos

analisados por amostra, constatou-se que vinte e cinco a sessenta por cento dos cistos continham *Fusarium* spp., o que representou 5 a 15 vezes a frequência de cistos com outros fungos (Costa et al., 1997).

TABELA 1. Fungos associados a cistos de *Heterodera glycines* no Brasil

Gênero ou espécie fúngica	Referência
<i>Fusarium solani</i>	Campos, 1997; Silva, 1994 ; Costa et al., 1998
<i>Fusarium oxysporum</i>	Silva, 1994; Ribeiro et. al., 1997; Costa et al., 1998; Campos, 1997
<i>Gliocladium</i> sp	Silva, 1994: Silva et al., 1993 e Campos, 1997
<i>Gliocladium viride</i>	Costa et al., 1998
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Costa et al., 1998; Campos, 1997; Ribeiro et al., 1997
<i>P. variotti</i>	Costa et al., 1998
<i>Scytalidium</i> sp.	Costa et al., 1998
<i>Dactylaria</i> sp.	Costa et al., 1998
<i>Penicillium</i> sp.	Costa et al., 1998; Campos, 1997
<i>Eurotium repens</i>	Costa et al., 1998
<i>Stagonospora</i> sp.	Silva et al., 1993; Silva, 1994.
<i>Chrysosporium corii</i>	Ribeiro et al., 1997

Campos (1997) encontrou *Fusarium solani* e *F. oxysporum* em cistos de campos de soja de Minas Gerais, na proporção de 40 e 20% das amostras analisadas, respectivamente.

Desta forma, observa-se grande predominância de *Fusarium solani* e *F. oxysporum* na flora fúngica dos cistos. Silva et al. (1997) mostraram a possibilidade da separação de isolados de *F. solani* benéfico, isto é, envolvidos apenas no parasitismo do cisto de *H. glycines* daquele causador de enfermidade na planta de soja através de marcadores moleculares.

Fusarium oxysporum, testado em fêmeas estéreis de *H. glycines*, parasitou-as superficialmente. Entretanto, apenas 1,1% dos ovos obtidos das fêmeas parasitadas tiveram hifas emergindo deles (Costa & Campos, 1997).

Fungos isolados de cistos de *H. glycines* podem, também, parasitar outros nematóides. Costa & Campos (1997) obtiveram parasitismo superficial e interno de fêmeas e ovos de *Meloidogyne* spp, quando inoculados com *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Paecilomyces lilacinus*, *P. varioti*, *Dactylaria* sp e *Gliocladium viridi* isolados de cistos, demonstrando a inespecificidade do parasitismo desses fungos.

Apesar de os estudos sobre a presença de fungos em cistos de *H.*

glycines terem avançado bem no Brasil, ainda não foram enfatizadas pesquisas sobre a associação de bactérias na degradação da parede do cisto.

Pode-se supor que fungos ainda desconhecidos e flora bacteriana complexa dos solos estejam, em diversos graus de intensidade, interferindo no processo de degradação dos cistos. Assim, espera-se que, afetando esta flora do solo, tanto qualitativa quanto quantitativamente, por intermédio de rotação de cultura, retardará ou acelerará o processo de desintegração das paredes do cisto de *H. glycines*, abreviando ou não o seu período de sobrevivência no solo.

2) Penetração de fungos nos juvenis, fêmeas e cistos

Já se comprovou que os cistos de *H. glycines* são infectados por diversos gêneros e espécies fúngicas (Silva et al., 1993; Campos, 1997; Ribeiro et al., 1997 e Costa et. al., 1997). Entretanto, questiona-se sobre o momento em que o processo de parasitismo ocorre nesses nematóides. São os juvenis, fêmeas ou cistos infectados inicialmente por fungos?

Poucos dias após o parasitismo das raízes da soja pelo juvenil do segundo estágio, ocorre o fendilhamento no local de alimentação. Desta forma, prematuramente, parte do corpo é exposta ao solo diferentemente dos nematóides das galhas, *Meloidogyne* spp. Para espécies de *Meloidogyne*, o engrossamento da raiz no local de alimentação e a formação de novo tecido, envolvendo a fêmea, protegem-na dos efeitos diretos do ambiente do solo.

Costa & Campos (1997) obtiveram ovos infectados por fungos inoculados no corpo da fêmea "in vitro". Portanto, parece que o corpo da fêmea de *H. glycines* não impõe obstáculos à penetração de fungos. Chen & Dickson (1996) provaram que *F. oxysporum* penetra no cisto de *H. glycines*. Por outro lado, após a morte da fêmea, os restos do útero, pseudoceloma, órgãos e glândulas internas, constituirão nutrientes para o crescimento de fungos e por que não, de bactérias. Se eles vão ou não atacar os ovos encistados, isto dependerá da natureza quitinolítica de cada um, pois a parede dos ovos tem quitina, que poderá ser destruída na presença da enzima quitinase.

3) Modo de ação dos microorganismos antagônicos a *H. glycines*

O parasitismo de fungos em juvenis, dentro e fora dos cistos, poderá

ocorrer por predação ou infecção. Já nos ovos, apenas os fungos quitinolíticos teriam capacidade de parasitá-los.

Estudos sobre seleção de fungos capazes de parasitar juvenis e ovos têm sido realizados no Brasil. Santos & Ferraz (1994) não constatarem nenhum parasitismo de *Monacrosporium ellipso sporium*, *Arthrobotrys robusta*, *Drechmeria coniospora*, *Harposporium* spp, *Hirsutella* spp e *Verticillium* spp, além de seis espécies de *Mastigomycotina*, em juvenis do segundo estágio de *H. glycines*. Ribeiro et al. (1997), encontraram apenas 1,2% de predação em juvenis do segundo estágio de *H. glycines* por *Monacrosporium* spp. Apenas 4% dos ovos provenientes de cistos de *H. glycines* foram parasitados por fungos inoculados artificialmente, e aqueles provenientes de fêmeas tiveram 17,8% de parasitismo (Mizobutsi et al., 1997).

Produtos do metabolismo secundário de fungos constituem outro modo de ação antagônica de fungos em população de *H. glycines*. Filtrado oriundo do crescimento de *P. lilacinus*, em meios de cultura, reduziu significativamente a eclosão de J2 de *H. glycines* “in vitro” (Almeida et al., 1998).

Estudos com fungos isolados a partir de amostras coletadas em áreas de produção de soja, no Brasil, precisam ser ampliados, pois encontram-se na literatura relatos de fungos eficazes na redução populacional de *H. glycines*, como o Arkansas 18 (Riggs & Kim, 1990) e *Verticillium lecanii* (Meyer et al., 1997). O Arkansas 18 penetra no cisto de *H. glycines* enzimaticamente (Kim et al., 1992).

4) Feromônios e substâncias análogas no manejo de *H. glycines*

O ácido vanílico foi isolado de *Heterodera glycines* e interfere no acasalamento nesta espécie (Stern et al., 1988), que se reproduz apenas sexualmente. O ácido vanílico e substâncias químicas análogas, como ácido ferrúlico, 4-hidroxi-3-metoxibenzo-nitrilo, ácido isovanílico e ácido sirínico, são eficazes na redução da densidade populacional de *H. glycines* quando aplicados no solo (Meyer & Huettel, 1996), pois o macho não reconhece o gradiente de feromônio emitido pela fêmea. Seria interessante enfatizar estudos desta natureza no Brasil.

5) Parasitismo de ovos na massa gelatinosa de *H. glycines*

A massa de ovos pode ser utilizada como fonte de carbono por muitos fungos e bactérias, já que esta, em contato direto com o solo, e os ovos poderiam, assim, ser parasitados. Porém ainda não se tem informações sobre estes organismos na literatura brasileira.

Considerações Finais

As altas temperaturas do solo e do ar observadas na maioria das áreas de produção de soja no Brasil, especialmente na região dos Cerrados, poderão acelerar o crescimento de vários fungos envolvidos na desintegração das paredes dos cistos ou no parasitismo de fêmeas, juvenis e ovos de *H. glycines*.

Ainda não se tem investigado o papel de bactérias do solo e da rizosfera além de seus produtos do metabolismo secundário, tanto nos cistos como na eclosão de J2 e no desenvolvimento embrionário dentro do ovo.

Uma espécie de *Pasteuria*, bactéria gram positiva, micelial, produtora de esporo da ordem Actinomycetes (Starr & Sayre, 1988), que infecta *H. glycines*, foi relatada na América do Norte (Noel & Stanger, 1994) e foi capaz de manter a população de *H. glycines* em microplotes abaixo do nível de dano relatado para trabalhos de campo (Atibalentja et al., 1998). Entretanto, ainda não se tem relatos desse antagonista na literatura brasileira. Em outras espécies de nematóides, entretanto, existem vários relatos (Campos et al., 1998; Souza, et al., 1996; Souza & Campos, 1997).

Dever-se-ia dar ênfase ao efeito de sistemas de manejo da cultura da soja no controle biológico de *H. glycines*, principalmente na alteração da flora da rizosfera dessa cultura. A diversificação da flora bacteriana das culturas e o efeito antagônico dessas rizobactérias a fitonematóides é um espaço ainda por explorar nas pesquisas com o nematóide do cisto da soja (Coimbra, 1998, e Kloepper et al., 1992).

Pesquisas em controle biológico do nematóide de cisto da soja ainda estão nos seus primórdios no Brasil. Entretanto, mesmo numa análise global, muitos avanços ainda precisam ser alcançados em relação aos antagonistas de *H. glycines*, até que seja possível empregá-los de maneira econômica e eficaz em condições de campo. Entretanto, espera-se que a participação de agentes de controle biológico, na redução populacional de

H. glycines, já seja muito importante em algumas áreas no Brasil, uma vez que rotações curtas de um ano já possibilitam o plantio econômico de soja. Nestes locais, a redução populacional do nematóide na entressafra é acelerada. Mesmo monocultura de soja suscetível por dois anos já é observada em áreas infestadas, em Primavera do Leste-MT (Silva¹, comunicação pessoal), evidenciando a importância destes organismos.

Literatura Citada

ALMEIDA, A.R.; M.J.N. COSTA & V.P. CAMPOS, 1998. Avaliação do crescimento e esporulação de fungos antagonistas de nematóides, e efeito do filtrado desses fungos sobre a eclosão de juvenis do segundo estágio de *Heterodera glycines* e *Meloidogyne javanica*. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Nematologia, Maringá, PR. p. 58 e 59.

ATIBALENTJA, N.; G.R. NOEL, T.F. LIAO & G.Z. GERTNER, 1998. Population changes in *Heterodera glycines* and its bacterial parasite *Pasteuria* sp. in naturally infested soil. Journal of Nematology. 30(1): 81-92.

CAMPOS, V.P.; J.T. de SOUZA & R.M. de SOUZA, 1998. Controle de Nematóides por meio de bactérias. P. 285-327. In: Luz, W.C. (Ed.). Revisão Anual de Patologia de Plantas, vol. 6.

CAMPOS, V.P., 1997. Distribuição de *Heterodera glycines* na cultura da soja em Minas Gerais. Anais do XX Congresso Brasileiro de Nematologia, Gramado, RS. p. 56.

CHEN, S.Y. & D.W. DICKSON, 1996. Fungal penetration of the cyst wall of *Heterodera glycines*. Phytopathology. 86(3): 319-327.

COIMBRA, J.L.; 1998. Rizobacterias antagonistas a *Meloidogyne javanica*, isolamento e parasitismo de fungos de fêmeas de *Meloidogyne* spp. UFLA, Lavras, 74p. Tese de Mestrado.

COSTA, S.B. & V.P. CAMPOS, 1997. Obtenção de fêmeas de *Heterodera glycines* em hidroponia e testes de patogenicidade de fungos isolados de cistos a fêmeas de *H. glycines* e de *Meloidogyne* spp. Summa Phytopathologica, 23(3/4): 239-243.

COSTA, S.B.; V.P. CAMPOS & M. MENEZES, 1997. Fungos

associados a cistos de *Heterodera glycines* no Brasil. *Nematologia Brasileira*, 21(2): 31-37.

INAGAKI, H. & M. TSUTSUMI, 1971. Survival of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* Ichinohe (Tylenchida-Heteroderidae) under certain storage conditions. *Applied Entomology and Zoology*, 6:156-162.

ISHIBASHI, N.; E. KONDO; M. MURAOKA & T. YOKOO, 1973. Ecological significance of dormancy in plant parasitic nematodes. I. Ecological difference between eggs in gelatinous matrix and cyst of *Heterodera glycines* Ichinohe. *Applied Entomology and zoology*, 8:53-63.

KIM, D.G., R.D. RIGGS & K.S. KIM, 1992. Ultrastructure of *Heterodera glycines* parasitized by Arkansas fungus 18. *Phytopathology*. 82(4): 429-433.

KLOEPPER, J.W.; R. RODRIGUEZ-KABAMA; J.A. McINROY & R.W. YOUNG, 1992. Rhizosphere bacteria antagonistic to soybean cyst (*Heterodera glycines*) and root knot (*Meloidogyne incognita*) nematodes: Identification by fatty acid analysis and frequency of biological control activity. *Plant and Soil*. 139(1): 75-84.

MEYER, S.L.F. & R.N. HUETTEL, 1996. Application of a sex pheromone, pheromone analogs, and *Verticillium lecanii* for management of *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology*, 28:36-42.

MEYER, S.L.F.; G. JOHNSON; M. DIMOCK; J.W. FAHEY & R.N. HUETTEL, 1997. Field efficacy of *Verticillium lecanii*, sex pheromone, and pheromone analogs as potential management agents for soybean cyst nematode. *Journal of Nematology*, 29(3): 282-288.

MIZOBUTSI, E.H.; R.C.F. RIBEIRO & S. FERRAZ, 1997. Avaliação de 25 espécies de fungos no parasitismo de ovos de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* "in vitro". *Fitopatologia Brasileira*. 22(Suplemento). 326-327.

NOEL, G.R.; & B.A. STANGER, 1994. First report of *Pasteuria* sp. attacking *Heterodera glycines* in North America. Supplement to the *Journal of Nematology*. 26: 612-615.

OKADA, T, 1972. Hatching inhibitory factor in the cyst contents

of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines* Ichinohe (Tylenchida: Heteroderidae). Applied Entomology and Zoology, 7:99-102.

RIBEIRO, R.C.F.; E.H. MIZOBUTSI; S. FERRAZ & R.W. BARRETO, 1997. Avaliação "in vitro" da capacidade predatória de *Monacrosporium* spp., detectados em solos de diferentes regiões do Brasil. Anais do XX Congresso Brasileiro de Nematologia, Gramado, RS, p. 67.

RIBEIRO, R.C.F.; S. FERRAZ; M. MENEZES & R.D. LIMA, 1997. Detecção e isolamento de fungos parasitas de ovos de *Heterodera glycines* em diferentes regiões produtoras de soja. Anais do XX Congresso Brasileiro de Nematologia, Gramado, RS, p. 69.

RIGGS, R.D. & D.G. KIM, 1990. Biological control of soybean cyst nematode. Arkansas Farm Research, may-june: 12.

SANTOS, R.F. Jr. & V.P. CAMPOS, 1998. Efeito da umidade do solo na população de cistos e ovos de *Heterodera glycines* e na população de ovos de *Meloidogyne incognita*. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Nematologia, Maringá, PR. p. 48.

SILVA, J.F.V.; C.L. COSTA; G.S. BAIA & R.V. ABDELNOOR, 1997. Caracterização genética de isolados de *Fusarium* sp parasitas de ovos de *Heterodera glycines* e de plantas de soja. Fitopatologia Brasileira. 2 (Suplemento): 329.

SILVA, J.F.V.; 1994. Fungos associados a cistos de *Heterodera glycines*, no Brasil. Nematologia Brasileira, 18: 73-78.

SILVA, J.F.V.; S.M. PIZA & R.G. CARNEIRO, 1993. Fungos associados a cistos de *Heterodera glycines* no Brasil. Nematologia Brasileira, 17(1): 70. Resumo.

STARR, M.P. & R.M. SAYRE, 1988. *Pasteuria thornei* sp. nov. and *Pasteuria penetrans* sensu stricto emend., mycelial and endospore forming bacteria parasitic, respectively on plant-parasitic nematodes of the genera *Pratylenchus* and *Meloidogyne*. Annals de l'Institut Pasteur / Microbiologie. 139: 11-31.

STERN, S.; H. JAFFE; A. DENILO & R.N. HUETTEL, 1988. Disruption of mate finding in soybean cyst nematodes with analogs of the

nematode sex attractant. Journal of Nematology, 20:661 (Abstr.).

WRATHER, J.A.; T.R. ANDERSON, D.M. ARSYAD, J. GAI, L. D. PLOPER, A. PORTA-PUGLIA, H.H. RAM & J.T. YORINORI, 1997. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean-producing countries in 1994. Plant Disease 81:107-110.

SOUZA, J.T. & V.P. CAMPOS, 1997. Efeito do isolado P₁-UFLA de *Pasteuria penetrans* sobre a primeira geração de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. Nematologia Brasileira, 21(2): 93-102.

SOUZA, J.T.; R.M. de SOUZA & V.P. CAMPOS, 1996. Ocorrência e flutuação populacional de *Pasteuria* spp. em Minas Gerais. Nematologia Brasileira, 20(2): 41-51.

1 SILVA, J.F.V. (Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Soja)

DISTRIBUIÇÃO DE RAÇAS DE *HETERODERA GLYCINES* NO BRASIL

Waldir Pereira Dias; João Flávio Veloso Silva;
Adriana Luisa Wain & José Erivaldo Pereira
Centro Nacional de Pesquisa de Soja-Embrapa Soja
CP 231, 86 001-970, Londrina, PR

O nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*, apresenta grande variabilidade genética (Ross, 1962; Miller, 1969^{ab}; Riggs et al., 1968, 1981). Isto ficou muito bem documentado com o uso de variedades resistentes nos E.U.A. A raça 3 era predominante quando a primeira variedade com resistência – ‘Pickett’ - foi liberada. Depois de poucos anos, a raça 4, atualmente classificada como 14 (Riggs & Schmitt, 1988), foi detetada em algumas áreas. Novamente outra cultivar resistente – ‘Bedford’ - foi utilizada nas áreas com problema e a raça do nematóide mudou, tornando-se agora raça 5 (Young, 1992). Desta forma, o acompanhamento e a classificação da capacidade parasitária de uma determinada população é fundamental para a utilização racional das variedades resistentes.

Pesquisadores verificaram que populações do NCS, geograficamente distintas, exibiam capacidades idênticas de reprodução em cultivares/introduções de plantas (PI) de soja resistentes, sendo assim possível a classificação desses isolados. Golden et al. (1970) propuseram o termo raça para separar isolados, com base num teste de hospedeiros diferenciadores. As linhas de soja escolhidas foram duas cultivares, Peking e sua derivada Pickett, e duas PI's, 88788 e 90763. A cultivar Lee foi recomendada como um padrão de suscetibilidade.

A designação da raça é dada pelo número de fêmeas que se desenvolve sobre cada genótipo diferenciador, em relação ao número encontrado em ‘Lee’. Desse modo, para cada diferenciadora, é calculado um índice de fêmeas (IF). $IF(\%) = (\text{número médio de fêmeas encontrado na diferenciadora} / \text{número médio de fêmeas encontrado em 'Lee'}) \times 100$. Se a diferenciadora apresenta um IF menor que 10%, ela é classificada como resistente (-). Ao contrário, se apresenta IF maior ou igual a 10%, é tida como suscetível (+). Pelo esquema de Golden et al. (1970), somente é

possível a identificação das raças 1, 2, 3 e 4.

Com o incremento do uso de variedades de soja resistentes ao NCS, foram surgindo populações do nematóide que não se encaixavam no modelo proposto por Golden et al. (1970). Na ausência de uma melhor alternativa, Riggs & Schmitt (1988) expandiram o esquema original de Golden et al. (1970). Pelo esquema expandido, que é o adotado atualmente, tornou-se possível a identificação de até 16 raças (Quadro 1). Entretanto, as raças 11, 12, 13 e 16 são apenas hipotéticas, visto que a cultivar Pickett não herdou todos os genes para resistência de 'Peking' (Riggs et al., 1977).

Essa categorização de raças é bastante artificial, pois a diferenciação entre resistência e suscetibilidade é definida através de uma estimativa pontual (10%), arbitrada por Golden et al. (1970). Populações do NCS com IF muito próximos de 10%, dependendo do ambiente, podem comportar-se no campo como uma outra raça. Para essas situações, uma abordagem que utiliza a estimativa do intervalo de confiança para os 10% e que incorpora um grau de probabilidade associado à raça identificada, foi proposta por Pereira et al. (1998), facilitando o entendimento da capacidade parasitária das populações do NCS.

Quadro 2. Reação das cultivares diferenciadoras de raças do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* (Riggs & Schmitt, 1988).

Raça	'PICKETT'	'PEKING'	PI 88788	PI 90763
1	-*	-	+	-
2	+	+	+	-
3	-	-	-	-
4	+	+	+	+
5	+	-	+	-
6	+	-	-	-
7	-	-	+	+
8	-	-	-	+
9	+	+	-	-
10	+	-	-	+
11	-	+	+	-
12	-	+	-	+
13	-	+	-	-
14	+	+	-	+
15	+	-	+	+
16	-	+	+	+

*. + Suscetível; - Resistente.

No final da década de 80, foi identificada como uma nova fonte de resistência ao NCS, a PI 437654. Esse genótipo apresenta resistência a todas as raças conhecidas (Anand et al., 1988; Anand, 1991, 1992) e é largamente utilizado como fonte de resistência nos programas de melhoramento genético de soja. 'Hartwig' é o resultado do cruzamento da PI 437654 com 'Forrest'³, resultou. Essa cultivar, igualmente resistente a todas as raças, tem sido amplamente empregada para o desenvolvimento de cultivares de soja com resistência ao NCS no Brasil. A pressão de seleção dessa nova fonte de resistência (PI 437654 e sua descendência), possivelmente, resultará em alterações na capacidade genética do nematóide em parasitar, de modo a surgirem populações capazes de se multiplicarem nesses materiais. Para tentar detectar essas mudanças, Schmitt & Shannon (1992) e Rao-Arelli et al. (1992) propuseram a inclusão de PI 437654 como genótipo adicional nos testes para a identificação de raças do NCS. Na Embrapa Soja, além da PI 437654, também é rotina a inclusão da cultivar Hartwig, o que possibilitou a detecção, no País, da raça 4⁺ (Dias et al., 1998). Trata-se de populações encontradas no município de Sorriso (MT) que tem o comportamento das raças 4 e 14 tradicionais, mas que, também, são capazes de quebrar a resistência de 'Hartwig'. Esses foram os primeiros relatos de quebra da resistência da cv. Hartwig por uma população de campo do NCS. Curiosamente, essa população apareceu no País antes mesmo do nematóide ter sofrido pressão de seleção, pelo cultivo de variedades de soja com esse tipo de resistência. Provavelmente, aparecerão no País outras populações parasitando 'Hartwig'. Portanto, no Brasil, essa cultivar deverá estar sempre presente nos testes para a identificação de raças do NCS.

Riggs et al. (1988) alertam que as diferenças nas condições em que são conduzidos os testes, podem influenciar na identificação da raça. A origem das sementes das diferenciadoras, o nível e o modo de preparo do inóculo, a idade da muda, o tamanho e o material do vaso, a temperatura do solo e a época da avaliação são alguns dos fatores que podem contribuir para aumentar a variabilidade destes testes (Riggs & Schmitt, 1988; Young, 1982; Brito et al., 1995). Uma padronização dos procedimentos a serem adotados foi proposta por Riggs & Schmitt (1991). Em observância a essa recomendação, nos testes realizados na Embrapa Soja, procura-se sempre empregar a seguinte metodologia:

O inóculo das diferentes populações de *H. glycines* é obtido de solo naturalmente infestado, coletado em diferentes locais do País e mantido em

vasos de argila com capacidade para 5 litros, em casa-de-vegetação, com temperatura de 25-30° C. A cultivar de soja Embrapa-20 é semeada e deixada crescer por, no máximo, 60 dias, para que as populações do nematóide atinjam níveis suficientes para a instalação dos ensaios. Neste ponto, as plantas são recolhidas e os sistemas radiculares submetidos à extração das fêmeas, utilizando-se de peneiras com malha 20 e 100. As fêmeas são rompidas com tubo de ensaio, sobre a peneira com malha 100, acoplada a uma de 500. Os ovos recolhidos da peneira com malha 500 são centrifugados em solução de sacarose (454 g de açúcar/L de água) a 2400 r.p.m. durante 1 minuto. Em seguida, são coletados em béquer e quantificados, utilizando-se de câmara de Peters, sob microscópio óptico. Sementes de soja da série diferenciadora ('Pickett', 'Pecking', PI 88788, PI 90763) e das testemunhas 'Lee- 68' (suscetível), 'Hartwig' e PI 437654 (resistentes) são germinadas em areia. Quando as plântulas atingem 2-3 dias de idade, são transplantadas para vasos de argila com capacidade para 0,5 litro (uma plântula por vaso), contendo uma mistura de solo e areia, na proporção 1:2. Simultaneamente ao transplantio, cada plântula é inoculada com 4 mL de uma suspensão contendo 1000 ovos/mL. Os vasos são mantidos em casa-de-vegetação (25 a 30°C), num delineamento inteiramente casualizado com sete repetições por diferenciadora, por 28-30 dias, quando se dá a avaliação. Para a avaliação, o sistema radicular de cada planta é cuidadosamente retirado do vaso e lavado sob jato forte de água em peneira com malha 20, acoplada sobre uma de 60. As fêmeas do nematóide, retidas na peneira com malha 60, são coletadas em um béquer. Em seguida, são transferidas para placas quadriculadas e contadas, sob microscópio estereoscópico. Para cada diferenciadora, é calculado um índice de fêmeas (IF) e a raça é identificada utilizando-se do esquema de Riggs & Schmitt (1988).

O primeiro levantamento de raças de *H. glycines*, no Brasil, foi realizado por Noel et al. (1994), que detetaram as raças 2, 3, 4, 5, 10 e 14 (Quadro 2). Nas safras 1995/96, 1996/97 e 1997/98 e 1998/99, cerca de 70 populações do NCS foram coletadas em diferentes localidades do País e levadas para a Embrapa Soja para a determinação das raças. Foram encontradas as raças 3, 6, 9 e 14 na safra 1995/96, as raças 1, 2, 3, 4⁺, 5, 6 e 9 na safra 1996/97 as raças 3, 4, 6, 9, 10 e 14 na safra 1997/98 e as raças 1,3,4,5,6,14⁺ na safra 1998/99 (Quadro 2). Os resultados mostram que, apesar de a constatação do NCS no Brasil ser recente e de o nematóide praticamente ainda não ter sofrido pressão de seleção pelo uso de cultivares

de soja resistentes, já foram encontradas no País as raças 1, 2, 3, 4, 4⁺, 5, 6, 9, 10, 14 e 14⁺ (Noel et al., 1994; Wain & Silva, 1997; Dias et al., 1997, 1998).

Nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, ocorre somente a raça 3. No Rio Grande do Sul, onde o nematóide só foi encontrado uma única vez, a raça presente é a 6. Em Goiás, já se registrou a ocorrência das raças 3, 4, 6, 9 e 14. No Mato Grosso do Sul, além das raças relatadas em Goiás, também ocorre a raça 10. No Estado do Mato Grosso, já foram encontradas as raças 1, 2, 3, 4⁺, 5, 6, 9, 10 14 e 14⁺ (Quadro 2).

Parece haver tendência da ocorrência de um maior número de raças à medida que se caminha para o norte do País. O acompanhamento da evolução dessas raças deve ser atividade constante para dar suporte aos programas de melhoramento genético, visando a criar cultivares de soja resistentes e orientar os sojicultores na escolha de variedades adequadas para as áreas infestadas. Esse grande número de raças demonstra uma elevada variabilidade genética do NCS no País, exigindo um constante desenvolvimento de novas variedades resistentes.

Com o surgimento, no país, das primeiras variedades de soja resistentes ao NCS, os agricultores devem ser orientados no sentido de evitarem o uso contínuo de uma mesma variedade resistente, ou de variedades com a mesma fonte de resistência, numa determinada área. Isso contribuirá para que a pressão de seleção não seja suficiente para provocar a mudança da raça, aumentando, assim, a vida útil das cultivares.

Quadro 2. Distribuição de raças de *Heterodera glycines* no Brasil.

Estados/Municípios	Noel et al. (1994)	Embrapa Soja Safrá 1995/96	Embrapa Soja Safrá 1996/97	Embrapa Soja Safrá 1997/98	Embrapa Soja Safrá 1998/99*
Goiás	3 e 14	3, 9 e 14	4 e 6	3, 4, 6, 9 e 14	6 e 14
Chapadão do Céu	3 e 14	9 e 14	4 e 6	4, 9 e 14	6
Jataí	-	14	-	6 e 14	-
Mineiros	-	3	-	-	-
Rio Verde	-	-	-	3	-
Rio Verde	-	-	-	-	14
Mato Grosso do Sul	4, 10 e 14	3, 6 e 9	4 e 6	-	4, 6 e 14
Chapadão do Sul	4 e 14	-	4 e 6	-	4 e 6
Costa Rica	10	6	-	-	-
Água Clara	-	3 e 9	-	-	-
Camapuã	-	6	-	-	-
Alcinópolis	-	-	-	-	14
Mato Grosso	2, 3 e 5	-	1, 2, 3, 4*, 5 e 9	10 e 14	1, 3, 5 e 14*
Campo Verde	3 e 5	-	2 e 5	-	-
Jaciara	2	-	-	-	5
Diamantino	3	-	3	-	-
Tangará da Serra	3	-	1	-	-
Campo N. do Parecis	3	-	3	-	-
Campos de Júlio	-	-	9	-	-
Primavera do Leste	-	-	1	-	1 e 3
Sorriso	-	-	4*	-	14*
Alto Taquari	-	-	-	10 e 14	3
Decirolândia	-	-	-	-	3
Minas Gerais	3	3	-	3	3
Nova Ponte	3	-	-	-	3
Irai de Minas	3	-	-	3	-
Indianópolis	-	3	-	-	-
Pedrinópolis	-	3	-	3	-
Patos de Minas	-	3	-	-	-
Perdizes	-	-	-	3	-
Presidente Olegário	-	-	-	3	-
Monte Carmelo	-	-	-	3	-
Araguari	-	-	-	3	-
Uberaba	-	-	-	3	-
Uberlândia	-	-	-	3	-
Romaria	-	-	-	3	-
Santa Juliana	-	-	-	3	-
Coromandel	-	-	-	3	-
São Paulo	-	3	-	3	-
Florínea	-	3	-	-	-
Tarumã	-	3	-	3	-
Paraná	-	3	-	-	-
Sertaneja	-	3	-	-	-
Rio Grande do Sul	-	6	-	-	-
Cruzeiro do Sul	-	6	-	-	-

*Dados ainda não publicados

LITERATURA CITADA

ANAND, S.C. Registration of soybean germplasm line S88-2036 having multiple-race soybean cyst nematode resistance. Crop Science, 31:856, 1991.

-----Registration of Hartwig soybean. Crop Protection, 36: 1069-1070, 1992.

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

BRITO, C.H.; T. SEDIYAMA; W.P. DIAS & S. FERRAZ. Influência do tipo de vaso na multiplicação de *Heterodera glycines* Ichinohe. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, XVII, Goiânia, GO. Ata e Resumos. Emgopa/Embrapa Soja. p. 162., 1995.

DIAS, W.P.; A.L. WAIN & J.F.V. SILVA. Monitoramento de raças do nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*, no Brasil (Safrá 1996/97). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, DA REGIÃO SUL, XXV, Passo Fundo, RS. Ata e Resumos. Embrapa Trigo. p.168, 1997.

DIAS, W.P.; J.F.V. SILVA; R.A.S. KIIHL; D.M. HIROMOTO & R.V. ABDELNOOR. Quebra da resistência da cv. Hartwig por população de campo do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33: 971-974, 1998.

GOLDEN, A.M.; J.M. EPPS; R.D. RIGGS; L.A. DUCLOS; J.A. FOX & R.L. BERNARD. Terminology and identity of intraspecific forms of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). Plant Dis. Rptr., 54: 544-546, 1970.

MILLER, L.I.. Physiologic variation of six isolates of the soybean cyst nematode. Phytopathology, 59: 1558 (Abstract), 1969_a.

-----Physiologic variation of five isolates of the soybean cyst nematode. Virgínia J. Sci., 29: 991969_b.

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

PEREIRA, J.E.; J.F.V SILVA,.; W.P. DIAS, & G.S. SOUZA, Winsorização e simulação via "Bootstrap" como ferramentas para classificar raças do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe. In: Reunião Anual da Região Brasileira Sociedade Internacional de Biometria, 43, Araraquara, SP. Resumos. UNESP. p.86, 1998.

RAO-ARELLI, A.P.; J.A. WRATHER & S.C. ANAND, 1992. Genetic diversity among isolates of *Heterodera glycines* and sources of resistance in soybeans. Plant Dis. Repr., 76: 894-896.

RIGGS, R.D. & D.P. SCHMITT. Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. J. Nematol., 20: 392-395, 1988.

-----Optimization of the *Heterodera glycines* race test procedure. J. Nematol., 23: 149-154, 1991.

RIGGS, R.D.; D.A. SLACK & M.L. HAMBLIN. New biotype of soybean cyst nematode. Arkansas Farm. Res., 17: 11, 1968.

RIGGS, R.D.; M.L. HAMBLIN & L. RAKES. Development of *Heterodera glycines* pathotypes as affected by soybean cultivars. J. Nematol., 9: 312-318, 1977.

RIGGS, R.D.; M.L. HAMBLIN & L. RAKES. Infra-species variation in reaction to hosts in *Heterodera glycines* populations. J. Nematol., 13: 171-179, 1981.

RIGGS, R.D. & D.P. SCHMITT & G.R. NOEL. Variability in race tests with *Heterodera glycines*. J. Nematol., 20: 565-572, 1988.

ROSS, J.P. Physiological strains of *Heterodera glycines*. Plant Dis. Repr., 46: 766-769, 1962.

SCHMITT, D.P. & G. SHANNON. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. Crop Science, 32: 275-277, 1992.

WAIN, A.L. & J.F.V. SILVA. Levantamento de ocorrência de raças de *Heterodera glycines* no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XX, Gramado, RS. Resumos. p.58, 1997.

YOUNG, L.D. Reproduction of Tennessee soybean cyst nematode population on cultivars resistant to race 4. Plant Dis. Rptr., 66: 251-252, 1982.

-----Problems and strategies with long-term use of nematode resistant cultivars.

J. Nematology, 24(2): 228-233, 1982.

MELHORAMENTO GENÉTICO VISANDO À RESISTÊNCIA

Neylson E. Arantes¹, Romeu A. S. Kiihl² & Leones A. Almeida².

Embrapa Soja, ¹Caixa Postal 351, 38001-970 Uberaba, MG,

²Caixa Postal 235, 86001-970 Londrina, PR

E-mail: narantes@mednet.com.br

Introdução

O melhoramento genético de plantas tem sido uma ferramenta importante não apenas para a obtenção de ganhos genéticos, como também na eliminação de fatores restritivos à produtividade, principalmente pela incorporação de resistência às doenças. Os resultados práticos dos programas de melhoramento, no Brasil, podem ser observados nas tabelas de rendimento das lavouras comerciais, como é o caso da soja, *Glycine max* (L.) Merrill, que anualmente vem registrando recordes de produtividade.

Uma planta de soja é considerada produtiva quando possui eficiência na acumulação de produtos fotossintéticos nos grãos. Essa eficiência depende não apenas do próprio genótipo, como também do ambiente e da interação entre ambos. Nem sempre, o homem consegue intervir no ambiente, e quando isso é possível, o seu custo quase sempre é elevado. Entretanto, podem ser feitas alterações dirigidas nas plantas, através do melhoramento genético, modificando o ciclo, o hábito de crescimento, a eficiência fotossintética, a rusticidade do sistema de raízes, a reação às doenças e outras características e que podem agregar maior estabilidade de produção.

Desde que as lavouras de soja passaram a ocupar áreas extensas no Brasil, especialmente a partir da década de setenta, doenças como pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*), mancha “olho-de-rã” (*Cercospora sojina*) e cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp.; *meridionalis*) se constituíram em grandes ameaças, causando enormes prejuízos aos produtores. As cultivares de soja semeadas atualmente possuem resistência múltipla a essas doenças, e os prejuízos causados por elas são apenas lembranças do passado.

Em 1992, o nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*

Ichinohe, foi relatado pela primeira vez no Brasil (Lima et al., 1992; Lordello et al., 1992; Monteiro & Moraes, 1992). A partir de então, a doença disseminou-se rapidamente pelo País, atingindo as mais importantes regiões produtoras e causando grandes prejuízos.

Histórico do Melhoramento no Brasil

Na mesma safra em que foi relatada a existência do NCS no Brasil, Kiihl & Almeida, 1992 (dados não publicados), avaliaram as principais cultivares de soja indicadas para a Região Central do Brasil e também alguns genótipos americanos, utilizando um solo naturalmente infestado, no Município de Campo Verde, MT. Com exceção da 'MG/BR-22 (Garimpo)', que apresentou em média 11,38 fêmeas e cistos por planta, todas as outras cultivares brasileiras, entre elas a 'FT-Cristalina', que era a mais semeada na região, apresentaram mais de 30 fêmeas e cistos por planta.

Na safra 1993/94, em uma área naturalmente infestada pelo NCS, raça 3, localizada no Município de Nova Ponte, MG, Arantes et al. (1994) avaliaram 231 genótipos de soja, utilizando os critérios propostos por Schmitt & Shannon (1992), para classificá-las quanto à reação ao *H. glycines*. Entre todas as cultivares brasileiras indicadas para a safra 1992/93, apenas sete não estavam incluídas no estudo, o que representava 4% do germoplasma; eram elas: BR-11 (Carajás), EMBRAPA-19, FT-Cristal, FT-Iracema, FT-Morena, OCEPAR-13 e RS 9-Itaúba (EMBRAPA, 1992). Somente a cv. IPAGRO-21, lançada para o Rio Grande do Sul, foi classificada como resistente, com índice de parasitismo igual a 2,2%. Essa cultivar, que não se adaptou nas condições do Brasil Central, tem entre seus parentais a 'Forrest', que é resistente ao *H. glycines*, raça 3 (Hartwig & Epps, 1973), o que explica a reação de resistência observada. As cultivares MG/BR-22 (Garimpo) e EMGOPA-310 (Marfim) foram classificadas como moderadamente suscetíveis, com índices de parasitismo iguais a 36,6% e 33,3%, respectivamente. Todas as demais cultivares de soja testadas revelaram-se suscetíveis. Os resultados destes estudos assemelham-se aos obtidos nos EUA, em 1957, três anos após o primeiro relato da ocorrência do *H. glycines* naquele País. Segundo Hartwig (1985), cerca de quatro mil genótipos de soja foram avaliados em área infestada no Estado de Carolina do Norte, sendo encontrada resistência em apenas 0,3% deles. Entre os genótipos resistentes, não havia uma única cultivar americana; todos eram originários do nordeste da China e apresentavam sementes com

tegumento de cor preta.

Como a semeadura de cultivares resistentes e a rotação de culturas estão entre as práticas recomendadas para se manejar áreas infestadas, os principais programas de melhoramento genético da soja no País passaram a dar grande ênfase ao desenvolvimento de cultivares resistentes. Ainda na década de setenta, antevendo que o NCS poderia chegar ao Brasil, o programa de melhoramento genético da Embrapa Soja realizou uma série de hibridações artificiais, utilizando a cultivar americana Pickett, como fonte de resistência. Na década de oitenta, não havia relato do NCS no Brasil, e nos EUA surgia o segundo ciclo de genótipos resistentes, caracterizado por cultivares mais produtivas e resistentes a outros patógenos. Em decorrência desses fatos, o programa da Embrapa Soja descartou as populações existentes e fez novos cruzamentos, utilizando como fontes de resistência as cultivares Forrest, Centennial, Sharkey e Kirby, todas resistentes à raça 3. Como essa era a raça predominante nos EUA, partiu-se da hipótese de que ela seria, provavelmente, a primeira a ser introduzida no Brasil.

A partir da safra 1993/94, todas as linhagens oriundas das populações que tinham, pelo menos, um parental resistente ao *H. glycines*, foram avaliadas em casa-de-vegetação e áreas naturalmente infestadas. Nos testes foram identificadas dezenas de linhagens resistentes à raça 3, sendo que a grande maioria foi descartada por suscetibilidade ao cancro da haste. Em 1997, foi lançada a 'BRSMG Renascença', primeira cultivar brasileira resistente ao NCS, que se adaptou bem nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Sudeste de Goiás (Arantes et al., 1997). Resultante do cruzamento [F81-2129 x (Kirby x Tracy M)] x Forrest, feito no Centro Nacional de Pesquisa de Soja, a BRSMG 'Renascença' é resistente às principais doenças e apresentou rendimento de grãos 8% superior ao padrão de mesmo ciclo.

Em 1998, a Embrapa Soja e seus parceiros lançaram a cultivar BRSMG Liderança, com boa adaptação nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo e também a BRSMT Pintado, que é indicada para Mato Grosso. Ainda em 1998, a Monsoy Sementes lançou as cultivares M-SOY 8001, indicada para Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, e M-SOY 8401, indicada para o Mato Grosso do Sul (EMPRAPA, 1998).

Herança da Resistência

O melhoramento genético da soja, visando ao desenvolvimento de

cultivares resistentes ao NCS é bastante complexo, e a base genética da resistência ainda não está completamente entendida. As dificuldades encontradas nos estudos de herança, bem como algumas divergências observadas, podem ser atribuídas, em parte, ao alto nível de variabilidade observada nas populações de campo e, ainda, devido ao método utilizado para classificar como resistentes, as plantas que apresentam < 10% do número de fêmeas ou cistos encontrados na cultivar suscetível 'Lee'. Concebido et al. (1996) afirmam que a natureza complexa do patógeno e do hospedeiro são as causas prováveis dos resultados contrastantes e ambíguos obtidos até então sobre a herança da resistência.

Os primeiros estudos sobre a herança da resistência da soja ao *H. glycines* foram feitos por Caldwell et al. (1960), utilizando os genótipos Peking, PI 90763, PI 84751 (resistentes) e 'Hill' (suscetível). Os pesquisadores identificaram três genes recessivos independentes para a resistência, rhg_1 , rhg_2 e rhg_3 . Posteriormente, Matson & Williams (1965) encontraram um gene dominante Rhg_4 , em adição aos três genes recessivos. O gene dominante, que foi encontrado em Peking, estava ligado à série alélica *i*, que afeta a coloração do tegumento da semente. Por ocasião desses primeiros estudos, as raças não estavam bem caracterizadas. Segundo CAVINESS (1992), provavelmente Caldwell et al. (1960) trabalharam com a raça 1 e Matson & Williams (1965), com a raça 3.

Rao-Arelli & Anand (1988) utilizaram diversos genótipos de soja para estudar a similaridade dos genes que condicionam resistência à raça 3, concluindo que Peking tinha genes em comum com PI 90763 e PI 438489B, enquanto PI 90763 tinha genes em comum com PI 438489B, PI 404166 e PI 404198A. Em um estudo de herança, realizado por Myers & Anand (1991), os resultados obtidos indicaram que PI 90763 e Peking possuem genes para resistência à raça 3, em comum com PI 437654. Os autores encontraram um gene dominante e dois recessivos, condicionando resistência na PI 437654.

A herança da resistência dos genótipos 'A 20', 'Jack' e 'Cordell', à raça 3, que vieram, respectivamente, de Peking (Cianzio et al., 1991), PI 88788 (Nickell et al., 1990) e Peking + PI 88788 + PI 90763 (Hartwig & Young, 1990), foi estudada por Mansur et al. (1993), que concluíram ser uma herança predominantemente aditiva, controlada por três ou não mais do que quatro genes.

O maior número de estudos sobre herança da resistência da soja ao *H. glycines* foi feito para a raça 3, considerada como selvagem e mais largamente disseminada nas regiões produtoras de soja. Estudos de herança para outras raças também foram realizados, indicando a necessidade de novas pesquisas.

Em um estudo conduzido por Thomas et al. (1975), que cruzaram Peking x PI88788, concluiu-se que, para a raça 4, esses genótipos diferem entre si por um único gene. Cruzamentos de PI88788, com um genótipo suscetível a todas as raças, mostrou que a resistência do NCS, à raça 4, parece ser controlada por um gene dominante e dois recessivos.

Myers et al. (1988) estudaram a herança da resistência do NCS à raça 5. Em um cruzamento com A cv. 'Essex' (suscetível), os autores concluíram que a resistência em PI 437654 era condicionada por dois genes dominantes e dois recessivos. Resultados semelhantes foram obtidos nos cruzamentos envolvendo PI 437654, Peking e PI 90763. Entretanto, o cruzamento PI 437654 x PI 88788 revelou que um gene recessivo e dois dominantes é que condicionam a resistência.

Estudos desenvolvidos por Anand & Rao-Arelli (1989), Hancock et al. (1987) e Hartwig (1985) indicam que os genes para resistência a algumas raças podem estar ligados ou que existam alelos múltiplos de um único *locus*. Resultados preliminares obtidos por Hartwig (1985) sugerem que há uma ligação gênica para a resistência às raças 5 e 14.

Fontes de Resistência

Entre os genótipos de soja resistentes ao NCS, identificados inicialmente nos EUA, a 'Peking', que é resistente às raças 1 e 3, foi largamente utilizada como fonte de resistência, por apresentar melhores características agronômicas (Hartwig, 1985). Posteriormente, PI 88788 foi utilizada como fonte de resistência às raças 3 e 4 (Shannon, 1989), PI 90763 e PI 89772 à raça 5 (Hartwig, 1985) e PI 437654 às raças 3, 4 e 5 (Anand et al., 1985).

Mais recentemente, a cv. 'Hartwig' vem sendo utilizada, em larga escala, nos programas de melhoramento. Essa cultivar, que resultou do cruzamento Forrest³ x PI 437654, apresenta resistência a todas as raças e biótipos de NCS conhecidos nos EUA (Anand, 1992). No Brasil, entretanto,

a resistência da cv. 'Hartwig' foi quebrada por uma população existente no Mato Grosso, identificada preliminarmente como raça 4* (Dias et al., 1998).

No programa de melhoramento genético desenvolvido pela Embrapa Soja, as cultivares listadas na Tabela 1 vêm sendo utilizadas como fontes de resistência às diferentes raças do NCS.

Tabela 1 – Principais fontes de resistência às diferentes raças de *H. glycines*, utilizadas no programa melhoramento genético da soja, desenvolvido pela Embrapa Soja.

Raça	Cultivar	Fonte original
1 e 3	Centennial, Forrest, Foster, Kirby, Padre, Pickett-71 e Sharkey	Peking
3, 14	Avery, Bedford, Epps, Nathan, Jeff e Leflore	Peking e PI 88788
2,3,5 e 14	Cordell	PI 90763
1 a 6, 9 e 14	Hartwig	Peking e PI 437654

Técnicas para Determinar a Resistência

A identificação de linhagens resistentes é uma etapa muito importante nos programa de melhoramento. As técnicas tradicionais para se determinar a resistência ao *H. glycines*, que são empregadas em casa-de-vegetação ou em campos infestados, vêm sendo amplamente utilizadas. Já aquelas baseadas em marcadores moleculares ainda são de pouco uso, por se acharem em fase de desenvolvimento, porém com grande potencial para um futuro próximo.

A avaliação de genótipos para a resistência ao NCS, em casa-de-vegetação, é o método mais seguro e confiável, uma vez que o ambiente é controlado e a probabilidade de escape é pequena. Caviness (1992) recomenda colocar entre uma e três sementes de cada linhagem em vasos de 8 a 10 cm de diâmetro, permanecendo apenas uma planta por vaso, após o desbaste. Cerca de 7 a 10 plantas de cada genótipo são normalmente necessárias para se obter uma boa avaliação de resistência ou suscetibilidade (Hartwig, 1985). As plantas são quase sempre avaliadas após 25 a 32 dias da inoculação, e os melhores resultados, segundo Shannon (1989), têm sido obtidos quando se mantém a temperatura, na casa-de-vegetação, entre 27 e 29°C.

O substrato para o enchimento dos vasos pode ser terra coletada em

uma área infestada, desde que a amostra tenha sido uniformizada e apresente, no mínimo, 100 cistos viáveis em cada 100 ml de terra. Pode-se, também, utilizar um substrato autoclavado, ou previamente tratado com brometo de metila, à base de 80 ml por 500 litros, composto por uma parte de areia fina lavada e duas partes de terra coletada no horizonte B. Nesse último caso, as plantas devem ser inoculadas com uma suspensão contendo, pelo menos, 4.000 ovos e juvenis de segundo estágio (Riggs & Schmitt, 1991). Para a avaliação da resistência, as linhagens em teste, juntamente com a cultivar Lee 68, utilizada como padrão de suscetibilidade, devem ser cuidadosamente arrancadas dos vasos para a contagem do número de fêmeas e cistos nas raízes. Para cada linhagem, calcula-se o índice de fêmea (IF), dado pela razão percentual entre o número de fêmeas e cistos na linhagem e na cultivar Lee 68. Quando o IF for menor que 10%, a reação é considerada negativa, sendo o hospedeiro resistente.

A identificação de linhagens resistentes pode ser feita também no campo, em área naturalmente infestada. A grande dificuldade na avaliação de germoplasma no campo deve-se à distribuição espacial desuniforme do *H. glycines*, o que exige maior número de repetições e novos testes para confirmar se realmente se trata de resistência ou escape. Schmitt (1992) afirma que a densidade populacional do NCS pode apenas ser detectável em um determinado campo ou variar de 10 a 20 mil ovos por 500 cm³ de solo, em pontos de amostragens distantes apenas 5 a 10 m. É por essa razão que as técnicas de avaliação são fundamentais na condução de um programa de melhoramento eficiente.

Para a identificação de resistência no campo, Ross & Brim (1957) utilizaram fileiras duplas, sendo que em uma delas era colocada uma linhagem glabra suscetível e na outra os genótipos a serem testados. Com esse procedimento, torna-se fácil reconhecer as linhagens pubescentes e compará-las com as plantas glabras suscetíveis, aumentando a segurança de que linhagens livres de fêmeas nas raízes possam ser realmente resistentes. Na indisponibilidade de linhagens glabras suscetíveis, pode-se utilizar uma cultivar pubescente suscetível, tendo-se o cuidado de manter uma distância mínima de 30 cm entre as fileiras duplas. Nos testes de campo, é desejável fazer de seis a oito repetições, para reduzir o percentual de escape.

Um método alternativo para a identificação de linhagens resistentes, em áreas naturalmente infestadas, vem sendo utilizado com sucesso pelo

programa da Embrapa Soja, em Minas Gerais, de onde saíram as duas primeiras cultivares resistentes ao NCS, para o Estado. A diferença básica entre esse método e os demais é que a área para teste é escolhida dentro da mesma safra, utilizando os sintomas e sinais do NCS como indicadores da distribuição espacial do patógeno no solo. Escolhida a área, quando as plantas da lavoura estão com 30 a 40 dias, são abertos sulcos coincidentes com as próprias fileiras da soja, onde são semeados os genótipos a serem testados. Arantes (1997) demonstrou que a superioridade do método se deve, principalmente, por possibilitar a avaliação de genótipos em áreas mais homogêneas quanto à distribuição espacial do patógeno no solo, reduzindo a percentagem de escape que normalmente ocorre nas avaliações feitas a campo. Dessa forma, apenas quatro repetições são suficientes para se ter dados confiáveis.

Nos testes de campo para a identificação da resistência, a contagem do número de fêmeas e cistos nas raízes pode ser feita entre 30 e 40 dias após a semeadura da soja. Em cada parcela, que pode ser de apenas 1m, cerca de 10 plantas devem ser cuidadosamente arrancadas com auxílio de pá ou enxadão e, após a contagem, deve-se atribuir notas de 0 a 4, utilizando os critérios propostos por Hartwig (1985), reproduzidos na Tabela 2. Segundo esses critérios, apenas as plantas com notas 0 e 1 devem ser mantidas no programa.

Tabela 2 - Notas de 0 a 4 atribuídas em função do número de fêmeas e cistos de *H. glycines* presentes nas raízes da soja (Hartwig, 1985).

Nota	Fêmeas /sistema radicular
0	Ausência de fêmeas e cistos
1	de 1 a 5 fêmeas e cistos
2	de 6 a 10 fêmeas e cistos
3	de 11 a 20 fêmeas e cistos
4	Mais de 20 fêmeas e cistos

A atribuição de notas, mencionadas no parágrafo anterior, pode também ser utilizada em casa-de-vegetação, tendo como vantagens a economia e a agilidade nos testes. Entretanto, na etapa final do programa, para confirmar se determinada linhagem promissora é ou não resistente, devem ser feitos testes em casa-de-vegetação, utilizando a metodologia descrita anteriormente.

Em um programa de melhoramento, basta apenas identificar se determinada linhagem é ou não resistente. Entretanto, quando se deseja caracterizar os genótipos quanto à reação ao NCS, recomenda-se utilizar os critérios propostos por Schmitt & Shannon, 1992, reproduzidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Reação de genótipos de soja, baseada na reprodução do nematóide de cisto, *Heterodera glycines* Ichinoe (Schmitt & Shannon, 1992).

% de Reprodução ^{1/}	Reação
00-09	R - Resistente
10-30	MR - Moderadamente resistente
31-60	MS - Moderadamente suscetível
> 60	S - Suscetível

^{1/} Porcentagem de reprodução do genótipo em estudo, comparado ao padrão de suscetibilidade (Lee 68).

Estratégias para Desenvolver Cultivares

Vários são os métodos que têm sido utilizados nos programas de melhoramento visando à resistência ao NCS. Caviness & Riggs (1976) recomendam o retrocruzamento modificado, com teste de progênie em F_3 . Os autores argumentam que o teste de progênie em F_3 é aconselhável, uma vez que a herdabilidade da reação é usualmente baixa. Considerando as condições brasileiras no presente, pelo menos três estratégias interessantes podem ser adotadas:

1) Introdução de resistência à mancha olho-de-rã e ao cancro da haste, bem como de genes para período juvenil longo, em genótipos norte-americanos que tenham boas características agronômicas e diferentes fontes de resistência ao NCS. Essa estratégia pode ser desenvolvida em centros de pesquisa, na ausência do nematóide de cisto e exige testes posteriores nas áreas onde se pretende lançar as novas cultivares.

2) Uso do retrocruzamento ou retrocruzamento modificado, visando a introdução de genes para resistência ao NCS, em cultivares brasileiras. É desejável que o parental doador possua diferentes fontes de resistência ao NCS e o parental recorrente seja uma cultivar resistente às principais doenças e, ainda, que tenha período juvenil longo.

3) Seleção de linhagens a partir de populações originárias de hibridações entre genótipos adaptados e fontes de resistência às várias raças do nematóide de cisto. No desenvolvimento das três primeiras cultivares lançadas no Brasil pela Embrapa Soja, BRSMG Renascença, BRSMG

Liderança e BRSMT Pintado, foi utilizada essa estratégia.

Nos programa de melhoramento que for adotada as estratégias 2 e 3, há necessidade de sistemas eficientes de avaliação de genótipos visando à identificação daqueles resistentes às raças de interesse. Portanto, as estratégias 2 e 3 só podem ser adotadas em locais onde o *H. glycines* esteja presente.

Literatura Citada

ANAND, S.C. Registration of 'Hartwig' soybean. *Crop Sci.*, v. 32, p.1069-1070, 1992.

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

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

ANAND, S.C., & RAO-ARELLI, A. P. Genetics analysis of soybean genotypes resistance to soybean cyst nematode race 5, *Crop Sci.*, v. 29, p. 1181-1184, 1989.

ARANTES, N.E.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A. & MARTINS FILHO, S. Resultados preliminares de trabalhos sobre o NCS obtidos em Nova Ponte (MG). In: Programa nacional de apoio ao controle e prevenção do nematóide de cisto da soja: proposta para implementação. Brasília: MARA-SDA/EMBRAPA/IICA/ABRASEM/COBRAFI. p. 34. (Resumo), 1994.

ARANTES, N. E. Subsídios ao desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao nematóide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe). Jaboticabal. 65p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1997.

ARANTES, N.E.; ALMEIDA, L.A. & KIIHL, R.A.S. Cultivar de soja MG/BR-54 (Renascença): descrição e comportamento em Minas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 19, 1997. Jaboticabal. Ata e Resumos...

Londrina: EMBRAPA-CNPSO. p.244, 1997.

CALDWELL, B.E.; BRIM, C.A. & ROSS, J.P. Inheritance of resistance of soybeans to cyst nematode, *Heterodera glycines*. Agron. J., v. 52, p. 635-636, 1960.

CAVINESS, C.E. & RIGGS, R.D. Breeding for nematode resistance. In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 1**, Danville. Proceedings... Danville: The Interstate Printers and Publishers Inc, 1976. p. 594-601, 1975.

CAVINESS, C.E. Breeding for resistance to soybean cyst nematode. In: **RIGGS, R.D., WRATHER, J.S.** Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode. St. Paul: A.P.S. Press. 143-156, 1992.

CIANZIO, S. R.; TACHIBANA, H.; MANSUR, L. M.; FEHR, W. R.; NIBLACK, T. L.; SCHULTZ, S. P.; RUFF, R. & BIDNE, K. Registration of A20 soybean germoplasm resistant to brown stem rot, soybean cyst nematode and iron deficiency chlorosis. Crop Sci., v.31, p.1713-1714, 1991.

CONCIBIDO, V.C.; DENNY, R.L.; LANG, D.A.; ORF, J.H.; & YOUNG, N.D. RFLP mapping and marker-assisted selection of soybean cyst nematode resistances in PI 209232. Crop Sci., v. 36, p. 1643-1650, 1996.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V. & PEREIRA, J. E. Monitoramento de raças de *Heterodera glycines* no Brasil (safra 1997/98). In: **REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 20**, 1998. Londrina. Ata e Resumos... Londrina: EMBRAPA-CNPSO. p.241, 1998.

EMBRAPA. Quadros estaduais de cultivares de soja recomendadas para a safra 1992/93. Londrina: CNPSOja. 15p. (CRC-Soja I e CRC-Soja II), 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 1998/99. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. (Documentos, 120), 1998.

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 Sci.*, v.27, p.704-707, 1987.

HARTWIG, E.E. & EPPS, J.M. Registration of Forrest Soybeans. *Crop Sci.*, v.13, p.287, 1973.

HARTWIG, E.E. Breeding productive soybeans with resistance to soybean cyst nematode. In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3**, Boulder. Proceedings... Boulder: Westview Press, 1985. p. 394-399, 1984.

HARTWIG, E.E. & YOUNG, L.D. Registration of 'Cordell' soybeans. *Crop Sci.*, v.30, p.231-232, 1990.

LIMA, R.D.; FERRAZ, S. & J.M. SANTOS. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja no Triângulo Mineiro. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XVI**, Lavras. Resumos, p. 81, 1992.

LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A. & J.A. QUAGGIO. *Heterodera* sp. reduz produção de soja no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XVI**, Lavras. Resumos, p. 81, 1992.

MANSUR, L.M.; CARRIQUIRY, A.L. & RAO-ARELII, A.P. Generation mean analysis of resistance to race 3 of soybean cyst nematode. *Crop Sci.*, v.33, p.1249-1253, 1993.

MATSON, A.L. & WILLIAMS, L.F. Evidence of a four gene for resistance to soybean cyst nematode. *Crop Sci.*, v. 5, p. 477, 1965.

MONTEIRO, A.R. & MORAIS, S.R.A.C. Ocorrência do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, Ichinoe, 1952, prejudicando a cultura da soja no Mato Grosso do Sul. *Nematol. Bras.* v. 16 p. 101, 1992.

MYERS, G.O. & ANAND, S.C. Inheritance of resistance and Genetic relationships among soybean plant introductions to races of soybean cyst nematode. *Euphytica*, v.55, p.197-201, 1991.

MYRES, G.O.; ANAND, S.C.; & RAO-ARELLI, A.P. Inheritance of resistance to race 5 of *Heterodera glycines* in soybeans.

Agron. J., v. p. 80-90, 1998.

NICKELL, C.D.; NOEL, G.R.; THOMAS, D.J. & WALLER, R. Registration of 'Jack' soybean. Crop Sci., v. 30, p. 1365, 1990.

ROOS, J.P. & BRIM, C.A. Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method. Plant. Dis. Rep. v. 41, p.923-924, 1957.

RIGGS, R.D. & SCHMITT, D.P. Optimization of the *Heterodera glycines* races test procedure. Jour. Nem., Florida, v. 23, n. 2, p. 149-154, 1991.

RAO-ARELLI, A.P. & ANANDS, S.C. Genetic relationships among soybean plant introductions for resistance to race 3 to soybean cyst nematode. Crop Sci., v.30, p. 1365, 1990.

SHANNON, J.G. Breeding for resistance to races of soybean cyst nematode. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4, 1987, Buenos Aires. Proceedings... Buenos Aires: Asociacion Argentina de la Soja p. 2071-2076, 1989..

SCHMITT, D.P. Population dynamics. In: RIGGS, R.D. & WRATHER, J.A. Biology and management of the soybean cyst nematode. St. Paul: APS Press. p. 51-59, 1992.

SCHMITT, D.P. & SHANNON, G. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. Crop Sci., v. 32, p. 275-77, 1992.

THOMAS, J.D.; CAVENESS, C.E.; RIGGS, R.D. & HARTWIG, E.E. Inheritance of reaction to race 4 of soybean-cyst nematode. Crop Sci., v. 15, p. 208-210, 1975.

YOUNG, L.D. Soybean germplasm evaluated for resistance to race 3, 5 and 14 of soybean cyst nematode. Crop Sci., v. 30, p. 735-736, 1990.

USO DE MARCADORES MOLECULARES NO ESTUDOS DO NEMATÓIDE DE CISTO DA SOJA.

Ricardo Vilela Abdelnoor & Álvaro M. R. Almeida

Centro Nacional de Pesquisa de Soja - Embrapa Soja

C.P.231, 86 001-970, Londrina, PR

E-mail: Abdelnor.@cnpso.embrapa.br

Introdução

O uso de marcadores moleculares em estudos com o nematóide de cisto da soja (NCS) no Brasil é bastante recente, visto que este fitoparasita foi identificado em 1992. Marcadores moleculares são um tipo de marcador genético que vem sendo utilizado com sucesso no estudo de diferentes organismos, como plantas, animais e microorganismos. Dentre as várias aplicações que a técnica de marcadores moleculares pode oferecer, destacam-se os estudos de variabilidade genética, mapeamento de características de importância econômica, monitoramento de retrocruzamentos, seleção assistida, seleções de parentais para cruzamentos, construções de mapas genéticos, dentre outros.

Desde o início do século 20, marcadores genéticos, que podem ser definidos como quaisquer características herdáveis que possam ser associadas a características de importância agrônômica, vêm sendo usados no estudo da genética de diferentes organismos. O primeiro tipo de marcador genético utilizado foi o baseado em características morfológicas; mas, devido ao seu número limitado e de ser bastante influenciado pelo ambiente, o seu uso atual tornou-se bastante restrito. Outro tipo de marcador que vem sendo bastante utilizado são as isoenzimas, que são marcadores moleculares baseados em proteínas (Heidrich-Sobrinho, 1982). As isoenzimas são enzimas com funções idênticas, mas com diferentes mobilidades eletroforéticas, que podem ser separadas por eletroforese em gel de amido e visualizadas por métodos histoquímicos, específicos para cada isoenzima. As isoenzimas apresentam vantagem sobre os marcadores morfológicos pelo fato de serem produtos diretos da expressão de genes específicos, mas como dependem da expressão desses genes, podem ser também afetadas pelas condições ambientais. Apesar de serem um pouco mais numerosas

que os marcadores morfológicos, as isoenzimas também apresentam-se em um número reduzido, o que limita o nível de polimorfismo.

Marcadores Moleculares baseados no DNA

Com o advento de técnicas de biologia molecular, surgiram marcadores moleculares com base no DNA, que são detetados diretamente pela avaliação das diferenças que ocorrem na sequência de bases do DNA. Esses marcadores apresentam um número praticamente ilimitado e não são influenciados pelo ambiente, visto que, ao contrário dos marcadores morfológicos e isoenzimáticos, o produto não depende da expressão gênica. Os marcadores RFLP, RAPD, microsátélites e AFLP são os que mais se têm destacado no estudo da genética de diferentes organismos.

RFLP- Marcadores RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) ou polimorfismo no comprimento de fragmentos de restrição (Botstein et al., 1980), baseiam-se na fragmentação do DNA com enzimas de restrição e hibridização de sondas específicas a estes fragmentos. O polimorfismo advém do fato de que diferentes indivíduos podem ter seu DNA cortado em diferentes posições, gerando, assim, fragmentos de diferentes tamanhos. Esses marcadores comportam-se como marcadores co-dominantes, visto que ambos os alelos podem ser visualizados em indivíduos heterozigotos.

PCR - A técnica de PCR (Polymerase Chain Reaction), ou reação em cadeia da polimerase, foi descrita pela primeira vez em estudos de genética humana (Saiki et al., 1985). Esta técnica baseia-se na amplificação de segmentos específicos do DNA, utilizando-se de "primers" que flanqueiam o segmento a ser amplificado. Esses "primers" hibridizam-se a sequências complementares do DNA, de tal forma que a amplificação ocorre na região compreendida entre os "primers". O princípio desta técnica vem sendo usado no desenvolvimento de inúmeras tecnologias, inclusive de diversos tipos de marcadores moleculares.

RAPD - O RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), ou polimorfismo de DNA amplificado ao acaso (Williams et al., 1990), também conhecido como AP-PCR (Welsh & McClelland, 1990), é um dos tipos de marcadores baseado na técnica de PCR. A grande diferença em relação ao PCR é que, no RAPD, os "primers" são de sequência aleatória, enquanto que, no PCR, é necessário que se conheça previamente a sequência

do fragmento que se deseja amplificar. Os marcadores RAPD são gerados pela amplificação de segmentos espalhados no genoma com o uso de “primers” únicos de sequência arbitrária. Como na técnica do PCR, estes “primers”, com tamanho de aproximadamente 10 nucleotídeos, ligam-se a sequências complementares no genoma, permitindo que assim haja amplificação de segmentos compreendidos entre estes. Os produtos de amplificação gerados podem ser separados por eletroforese em gel agarose ou poliacrilamida e corados com brometo de etídio ou prata. Os marcadores RAPD são geralmente dominantes, com o polimorfismo verificado pela presença ou ausência de um determinado fragmento.

Microssatélites - Microssatélites, também conhecidos como SSR (Simple Sequence Repeat), são sequências genômicas simples que consistem de mono-, di-, tri- ou tetranucleotídeos, repetidos em múltiplas cópias, lado a lado (TAUTZ, 1989). Dentre os marcadores moleculares disponíveis atualmente, os microssatélites constituem a classe com o mais alto grau de polimorfismo. A técnica baseia-se no fato de que as sequências de DNA que flanqueiam os microssatélites são conservadas, permitindo a seleção de “primers” específicos. Assim, estes “primers” são usados para amplificar as regiões repetitivas, usando a reação em cadeia da polimerase (PCR), gerando bandas que podem variar de indivíduo para indivíduo. Estes polimorfismos são detetados quando o produto da amplificação de um locus em particular difere em comprimento do produto de um outro genótipo, devido a diferenças no número de unidades repetidas existentes na região entre os “primers”, caracterizando o comportamento co-dominante deste tipo de marcador, sendo encontrados, freqüentemente, casos de múltiplos alelos. Dentre as espécies vegetais, a soja é a cultura que mais tem recebido a utilização desse tipo de marcador. Isso se deve, principalmente, ao seu baixo nível de diversidade genética, fazendo com que marcadores que forneçam níveis de polimorfismo mais elevado, como os microssatélites, sejam extremamente úteis.

AFLP - Os marcadores AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), ou polimorfismo de comprimento de fragmentos amplificados (Vos et al., 1993), são baseados na amplificação seletiva, pela técnica de PCR, de fragmentos de DNA pré-digeridos com duas enzimas de restrição específicas, uma de corte raro e outra de corte freqüente, no genoma. Em cada reação de amplificação, são gerados múltiplos fragmentos de DNA, distribuídos aleatoriamente no genoma. Estes fragmentos gerados

são então separados em gel de poliacrilamida desnaturante. O polimorfismo é verificado pela amplificação ou não de determinado segmento do genoma, tratando-se, portanto, de um marcador do tipo dominante, embora, em alguns casos, seja possível identificar o heterozigoto pela intensidade das bandas.

Uso de Marcadores Moleculares no estudo genético da resistência ao NCS

Ultimamente, com a descoberta do nematóide do cisto da soja (NCS), no Brasil, na safra 1991/92, esforços têm sido direcionados no sentido de se obterem métodos de controles eficientes a este fitoparasita, visto que é um dos mais temidos parasitas da soja, podendo causar enormes perdas nas lavouras infestadas. Apesar da existência de alguns métodos que podem ajudar no controle desta enfermidade, como rotação de cultura, uso de nematicidas e controle biológico, a maneira mais prática e econômica de controle, em larga escala, é por meio do uso de cultivares resistentes. Nos Estados Unidos, ANAND et al. (1994) relatam a existência de 130 cultivares resistentes a diferentes raças desse fitoparasita. No entanto, nenhuma destas cultivares são adaptadas para a produção comercial no Brasil. Com base em resultados obtidos durante um levantamento preliminar do NCS e de experimentos para a avaliação de resistência de plantas, conduzidos nas áreas infestadas, concluiu-se que as principais cultivares de soja recomendadas para o plantio no Brasil são suscetíveis. Portanto, programas de melhoramento visando a transferir genes de resistência ao NCS já foram iniciados no Brasil, nas várias instituições de pesquisa que se dedicam a esta cultura. No entanto, o método utilizado para monitorar essa transferência gênica é muito trabalhoso e demorado, uma vez que envolve o isolamento de raças específicas do nematóide, inoculação nas progênies a serem testadas e avaliação do nível de dano, nas milhares de linhagens que compõem estes programas. Deve-se considerar, também, o custo elevado desse tipo de procedimento, pois a mão-de-obra necessária é bastante grande, além de espaço físico em casas-de-vegetação, usadas para manter milhares de plantas, espaço este que poderia estar sendo usado em outros programas de melhoramento.

O uso de marcadores moleculares surge então como uma ferramenta de auxílio nesse processo de transferência de genes para resistência. O uso de marcadores ligados a genes de interesse agrônômico vem sendo usado

largamente nas mais diferentes culturas, inclusive em soja. A seleção assistida por marcadores apresenta várias vantagens sobre o método tradicional de seleção, pois permite que grande número de linhagens seja analisado em poucos dias, enquanto, pelo método tradicional, se obtém resposta somente após cerca de 40 dias depois da inoculação. Além disso, a identificação precoce das plantas resistentes permite a eliminação dos tipos indesejáveis nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas, economizando tempo de serviço e liberando espaço na casa-de-vegetação para outros usos, além de reduzir o número de linhagens para a seleção pelos melhoristas. Além disso, a genética da resistência ao NCS é bastante complexa, uma vez que envolve vários genes de resistência para as diversas raças existentes. De acordo com Myers & Anand (1991), PI 437654 possui dois ou três genes de resistência para a raça 3, dois a quatro genes para a raça 5 e três ou quatro para raça 14. Este é um fator complicador para os melhoristas, dificultando sobremaneira o desenvolvimento de cultivares de soja resistentes a várias raças do NCS.

Nos Estados Unidos, vários projetos de identificação de marcadores moleculares ligados a genes de resistência ao NCS vêm sendo conduzidos por diversas universidades e instituições de pesquisa. Até o momento, foram identificadas duas principais regiões contendo genes de resistência ao NCS; uma no grupo de ligação A2 e outra no grupo de ligação G. Weisemann et al. (1992) identificaram marcadores RFLP ligados ao gene I, que controla a cor da semente. Anteriormente, este gene já havia sido relacionado com o gene dominante *Rhg4* (Hartwig & Epps, 1970). Posteriormente, verificou-se que este gene de resistência está localizado no grupo de ligação A2 do mapa genético da soja. Marcadores RFLP e RAPD ligados a este mesmo gene foram identificados posteriormente em trabalhos que tinham como fonte de resistência a linhagem PI 437654 (Webb et al., 1995) e Peking (Mahalingan & Skorupska, 1995) para a raça 3 do NCS. No grupo de ligação G, marcadores RFLP ligados ao gene de resistência *rhg1*, para a raça 3, foram primeiramente identificados por Concibido et al. (1994) em uma população baseada em PI 209332. Posteriormente, Concibido et al. (1995) verificou que esta região do genoma possui genes de resistência comuns a vários outros genótipos (PI 88788, PI 90763 e Peking). Webb et al. (1995) também identificaram marcadores RFLP relacionados à resistência neste mesmo grupo de ligação. Recentemente, foram identificados dois marcadores de microssatélites associados a genes de resistência à raça 3 do

NCS (Mudge et al., 1997). Algumas outras regiões do genoma também já foram relatadas como possuidoras de genes de resistência ao NCS, como nos grupos de ligação M (Webb et al., 1995), C e F (Mahalingan & Skorupska, 1995), J e N (Concibido et al., 1997), D, J, L e K (Concibido et al., 1996). Esses marcadores identificados têm sido usados para seleção indireta de plantas resistentes ao NCS em programas de melhoramento nos EUA. Além disso, a saturação de marcas ao redor dos genes de resistência têm facilitado a busca pela clonagem desses genes, especialmente dos genes Rhg4 e rhg1 (Meksem et al., 1999; Penuela et al., 1999).

Atualmente, no Brasil, alguns grupos vêm trabalhando com marcadores moleculares entre eles a Embrapa Soja, em parceria com a Universidade Federal de Viçosa, vem desenvolvendo, há alguns anos, um projeto para a identificação de marcadores moleculares ligados a genes de resistência ao NCS. Utilizando uma população segregante oriunda da fonte de resistência Hartwig, foram identificados quatro marcadores RAPD e dois marcadores microssatélites ligados a genes de resistência às raças 9 e 14 do NCS (Abdelnoor et al., 1999; Schuster et al., 1997). Baseado nos marcadores microssatélites identificados, estes genes de resistência estão localizados no grupo de ligação D2, de acordo com o mapa integrado de microssatélites e RFLPs, desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e Universidade Estadual de Iowa (ISU). Este é o primeiro relato da ocorrência de genes de resistência neste grupo de ligação. Em um outro trabalho, realizado na Embrapa Soja, foram identificados, também, quatro marcadores RAPD ligados a genes de resistência à raça 3 do NCS, em uma população derivada de Centennial, e na Universidade Federal de Viçosa, foram identificados dois marcadores de microssatélites para a resistência à raça 3, em uma população derivada da cultivar Hartwig. Na Universidade Estadual de São Paulo, Câmpus de Jaboticabal, também estão sendo desenvolvidas pesquisas nesse sentido. Em uma população segregante, tendo a cultivar Peking como fonte de resistência, foram identificados marcadores RAPD ligados a genes de resistência à raça 3 do NCS, usando a estratégia de análise de "bulks" segregantes.

Uso de Marcadores Moleculares no estudo do Nematóide de Cisto da Soja

Em relação ao NCS, observa-se que muita coisa já é conhecida com relação à planta, entetanto e muito pouco se sabe em relação ao nematóide.

Segundo Triantaphyllou (1987), houve uma co-evolução do nematóide e do hospedeiro, o que justifica o grande número de raças descritas deste organismo. A ocorrência desse nematóide no Brasil, descrita em 1992, baseou-se na comparação de aspectos morfológicos. A ocorrência de uma nova raça no Brasil designada raça 4⁺ (Dias et al., 1998), confirmada como sendo *H. glycines*, teve sua identificação comprovada recentemente pelo uso de PCR-RFLP, onde o DNA das amostras brasileiras foi comparado com amostras de diversas espécies de *Heterodera* (T. O. Powers, Universidade de Nebraska, EUA).

Atualmente, a caracterização de uma raça depende da frequência de determinados genes de virulência, dentro da população de nematoides, avaliada através de variedades diferenciadoras, de acordo com o esquema proposto por Riggs & Schmitt (1988). No entanto, uma maneira mais rápida de se fazer essa caracterização, seria através da comparação de padrões eletroforéticos de DNA amplificado por RAPD, AFLD e microssatélites, para cada raça específica. O primeiro passo para essa tentativa está sendo feito na Embrapa Soja. Fêmeas coletadas dentro de uma população de *H. glycines* foram isoladas e transferidas para genótipos sabidamente possuidores de diferentes genes para resistência. A transferência continuada desses indivíduos, no mesmo genótipo, associada ao processo endogâmico, tenderá a aumentar a frequência do(s) gene(s) de virulência(s) responsável pela infecção. Essa população será, mais tarde, utilizada para testes de RAPD e AFLP, procurando-se identificar marcadores associados aos genes de virulência, a maior dificuldade será determinar um marcador fortemente ligado ao gene de virulência. Avanços nessa linha de pesquisa foram obtidos com o nematóide de cisto da batata (*Globodera rostochiensis* e *G. pallida*), onde Janssen et al. (1991) comprovaram a relação clássica da teoria gene-a-gene, demonstrando que a virulência está associada a genes recessivos.

Uma outra linha de pesquisa que vem sendo conduzida, refere-se à avaliação da diversidade genética entre isolados de NCS. No Brasil, já foram identificadas nove raças do NCS, além da nova raça identificada em 1997, que é capaz de quebrar a resistência da cultivar Hartwig. Esta variabilidade existente dificulta bastante o trabalho dos melhoristas na obtenção de cultivares com ampla resistência ao NCS. Na Embrapa Soja, foram realizados alguns estudos de diversidade genética, envolvendo vários isolados de diferentes regiões do Brasil e de diferentes raças. Verificou-se

que as populações existentes no País são bastante divergentes entre si, mesmo entre isolados classificados como uma mesma raça. Neste estudo, foi envolvida a raça denominada 4+, que é capaz de parasitar a cultivar Hartwig, e verificou-se que esta raça difere bastante das demais, inclusive da raça 4 padrão (Abdelnoor et al., 1998). Em um outro estudo, na Universidade Federal de Uberlândia, foi estudada a diversidade entre 16 isolados do NCS, das raças 1, 2, 3 e 9 (Silva, 1997). Foi verificado que existe variabilidade mesmo dentro de isolados classificados como uma mesma raça, confirmando a heterogeneidade existente nas populações deste nematóide.

Desafios para o Futuro

São inúmeras as demandas que podem ser atendidas pelo uso de técnicas moleculares. É necessário, ainda, a identificação de marcadores fortemente ligados a outros genes, que conferem resistência a diferentes raças do NCS, para que, assim, a seleção com base em marcadores possa ser feita para várias raças simultaneamente. Vale lembrar, também, que a raça 4+ do NCS somente ocorre no Brasil. Portanto, a busca por métodos que auxiliem o desenvolvimento de cultivares resistentes a essa raça, deve ser acelerada. Nesse sentido, já foram iniciados, na Embrapa Soja, experimentos que objetivam identificar marcadores para gene(s) de resistência a essa raça, e que, posteriormente, possam ser usados na seleção de plantas resistentes, e desenvolvimento de novas cultivares. Com o uso dos marcadores ligados aos genes de resistência, a seleção poderá ser feita na ausência do patógeno, o que é altamente recomendado, especialmente quando se deseja selecionar a resistência para raças cujo inóculo não esteja disponível. Atualmente, com o mapa genético da soja, baseado em microssatélites, tornou-se possível a identificação, por forma indireta, de marcadores microssatélites localizados em regiões genômicas associadas à resistência a diferentes raças do nematóide. A combinação dos marcadores selecionados do mapa, em conjunto com os marcadores identificados no Brasil, permitirá que a seleção assistida por marcadores seja feita com alta eficiência. Além do uso na seleção de plantas resistentes, esses marcadores serão também muito úteis no isolamento de alguns desses genes de resistência, especialmente o(s) gene(s) que conferem resistência à raça 4+, que até o momento vem sendo estudado somente no Brasil.

Além dos estudos com marcadores moleculares, em uma outra linha

de trabalho, associada ao Dr. Eric L. Davis, da Universidade da Carolina do Norte, USA, pretende-se a identificação de genes do NCS que regulam a secreção nas glândulas esofagianas, que são essenciais para o processo de infecção da planta, pelo nematóide. A identificação de genes de secreções que sejam comuns a todas as raças do nematóide, inclusive a nova raça 4⁺ possibilitará o desenvolvimento de plantas transgênicas que expressem substâncias inibidoras dessas secreções, impedindo o processo infectivo. Esse tipo de resistência, já observada em plantas de fumo transgênicas resistentes ao nematóide de galhas (Baum et al., 1996), provavelmente, será mais durável, visto que são atacados mecanismos fundamentais do parasitismo.

A combinação do uso da técnica de marcadores moleculares para a identificação de genes de resistência na soja e genes de virulência no nematóide, associado com um conhecimento mais profundo dos mecanismos de parasitismo e identificação de novas formas de resistência, certamente facilitará bastante o controle deste fitonematóide no Brasil.

Bibliografia Citada

ABDELNOOR, R.V.; SCHUSTER, I.; SILVA, J.F.V.; CARVALHO, V.P.; MARIN, S.S.R.; KIIHL, R.A.S.; BARROS, E.G. & MOREIRA, M.A. SSR markers linked to soybean cyst nematode resistance genes. In: Plant & Animal Genome VII. Final Program & Abstracts Guide. Scherago International, Inc. San Diego, CA., 1999.

ABDELNOOR, R.V., DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V. e KIIHL, R.A.S. Caracterização molecular de isolados de nematóide de cisto da soja que quebram a resistência da cultivar Hartwig. In: Iº Encontro Paranaense de Biotecnologia aplicada à agropecuária. Embrapa Soja/IAPAR/UEL. Londrina-PR, 1998

ANNAND, SANNAND, S.C.; SHARMA, S.B.; RAO-ARELLI, & WRATHER, J.A.. Variation in parasitic potencial of *Heterodera glycines* populations. **Crop Sci.**, 34:1452-1454, 1994.

BAUM, T.J.; HIATT, A.; PARROTR, W.A; PRATT, L.H. E HUSSEY, R.S. Expression in tobacco of a funcional monoclonal antibody specific to stylet secretions of the roo-knot nematode. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, 9:382-387, 1996.

BOTSTEIN, D.; WHITE, R.L.; SKOLNICK, M. & DAVIS, R.W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. **Am J. Hum. Genet.** **32**:314-331.1980.

CONCIBIDO, V.C.; DENNY, R.L.; LANGE, D.A.; ORF, J.H. & YOUNG, N.D. RFLP mapping and marker-assisted selection of soybean cyst nematode resistance in PI 209332. **Crop Sci.** **36**:1643-1650.1996.

CONCIBIDO, V.C.; DENNY, R.L.; LANGE, D.A.; ORF, J.H.; & YOUNG, N.D. The soybean cyst nematode resistance gene on linkage group G is common among sources of resistance. **Soybean Genetic Newsletter**, **22**:269-272.1995.

CONCIBIDO, V.C.; LANGE, R.L.; DENNY, R.L.; ORF, J.H. & YOUNG, N.D. Genome mapping of soybean cyst nematode resistance genes in 'Peking', 'PI 90763', and 'PI 88788' using DNA markers. **Crop Sci.** **37**:258-264.1997.

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. . **Pesq. Agropec. Bras.**, **33**(6):971-974,1998.

HARTWIG, E.E. & EPPS, J.M. Na additional gene for resistance to the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. **Phytopathology**, **60**:584, 1970.

HEIDRICH-SOBRINHO, E. Isoenzimas como marcadores genéticos. **Pesq. Agropec. Bras.**, **17**(2):281-286, 1982.

JANSSEN, R.; BAKKER, J. & GOMMERS, F.J. Mendelian proof for a gene for gene relationship between *Globodera rostochiensis* and the H1 resistance gene from *Solanum tuberosum* ssp. *Andigena* CPC. Ver. *Nematol.* **14**:213-223. 1991

MAHALINGAM, R. & SKORUPSKA, H.T. DNA markers for resistance to *Heterodera glycines* race 3 in soybean cultivar Peking. **Breeding Science**, **45**:435-443.1995.

MEKSEN, K.; LIGHTFOOT, D.A.; RUBEN, E.; ZHANG, H.B.; CHANCHAROENCHAI, K.; ZOBRIK, K.; PANZATOPOULOS, P. &

RAO-ARELLI, P. Soybean gene golfing: positional cloning of the cyst nematode resistance loci in soybean. In: Plant & Animal Genome VII. Final Program & Abstracts Guide. Scherago International, Inc. San Diego, CA.1999.

MUDGE, J; CREGAN, P.B.; KENWORTHY, J.P.; ORF, J.H. e YONG, N.D. Two microsatellite markers that flank the major soybean cyst nematode resistance locus. **Crop Sci.**, **37**:1611-1615, 1997.

MYERS, G.O. & ANAND, S.C. Inheritance of resistance and genetic relationships among soybean plant introductions to races of soybean cyst nematode. **Euphytica**, **55**:197-201, 1991.

PENUELA, S.; Foster-Hartnett,D.; DANESH, D.; DENNY, R.; PED, K.; MUDGE, J.; YOUNG, W.; CORYELL, V.; KEIM, P. & YOUNG, N.D. Physical isolation and sequence analysis of the region around rhg1, a major cyst nematode resistance locus in soybean. In: Plant & Animal Genome VII. Final Program & Abstracts Guide. Scherago International, Inc.San Diego, CA, 1999.

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

SAIKI, R.K.; SCHARF, S.; FALOONA, F.; MULLIS, K.B.; HORN, G.T.; ERLICH, H.A. & ARNHEIM, N. Enzymatic amplification of β -globine genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. **Science**, **230**:1350-1354, 1985..

SCHUSTER, I.; ABDELNOOR, R.V.; CARVALHO, V.P.; MARIN, S.S.R.; SILVA, J.F.V.; KIIHL, R.A.S.; SEDIYAMA, T.; BARROS, E.G. & MOREIRA, M.A. Identification of RAPD markers for soybean cyst nematode resistance. In: XXVI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (SBBq) – Programas e Resumos. Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular – SBBq. Caxambú-MG., 1997.

SILVA, A.T. Estudo da variabilidade genética do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) por meio de marcadores RAPD e hospedeiros diferenciadores. Tese MS. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG., 1997.

TAUTZ, D. Hypervariability of simple sequence as a general source of polymorphic DNA markers. **Nucleic Acids Res.**, **17**:6493-6471., 1989.

TRANTAPHYLLOU, A.C. Genetics of nematode parasitism on plants. In: Vistas on nematology. J. A. Veech and Dickson, D.W., eds., Society of nematologists, Inc, Hyattsville., 1987.

VOS, P.; HOGERS, R.; BLEEKER, M.; REIJANS, M.; VAN DE LEE, T.; HORNES, M.; FRIJTERS, A.; POT, J.; PELEMAN, J.; KUIPER, M. & ZABEAU, M. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research**, **23**(21):4407-4414., 1995.

WEBB, D.M.; BALTAZAR, B.M.; RAO-ARELLI, A.P.; SCHUPP, J.; CLAYTON, K.; KEIM, P. & DAVIS, W.D. Genetic mapping of soybean cyst nematode race-3 resistance loci in the soybean PI 437654. **Theor. Appl. Genet.** **91**:574-581, 1995.

WEISEMANN, J.M.; MATHEWS, B.F. & DEVINE, T.E. Molecular markers located proximal to the soybean cyst nematode resistance gene, Rhg4. **Theor. Appl. Genet.**, **85**:136-138, 1992.

WELSH, J. & McCLELLAND, M. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. **Nucleic Acids Research**, **18**(24):7213-7218, 1990..

WILLIAMS, J.G.K.; KUBELIK, A.R.; LIVAK, K.J.; RAFALSKY, J.A. & TINGEY, S.V. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, **18**(22):6531-6535, 1990.