

# **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2003**

## **Ecofisiologia, Biologia Molecular e Nematóides**

**Embrapa**

---

**Soja**



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**Luiz Inácio Lula da Silva**

Presidente

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**Roberto Rodrigues**

Ministro

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**José Amauri Dimarzio**

Presidente

**Clayton Campanhola**

Vice-Presidente

**Alexandre Kalil Pires**

**Hélio Tollini**

**Ernesto Paterniani**

**Luiz Fernando Rigato Vasconcellos**

Membros

**Mauro Motta Durante**

Secretário Geral

**DIRETORIA-EXECUTIVA DA EMBRAPA**

**Clayton Campanhola**

Diretor-Presidente

**Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa**

**Gustavo Kauark Chianca**

**Herbert Cavalcante de Lima**

Diretores

**EMBRAPA SOJA**

**Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni**

Chefe Geral

**João Flávio Veloso Silva**

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

**Norman Neumaier**

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

**Heveraldo Camargo Mello**

Chefe Adjunto de Administração

**Exemplares desta publicação podem ser solicitadas a:**

Área de Negócios Tecnológicos da Embrapa Soja

Caixa Postal 231 - CEP 86 001-970

Telefone (43) 3371 6000 Fax (43) 3371 6100 Londrina, PR

e-mail: [sac@cnpso.embrapa.br](mailto:sac@cnpso.embrapa.br)

As informações contidas neste documento somente poderão ser reproduzidas com a autorização expressa do Comitê de Publicações da Embrapa Soja



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 1516-781X  
Novembro, 2004*

# ***Documentos246***

## **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja - 2003**

### **Ecofisiologia, Biologia Molecular e Nematóides**

**Organizado por:**

**Odilon Ferreira Saraiva  
Embrapa Soja**

Londrina, PR  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231  
86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100  
<http://www.cnpso.embrapa.br>  
E-mail: [sac@cnpso.embrapa.br](mailto:sac@cnpso.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações da Embrapa Soja**

Presidente: *João Flávio Veloso Silva*  
Secretária executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*  
Membros: *Clara Beatriz Hoffmann-Campo*  
*George Gardner Brown*  
*Waldir Pereira Dias*  
*Ivan Carlos Corso*  
*Décio Luis Gazzoni*  
*Manoel Carlos Basso*  
*Geraldo Estevam de Souza Carneiro*  
*Léo Pires Ferreira*  
Supervisor editorial: *Odilon Ferreira Saraiva*  
Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*  
Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*  
Capa: *Danilo Estevão*

### **1ª Edição**

1ª impressão 11/2004: tiragem: 150 exemplares

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2003:  
ecofisiologia, biologia molecular e nematóides / orga-  
nizado por Odilon Ferreira Saraiva. – Londrina: Embrapa  
Soja, 2004.  
48p. : il. ; 21cm. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN  
1516-781X; n.246)

1.Soja-Pesquisa. 2.Soja- Ecofisiologia. 3.Soja-Biologia  
molecular. I.Saraiva, Odilon Ferreira (Org.). III.Título.  
IV.Série.

---

CDD 633.34072

© Embrapa 2004

## ***Apresentação***

A publicação ***Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja***, editada anualmente, é onde os pesquisadores relatam os principais resultados e avanços obtidos, no último ano, em seus projetos de pesquisa e de transferência de tecnologia em soja, girassol e trigo. Tem como principal objetivo registrar nossa memória técnica e informar pesquisadores, professores, assistência técnica e demais interessados sobre o andamento das pesquisas durante a última safra. Muitos desses resultados são oriundos de trabalhos em andamento e, portanto, ainda não conclusivos. Sendo assim, a utilização das informações contidas nesta publicação deve ser feita com cuidado. As tecnologias prontas para utilização a campo são discutidas em reuniões específicas e repassadas para a assistência técnica e para os produtores rurais, como Sistemas de Produção ou outras publicações das séries Documentos ou Circular Técnica. As de caráter emergencial são divulgadas na forma de Comunicado Técnico e na *home page* da Embrapa Soja. Os resultados de interesse para a comunidade científica são publicados em revistas periódicas especializadas, de alcances nacional e internacional.

Para facilitar o manuseio, a publicação foi dividida em vários volumes, contemplando os resultados dos projetos de uma área específica de conhecimento ou de áreas correlatas. O presente volume apresenta os resultados obtidos em 2003, nas áreas de Ecofisiologia, Biologia Molecular e Nematóides.

***João Flávio Veloso Silva***

*Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Embrapa Soja*



## **Sumário**

1	ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO BRASIL - ANÁLISE DE RISCOS CLIMÁTICOS E ATUALIZAÇÃO .....	7
1.1	Projeto Componente 2: Desenvolvimento de metodologias para análises de riscos climáticos .....	8
1.2	Projeto Componente 3: Aprimoramento dos estudos para redução dos riscos climáticos às culturas de grãos .....	15
2	DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA ADAPTADAS ÀS VÁRIAS REGIÕES ECOLÓGICAS E AOS VÁRIOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	23
2.1	Expressão gênica diferencial em raízes de soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill] submetidas a infecção com o nematóide <i>Meloidogyne javanica</i> .....	23
3	CONTROLE DE NEMATÓIDES FITOPARASITAS ASSOCIADOS À CULTURA DA SOJA .....	29
3.1	Biologia e controle do nematóide de cisto da soja (Heterodera glycines Ichinohe) (06.04.02.333.01) .....	32
3.2	Controle dos nematóides parasitas da soja através do manejo da cultura e do solo (06.04.02.333.02) .....	38
3.3	Identificação e controle de nematóides formadores de galhas em soja (06.04.02.333.03) .....	44



# ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO BRASIL - ANÁLISE DE RISCOS CLIMÁTICOS E ATUALIZAÇÃO

Projeto em Rede - Macroprograma 1

**Nº do Projeto:** 01.02.1.05

**Líder:** Eduardo Delgado Assad

**Número de projetos componentes da Rede:** 06

**Unidade líder:** Embrapa Informática Agropecuária

**Unidades/Instituições participantes:** Embrapa Arroz e Feijão; Embrapa Milho e Sorgo; Embrapa Soja; Embrapa Trigo; Embrapa Clima Temperado; Embrapa Agropecuária do Oeste; Embrapa Cerrados; Embrapa Meio Norte; Embrapa Tabuleiros Costeiros; Embrapa Algodão; Embrapa Solos; Embrapa Semi-Árido; Embrapa Agroindústria Tropical; Embrapa Informática Agropecuária; IAC; CEPAGRI/UNICAMP; IAPAR; FEPAGRO; EPAGRI; UNB; UFPI; UEMA; SRH/PE

Composto por seis projetos componentes (Gestão; Desenvolvimento de Metodologias para análises de riscos climáticos; Aprimoramento dos estudos para redução dos riscos climáticos às culturas de grãos; Impacto das alterações climáticas no Zoneamento; Sistema de Suporte à Decisão para Redução de Riscos Climáticos e Difusão e transferência das informações referentes ao zoneamento agrícola), aprovado no final de 2002 e concebido totalmente para funcionar em rede, o projeto tem por objetivo geral completar e melhorar o atual zoneamento de riscos climáticos do Brasil, visando otimizar o calendário de plantio e aperfeiçoar as recomendações para o crédito agrícola e o seguro rural, incorporando os sistemas de plantio direto e safrinha, outros parâmetros climáticos, zoneamento de essências florestais e fruteiras, bem como verificar impactos das mudanças climáticas na regionalização da produção agrícola brasileira. Estão sendo desenvolvidos modelos mecanísticos e estocásticos, que estão sendo testados em cada Estado do País, e comparados os resultados com as atuais recomendações feitas pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). As linhas metodológicas gerais estão vinculadas a modelos de funcionamento hídrico de solos sob

sistema convencional e de plantio direto e o reflexo da penalização nas datas de semeadura; desenvolvimento de funções de pedotransferência que permitam parametrizar melhor a retenção de água em diversos tipos de solo no Brasil; desenvolvimento de modelos agroclimáticos que permitam avaliar os riscos climáticos para culturas perenes; e definição de critérios de decisão para escolha de datas de semeadura em função da ocorrência de fenômenos climáticos de abrangência continental (El Niño, La Niña e outros). Espera-se a ampliação das recomendações para fruteiras e essências florestais e a indicação de datas de semeadura mais precisas para grãos em sistemas de produção diferenciados (tradicional e safrinha – com e sem plantio direto), que orientarão políticas de crédito e seguro agrícolas. Ao mesmo tempo, os resultados das simulações feitas levando em consideração as mudanças climáticas são importantes para trabalhos futuros de biotecnologia e seleção de genes, melhoramento de plantas em geral e práticas de manejo da cultura que possam ser melhor adaptados aos cenários previstos pelo IPCC (“Intergovernmental Panel on Climate Change”), além de orientar políticas públicas e estratégias de governo, quanto à expansão e incentivo da produção agrícola. Finalmente, com a adaptação dinâmica do zoneamento aos fenômenos climáticos de ordem continental, será possível antecipar, por pelo menos 6 meses, as estratégias de liberação de crédito rural e outras operações financeiras, diferenciadas para as regiões que venham a ser mais atingidas por fenômenos como El Niño e La Niña. Os produtores terão acesso a informações mais confiáveis, reduzindo a margem de erro e de perdas em função dos sinistros climáticos. O mercado de commodities agrícolas estará menos vulnerável às especulações referentes aos impactos climáticos no setor produtivo, uma vez que estratégias preventivas poderão ser adotadas quando fenômenos climáticos forem detectados. Todas estas informações estão sendo organizadas, armazenadas e difundidas na Rede nacional de Agrometeorologia.

## **1.1 Projeto Componente 2: Desenvolvimento de metodologias para análises de riscos climáticos**

**Nº do Projeto Componente: 01.02.1.05.02**

**Líder:** Silvio Steinmetz

**Número de planos de ação que compõem o projeto:** 04

**Unidade líder:** Embrapa Clima Temperado

**Plano de ação 01:** Impacto do Sistema de Plantio Direto (SPD) e Safrinha no Risco Climático

**Responsável:** Fernando Antônio Macena da Silva (Embrapa Cerrados)

### 1.1.1 Ajuste do modelo de risco climático para soja (Atividade 3)

José Renato Bouças Farias; Everson Marion<sup>1</sup>; Maria Cristina Neves de Oliveira; Alexandre Lima Nepomuceno; Norman Neumaier

A cultura da soja ocupa uma posição de destaque na economia brasileira, o que justifica a busca de novas informações no sentido de otimizar seu cultivo e de reduzir os riscos de prejuízos aos quais a cultura está sujeita. Dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima apresenta-se como um dos únicos praticamente incontroláveis. A chuva, por sua grande variabilidade em termos espacial e temporal, constitui-se num dos elementos climáticos de maior importância para a agricultura por sua grande influência em todas as fases de desenvolvimento das plantas. O excesso ou a deficiência hídrica em determinados subperíodos do desenvolvimento da cultura da soja pode acarretar prejuízos, em termos de produtividade e de economia, sendo, portanto, de grande importância os estudos voltados para a avaliação da influência dos regimes pluviométricos na produção agrícola. Diante disso, a preocupação com a importância de estimativas de safras para estudos estratégicos, políticos, sociais e econômicos passam a desempenhar um papel relevante. Sistemas de auxílio à tomada de decisão são fundamentais para superar esses desafios e obterem-se produtos competitivos e ambientalmente sustentáveis.

Visando subsidiar futuros estudos estratégicos na previsão, segurança agrícola e monitoramento de safras, a presente atividade tem por obje-

---

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia da Produção - UFSC

tivo ajustar, a partir de modelo simples de balanço hídrico da cultura, equações para estimativa de rendimento de grãos de soja em função da relação existente entre a disponibilidade hídrica e o consumo de água pela cultura da soja.

O estudo foi realizado com base em dados obtidos em experimentos conduzidos na área experimental da Embrapa Soja, situada em Londrina-PR, durante as safras 1997/1998 e 1999/2000, envolvendo diversas cultivares de soja, submetidas a diferentes níveis de disponibilidade hídrica (normal, irrigado, com déficit hídrico durante fase vegetativa e déficit hídrico durante fase reprodutiva).

Para ajuste da equação desejada, partiu-se de índices de satisfação das necessidades de água (ISNA) da cultura, estimados pelo modelo de simulação do balanço hídrico da cultura (SARRA - Systeme d'analyse regionale des risques agroclimatiques), também chamado de evapotranspiração relativa, que nada mais é do que a relação existente entre a evapotranspiração real (ETr) e a evapotranspiração máxima da cultura (ETm).

Procurou-se identificar e caracterizar os efeitos do volume de precipitação pluviométrica, da ETm Total e da ETr Total sobre o rendimento de grãos, para melhor entendimento do problema e da interação entre as variáveis estudadas. Foram ajustadas equações relacionando o rendimento de grãos com o estado hídrico da cultura, ao longo do ciclo ou durante a fase mais crítica à falta de água ( $R_1-R_6$ ). Buscando maior precisão e confiabilidade, além da evapotranspiração relativa (ISNA), também foram avaliados outros índices para a estimativa do rendimento de grãos, como por exemplo IRESP<sub>1</sub> e IRESP<sub>2</sub> (Indicadores de rendimento esperado), que são também derivados das saídas do modelo SARRA. Estes indicadores consideram não somente as relações hídricas durante a fase mais crítica à cultura mas, também, todo o balanço de água ao longo do ciclo.

A precipitação pluviométrica e a evapotranspiração máxima mostraram-se não ser bons indicadores do rendimento de grãos de soja, para diferentes safras. Vários autores afirmam que a precipitação pluviométrica é o principal fator responsável pela variabilidade dos

rendimentos das culturas, tornando-se importantíssimo caracterizar o regime pluviométrico observado para melhor avaliar e modelar seu efeito sobre o desenvolvimento e o rendimento das culturas. Os rendimentos de grãos obtidos em função da precipitação pluviométrica total, observada nos diferentes tratamentos ao longo do ciclo e durante a fase mais crítica, estão representados na Figura 1.1. Como pode ser observado, numa análise conjunta das duas safras, praticamente não existe correlação entre rendimentos de grãos e precipita-

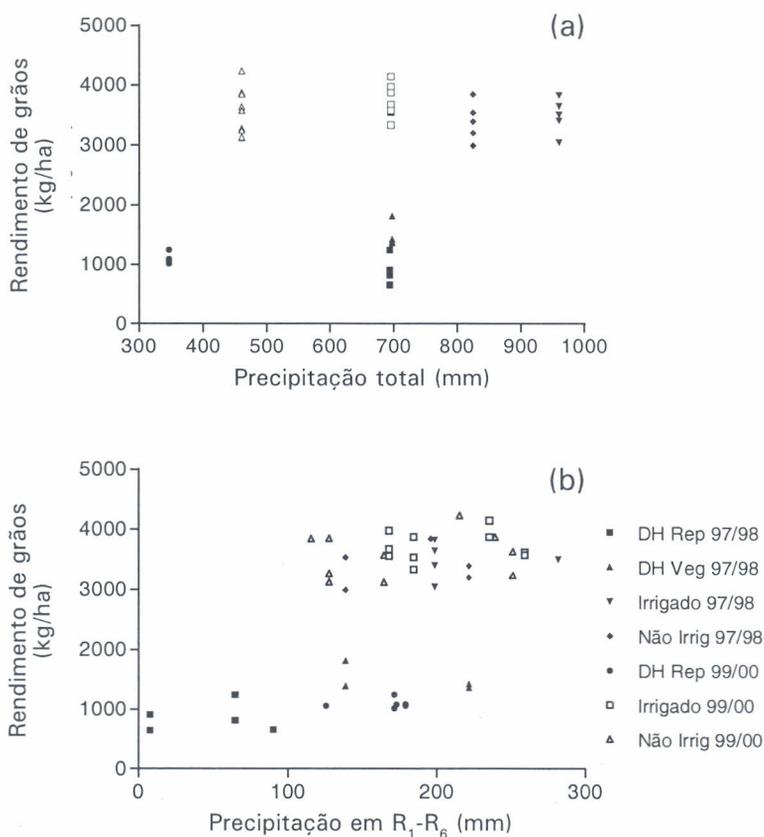


FIG. 1.1. Rendimento de grãos em função da precipitação total (a) e da verificada durante a fase  $R_1-R_6$  (b) nos diferentes níveis de disponibilidade hídrica, nas duas safras. Londrina-PR, 2004.

ção pluviométrica, pois para volumes semelhantes de precipitação obtiveram-se rendimentos de grãos bem diferentes. Isto demonstra que a cultura da soja, para apresentar um bom desenvolvimento, necessita, além de um volume de água adequado, uma boa distribuição das chuvas ao longo do ciclo, satisfazendo suas necessidades, principalmente, durante as fases mais críticas. Numa análise global, envolvendo os resultados das duas safras (Figura 1.1a), é possível identificar maior disponibilidade hídrica à cultura da soja (volume de precipitação pluviométrica) na safra 1997/1998 do que na safra 1999/2000, porém isto não refletiu em maiores rendimentos de grãos. Quando se avalia o rendimento de grãos obtido nos diferentes níveis do fator água, mas em uma mesma safra, pode-se perceber uma correlação entre rendimento de grãos e precipitação pluviométrica, com os maiores rendimentos sendo obtidos em condições de maior volume de água disponível às plantas e as menores produtividades quando aplicada alguma restrição hídrica à cultura.

Mesmo relacionando o rendimento de grãos obtido ao volume de precipitação pluviométrica observado durante a fase mais crítica da soja à falta de água (Figura 1.1b), não se consegue identificar grande correlação entre as variáveis em função da desuniformidade da distribuição do volume de chuvas. Em geral, verifica-se que os menores rendimentos de grãos foram obtidos em situações com menor volume de precipitação pluviométrica, ao passo que os rendimentos mais elevados foram alcançados com maiores volumes. Porém existe uma faixa de volume pluviométrico considerável (110 a 220 mm total), onde os rendimentos obtidos foram bem diferentes (variaram entre 1054 a 4230 Kg/ha). As diferenças observadas no volume de precipitação pluviométrica dentro de um mesmo tratamento, devem-se às diferenças entre as durações da fase de desenvolvimento  $R_1$ - $R_6$  apresentadas pelas distintas cultivares.

Na Figura 1.2 é apresentado a distribuição do rendimento de grãos médio das cultivares de soja em função dos valores de ISNA para todo o ciclo da cultura. Na avaliação individual de cada safra é possível perceber certa relação entre as variáveis. Porém, no conjunto global

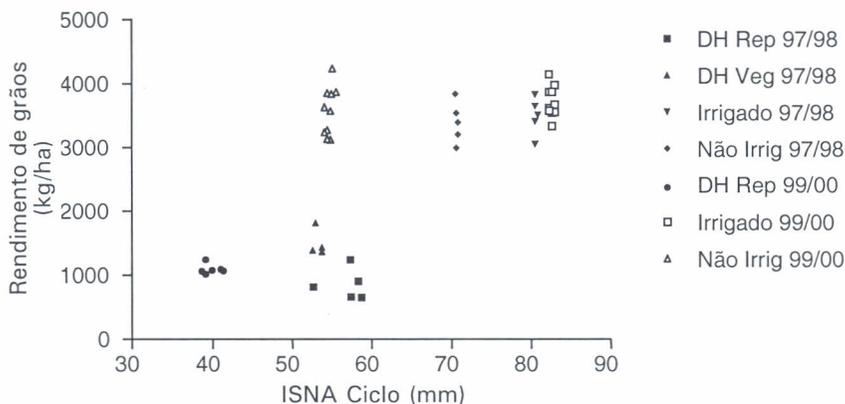
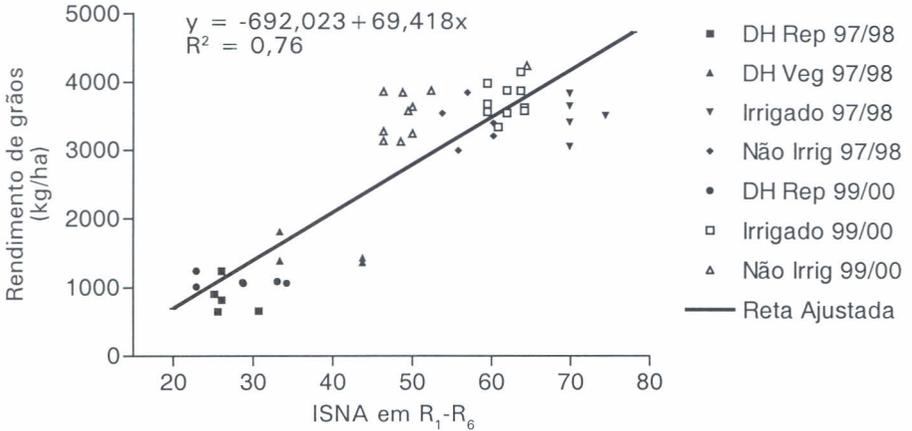


FIG. 1.2. Rendimento de grãos em função dos valores de ISNA para todo o ciclo observados nos diferentes níveis de condição hídrica, durante as duas safras. Londrina-PR, 2004.

das duas safras, as relações não se apresentam de forma tão clara, existindo uma faixa de valores de ISNA (de 50% a 60%) com rendimento de grãos variando de 651 a 4230 Kg/ha (Figura 1.2). Provavelmente, isto ocorra em função da grande variabilidade dos regimes hídricos observados, ao longo do ciclo, nas duas safras. Já nas faixas extremas de ISNA, verifica-se uma correlação positiva, com menores rendimentos de grãos associados aos menores valores de ISNA e vice-versa. No entanto, o rendimento de grãos da soja apresentou elevada correlação com a condição hídrica da cultura, caracterizada pelos valores de ISNA ( $ET_r/ET_m$ ) na fase mais crítica à falta de água ( $R_1-R_6$ ) (Figura 1.3), observando-se claramente um crescimento do rendimento de grãos em função do incremento dos valores de ISNA. Sendo esta a fase de desenvolvimento da cultura mais crítica à falta de água, diferenças do suprimento hídrico nesta fase significarão respostas distintas da cultura com relação à produtividade de grãos. Devido à significativa contribuição do ajuste linear e à ausência de interpretação prática dos modelos quadrático e cúbico (em condições normais, dificilmente o rendimento diminuiria com o aumento da disponibilidade hídrica), optou-se pela indicação de ajustes de regressão linear simples, o qual têm ainda emprego mais facilitado e melhor compreensão e visualização



**FIG. 1.3.** Rendimento de grãos em função dos valores de ISNA para a fase  $R_1-R_6$  observados nos diferentes níveis de condição hídrica, durante as duas safras. Londrina-PR, 2004.

prática das relações existentes. Na mesma Figura 1.3, são apresentadas a curva e a equação ajustadas para o conjunto de dados.

O emprego de modelos hoje se faz necessário em vários segmentos do setor agrícola. Modelos simples, de fácil operação e que necessitem de um pequeno conjunto de informações, parecem ter uma maior aplicabilidade para diversos locais e problemas específicos. Com a equação obtida, a partir de dados de temperatura do ar (para estimativa da evapotranspiração) e precipitação pluviométrica, pode-se estimar o comportamento da cultura da soja bem como o rendimento de grãos, os quais podem ser usados em várias análises de interesse agrônomo. No entanto, cabe ressaltar que os modelos não substituem a experimentação de campo; apenas utilizam mais eficientemente suas informações.

Estudos mais detalhados, com melhor definição e diferenciação da duração dos estádios de desenvolvimento da cultura, com certeza, propiciarão ajustes mais precisos para estimativa do rendimento de grãos a partir da condição hídrica da cultura.

## 1.2 Projeto Componente 3: Aprimoramento dos estudos para redução dos riscos climáticos às culturas de grãos

**Nº do Projeto:** 01.02.1.05.03

**Líder:** José Renato Bouças Farias

**Número de planos de ação que compõem o projeto:** 03

**Unidade líder:** Embrapa Soja

**Unidades/Instituições participantes:** Embrapa Arroz e Feijão; Embrapa Milho e Sorgo; Embrapa Soja; Embrapa Trigo; Embrapa Clima Temperado; Embrapa Agropecuária do Oeste; Embrapa Cerrados; Embrapa Meio Norte; Embrapa Tabuleiros Costeiros; Embrapa Algodão; Solos; Embrapa Semi-Árido; Embrapa Agroindústria Tropical; Embrapa Informática Agropecuária; IAC; CEPAGRI/UNICAMP; IAPAR; FEPAGRO; EPAGRI; UNB; UFPI; UEMA; SRH/PE

O projeto componente é formado por três planos de ação (Gestão; Rearranjo do balanço hídrico incorporando graus-dia, fenologia, PTF e probabilidades; e Simulação do risco climático para definição do calendário agrícola) e tem por objetivo global maximizar o uso das disponibilidades climáticas e reduzir os riscos de insucesso da atividade agrícola decorrentes do clima, através da indicação mais precisa de épocas de semeadura para as principais culturas de grãos no Brasil. Visando completar e melhorar o atual zoneamento, as atividades planejadas darão continuidade ao projeto "Zoneamento de risco climático no Brasil (01.2000.051)", encerrado em dezembro de 2002. Para tanto, serão ajustados modelos de respostas das culturas ao ambiente, em especial à disponibilidade hídrica e térmica, sob diferentes sistemas de preparo do solo (convencional e semeadura direta), avaliando e quantificando os riscos climáticos aos quais as principais culturas de grãos estão sujeitas, em função das características edafoclimáticas de cada região produtora e das necessidades das culturas em estudo. Para aperfeiçoar os resultados das simulações nos modelos de penalização adotados, serão ajustadas funções de pedotransferência que permitam parametrizar melhor a retenção de água em diversos tipos de solos brasileiros. De posse de todos os modelos e funções, serão então definidos as regiões

e os calendários agrícolas com menor probabilidade de risco climático às principais culturas de grãos do país. Os resultados gerados serão validados em condições de campo, avaliando-se o desempenho das informações geradas em situações reais do agricultor. As funções e modelos ajustados serão empregados nos estudos de impactos de mudanças climáticas e sistemas de suporte à decisão para redução dos riscos climáticos, resultando em indicações de épocas de semeadura mais precisas, com menor probabilidade de perdas por ocorrência de adversidade climática, orientando atividades de planejamento, de comercialização, de crédito e de seguro agrícola, em sistemas de produção de grãos diferenciados (tradicional, semeadura direta e safrinha). Tudo isto, com certeza, trará impactos altamente positivos sobre os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

**Plano de ação 01:** Re-arranjo do balanço hídrico incorporando Graus-dia, fenologia, PTF e probabilidades

**Responsável:** Eduardo Delgado Assad (Embrapa Informática Agropecuária)

**Atividade 1:** Incorporação dos procedimentos de Graus-dia no balanço hídrico

### 1.2.1 Modelagem das respostas da soja ao termofotoperíodo (Atividade 1.1)

Norman Neumaier; Thomas R. Sinclair<sup>1</sup>; José Renato Bouças Farias;  
Alexandre Lima Nepomuceno

A expansão da soja para a Região Centro-Nordeste do Brasil foi possível pela introdução dos genes de período juvenil longo (PJL). Esses genes provocam o retardamento do florescimento, mas o componente exato na descrição do desenvolvimento de cultivares comerciais em resposta à temperatura e ao fotoperíodo ainda não foi esclarecido. Este

---

<sup>1</sup> USDA/ARS, University of Florida.

estudo foi desenvolvido para explicar a sensibilidade das cultivares com PJJ à temperatura e ao fotoperíodo, no que se refere à emergência, à taxa de aparecimento de folhas e ao florescimento.

Oito cultivares de soja foram semeadas semanalmente por 54 semanas consecutivas, em casa de vegetação de plástico, de forma que as plantas desenvolveram-se sob diferentes regimes de temperatura e de fotoperíodo. As cultivares foram escolhidas de acordo com o suas características de florescimento: Paraná (cultivar precoce com comportamento de período juvenil longo - PJJ); OCEPAR 8 (cultivar semi-precoce com comportamento de PJJ); OCEPAR 9 (cultivar semi-tardia com comportamento característico de PJJ); Paranagoiana (cultivar tardia com comportamento característico de PJJ); IAS-5 (cultivar precoce com comportamento tradicional); Bragg (cultivar precoce com comportamento tradicional); BR 27 – Cariri (cultivar tardia com comportamento característico de PJJ); e BR 15 – Mato Grosso (cultivar tardia com comportamento tradicional).

Pesquisas anteriores indicaram que a resposta da soja à temperatura é aproximadamente linear. Para a descrição do período semeadura-emergência, um modelo linear, como função da temperatura, foi ajustado aos dados. Nessa fase, a resposta de todas as cultivares à temperatura foi essencialmente a mesma. A temperatura base, na qual não houve emergência foi de 7° C. A temperatura acumulada para emergência foi 65° C. Especificamente para o florescimento, o modelo linear de platô de Grimm et al. (Crop. Sci. 33:137-144, 1993) mostrou-se adequado, para as cultivares testadas, com uma resposta de temperatura de saturação em 25,8° C. Um modelo exponencial (Sinclair et al., Crop Sci. 31:786-790, 1991) foi testado para a estimativa das variações nas datas de florescimento sendo influenciadas pelo fotoperíodo. Essa equação descreveu bem a resposta não linear das cultivares brasileiras ao fotoperíodo. A temperatura base para o florescimento de todas as cultivares foi de 11° C, o que é consistente com cultivares de soja de grupos de maturação elevados nos EUA. As cultivares apresentaram consideráveis diferenças nos seus coeficientes, obtidos no componente do modelo referente ao fotoperíodo.

Embora tenha havido diferenças, entre cultivares, na temperatura acumulada requerida para a emergência das plântulas, essas diferenças não se mostraram associadas com a característica P<sub>JL</sub>. Similarmente, houve diferenças entre cultivares na taxa de aparecimento de folhas mas essas diferenças não estavam, obrigatoriamente, associadas à característica P<sub>JL</sub>. A duração até o florescimento mostrou ser significativamente mais longa para as três cultivares com o P<sub>JL</sub>, quando comparadas com as outras cultivares. Foram ajustadas equações e propostos modelos para as diferentes cultivares avaliadas. Na figura 1.4 é apresentada a taxa de desenvolvimento rumo ao florescimento para a cultivar convencional BR 15 e para a cultivar com período juvenil longo BR 27. Os modelos propostos permitem estimar a floração de cultivares de soja a partir de dados de temperatura e de fotoperíodo. O

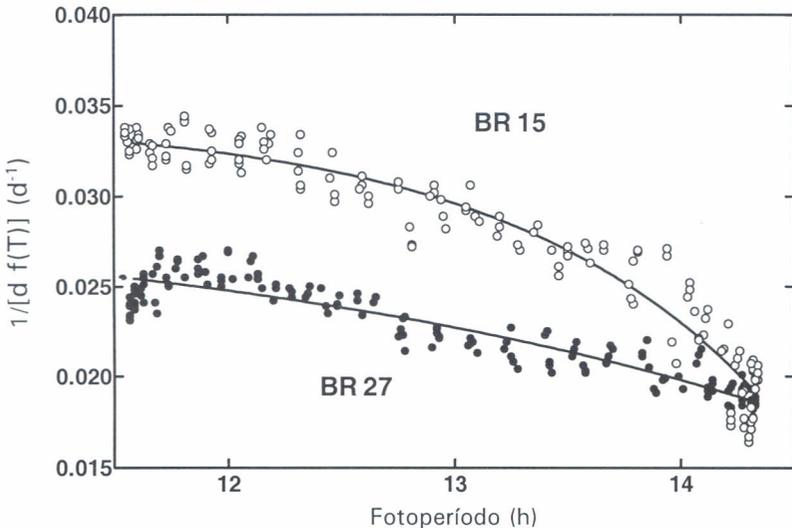


FIG. 1.4. Avaliação da Equação  $1 / [d \cdot f(T)] = FR_{\max} \cdot [1 - \exp(c \cdot (P - P_c))]$  na definição da taxa de desenvolvimento rumo ao florescimento (FR) para a cultivar convencional BR 15 e para a cultivar com período juvenil longo BR 27, plotando-se  $1/[d \cdot f(T)]$  contra o fotoperíodo médio, onde d = número de dias entre semeadura e floração; f(T) = ajuste em função da temperatura; c = constante; P = fotoperíodo e P<sub>c</sub> = fotoperíodo crítico. Londrina, 2004.

comprimento do dia que teoricamente inibiu o desenvolvimento rumo ao florescimento foi de aproximadamente 1,5 horas maior em cultivares com P JL em comparação com cultivares tradicionais. A sensibilidade das três cultivares com P JL à temperatura e ao fotoperíodo não foi diferente das outras cultivares. A característica que diferiu, para as cultivares com P JL, foi uma taxa máxima de desenvolvimento rumo ao florescimento muito menor do que a encontrada nas outras cultivares. O progresso rumo ao florescimento nas cultivares com P JL foi simplesmente muito mais lento do que nas outras cultivares.

**Plano de ação 02:** Simulação do risco climático para definição do calendário agrícola

**Responsável:** José Renato Bouças Farias (Embrapa Soja)

### 1.2.2 Definição do calendário agrícola para a cultura da Soja (Atividade 3)

José Renato Bouças Farias; Ivan Rodrigues de Almeida; Norman Neumaier; Alexandre Lima Nepomuceno; Haroldo Virgílio<sup>1</sup>

A imprevisibilidade das variabilidades climáticas confere à ocorrência de adversidades climáticas o principal fator de risco e de insucesso à exploração das culturas de grãos. Na atual agricultura globalizada, incrementos nos rendimentos e redução dos custos e dos riscos de insucesso passaram a ser exigências básicas à competitividade. Maior eficiência no uso de recursos, a melhora qualitativa dos produtos e a preservação dos recursos naturais, são desafios da sustentabilidade da moderna agricultura. Entretanto, a maioria das culturas está sujeita à imprevisibilidade das variabilidades climáticas onde pouco ou quase nada se tem a oferecer como solução ao produtor, sem que haja um aumento significativo do custo de produção. Definindo áreas e épocas de semeadura menos sujeitas a riscos de insucessos devido a ocorrên-

---

<sup>1</sup> Bolsista AT - CNPq

cia de adversidades climáticas, o zoneamento agroclimático constitui-se numa tecnologia de fundamental importância em várias atividades do setor agrícola. Isto leva à exploração mais racional das culturas, bem como a um incremento da produção e da produtividade, trazendo inúmeros reflexos positivos à economia e à sociedade brasileiras.

São notórios os avanços alcançados com os trabalhos de zoneamento anteriores, os quais atenderam a uma grande demanda existente e possibilitaram significativa redução das perdas na agricultura brasileira através da indicação de épocas de semeadura mais favoráveis às principais culturas. Com as presentes ações busca-se aprimorar a indicação de regiões e épocas de semeadura de menor risco climático à exploração das principais culturas de grãos, através da incorporação de ferramentas (funções, modelos e conceitos) gerados no escopo desse trabalho em rede, procurando fornecer informações mais confiáveis e precisas. Tem como objetivo final, reduzir os riscos de insucesso da atividade agrícola decorrentes do clima, através da indicação mais precisa de épocas de semeadura para a cultura da soja nas diversas regiões produtoras do Brasil.

O projeto em rede foi aprovado no final de 2002, tendo suas atividades iniciadas, efetivamente, em 2003. Como até então poucos ajustes nos modelos e nas metodologias foram finalizadas nas outras atividades programadas na rede, procedeu-se a definição do calendário agrícola para a cultura da soja para a safra 2004/2005, seguindo-se a mesma metodologia e modelos anteriores, porém fundamentado em novas bases climáticas.

As bases de dados agrometeorológicos foram revistas, corrigidas e atualizadas, realizando-se novas simulações e gerando informações mais precisas para os locais em que se verificou algum problema. Através do uso de modelos de simulação (SARRA, CROPGRO e BipZon) e de modernas ferramentas de geoestatística e geoprocessamento, foram revisados e corrigidos alguns aspectos metodológicos, resultando na reformulação e elaboração de novas tabelas com as indicações das épocas de semeadura com menor probabilidade de risco à exploração da cultura da soja para os estados de Goiás, Tocantins, Paraná, Mato

Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia, Maranhão e Piauí. Este trabalho necessita anualmente ser revisado e atualizado, para que expresse de forma mais atual possível a realidade verificada ao nível de campo. Paralelamente, a fim de dar maior respaldo técnico e prático às indicações, procedeu-se estudo bastante profundo e cuidadoso para verificação das condições de cultivo da soja na região noroeste do estado do Paraná, freqüentemente questionado por vários segmentos envolvidos no agronegócio da soja, a fim de identificar possíveis falhas ou discrepâncias em relação ao observado a campo. Com base nesses estudos, procedeu-se alterações consistentes nas bases de dados até então utilizadas, refletindo-se em mudanças significativas na indicação de épocas de semeadura com menor risco climático à cultura da soja no estado do Paraná. No entanto, os trabalhos preliminares não atenderam à expectativa dos produtores da região do arenito Caiuá, necessitando-se de estudos mais detalhados e profundos.

Em função das diferentes épocas de semeadura, das disponibilidades hídricas de cada região, do consumo de água nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, do tipo de solo e do ciclo da cultivar, foram definidas as áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência de déficit hídrico durante a fase mais crítica da cultura, caracterizadas como favoráveis, intermediárias e desfavoráveis. As épocas favoráveis não representam, necessariamente, aquelas para obtenção dos maiores rendimentos de grãos, mas sim as de menor probabilidade de perdas por ocorrência de deficiência hídrica. Nem todos os municípios listados com períodos favoráveis de semeadura são aptos ao cultivo da soja. Além da disponibilidade hídrica, outros fatores devem ser considerados para a viabilidade da exploração da cultura com sucesso numa dada região e/ou município.

Todos os resultados obtidos são analisados, comparativamente, com os dados observados historicamente a campo, a fim de detectar e corrigir eventuais falhas na metodologia empregada. Esta validação é realizada até atingir-se uma margem mínima de concordância de 80%. Obtido isso, são elaboradas as cartas (mapas) definitivas. Para tanto, está sendo mantido e atualizado, anualmente, um banco de dados com

área plantada, produção e rendimento de grãos, por município, dos diferentes estados produtores de soja. Além disso, são conduzidos ensaios a campo onde se procura quantificar e caracterizar as respostas agrônômicas e fisiológicas de cultivares de soja da Embrapa à ocorrência de *déficits* hídricos, em distintas fases do desenvolvimento. Nesses ensaios, em função de diferentes níveis de disponibilidade hídrica, atendidos por sistemas de irrigação e abrigos móveis contra chuva e quantificados por tensiometria e sonda de nêutrons, são avaliados fenologia, peso da matéria fresca e seca, área foliar, rendimento de grãos e componentes, taxa fotossintética, resistência estomática, teor relativo de água, nodulação e atividade microbiana etc. O conhecimento gerado permite ajustes nos modelos e na metodologia empregada para a definição e quantificação dos riscos e dos efeitos de *déficits* hídricos sobre a cultura da soja.



# 2

## DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA ADAPTADAS ÀS VÁRIAS REGIÕES ECOLÓGICAS E AOS VÁRIOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Projeto do Macroprograma 2

Nº do Projeto: 02.02.205.00

Líder: José Francisco Ferraz de Toledo

### 2.1 Expressão gênica diferencial em raízes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] submetidas a infecção com o nematóide *Meloidogyne javanica*

Silva, J.F.V<sup>1</sup>; Nepomuceno, A.L.<sup>1</sup>; Arias, C.A.<sup>1</sup>; Binneck, E.<sup>1</sup>; Wendland, A.<sup>2</sup>; Fuganti, R.<sup>3</sup>; Pedroso, J.<sup>3</sup>; Marin, S.R.<sup>1</sup>; Silveira, C.A.<sup>1</sup>; Morales, A.<sup>4</sup>; Alves, L.C.<sup>5</sup>; Lemos, E.G.M<sup>5</sup>

Os nematóides de galhas, *Meloidogyne javanica* causam perdas significantes na produção de soja no Brasil e no mundo. Das cultivares de soja recomendadas no Brasil, apenas uma minoria apresenta resistência ao nematóide da galha, que pode ser perdida na presença de altas populações do parasita. No presente trabalho, o cultivar de soja BRS-133 (suscetível) e o genótipo de soja PI595099 (resistente) foram caracterizados em relação à sua resistência ao *M. javanica*. O cultivar e o genótipo de soja foram cultivados em casa de vegetação e a inoculação das raízes com ovos e juvenis de nematóides ocorreu no

<sup>1</sup> Embrapa Soja, Londrina, PR, Brasil.

<sup>2</sup> ESALQ/USP, Dept. de Fitopatologia, Piracicaba, SP, Brasil

<sup>3</sup> UEL, Londrina, PR, Brasil

<sup>4</sup> UNIFIL, Londrina, PR, Brasil

<sup>5</sup> UNESP, Dept. de Bioquímica, Jaboticabal, SP, Brasil.

quinto dia após a germinação. As amostras de raízes foram coletadas no terceiro e no sexto dia após a inoculação e armazenadas em nitrogênio líquido para posterior extração do RNA. Foram identificados, clonados e sequenciados 56 fragmentos de DNAC diferencialmente expressos com o uso da técnica de Expressão Diferenciada (*Differential Display – DD*). Dentre as seqüências obtidas via DD que apresentaram alta similaridade com genes conhecidos algumas foram estudadas em maior detalhe como possíveis genes candidatos envolvidos no processo de resistência/susceptibilidade ao nematóide. Uma proteína sensível à salinidade e à baixa temperatura (LTI6B), com um receptor conservado de proteínas do Retículo Endoplasmático (HDEL) e uma aquaporina foram estudados.

Com o RNAm obtido nos tratamentos, também foram construídas bibliotecas de DNAC de onde foi possível seqüenciar 4000 clones. As seqüências obtidas estão disponíveis no endereço [www.cnpso.embrapa.br/bioinformatica](http://www.cnpso.embrapa.br/bioinformatica). As seqüências também foram analisadas através do programa *BLASTX2.2.5* na procura por homologia/similaridade com genes conhecidos depositados no *genbank*. Entretanto, para estudar melhor os genes provavelmente envolvidos nos eventos de parasitismo entre a plantas e o patógeno foram conduzidos experimentos com Microarranjos de DNA com as seqüências obtidas. Neste estudo foram escolhidas seqüências de 1000 genes únicos (ESTs) que foram impressos em lâminas de microarrajos de DNA que posteriormente foram hibridizadas com mRNA (cDNA) marcados obtidos de diferentes combinações de tratamentos (genótipo sensível e resistente, infectados com o nematóide ou não). Deste trabalho foi possível identificar no genótipo resistente 225 genes diferencialmente expressos em raízes de soja em condições de parasitismo pelo nematóide. Dos 225, 175 genes tiveram sua expressão aumentada, enquanto 50 tiveram sua expressão reprimida. Entre os genes induzidos estão uma proteína receptora (Hs1pro<sup>1</sup>-like receptor) de soja (*Glycine max*) e um gene PR STH2 (*Pathogenesis Related protein*). No genótipo susceptível (266-S), 107 genes foram identificados como diferencialmente expressos, sendo 78 induzidos (*up-regulated*) e 29 reprimidos (*down-regulated*). As tabela 2.1 e 2.2 apresentam lista parcial dos genes identificados

TABELA 2.1. Lista parcial com genes identificados como diferencialmente expressos em raízes de soja do genótipo resistente em relação ao mesmo genótipo não inoculado com o nematóide.

Clone	Função provável	Score (d)
Genes com Expressão Induzida .....		
BRSOGMMJ020A04	Alpha manosidase	1,513272435
BRSOGMMJ017D05	Zinc finger protein	1,387898583
BRSOGMMJ016D05	Mago Nashi-like protein	1,350230734
BRSOGMMJ001G01	Methallothionein-soybean	1,149925688
BRSOGMMJ010E11	Pathogenesis-related protein STH-2	1,046712791
BRSOGMMJ017E07	Putative wound-induced protein	0,634830353
BRSOGMMJ003C02	Putative Hs1pro <sup>-1</sup> like receptor ( <i>G. max</i> )	0,533076757
BRSOGMMJ020D02	Syringolidae - 1,4-glucanase elicitor	0,538566444
Genes com Expressão Reprimida .....		
BRSOGMMJ010D02	Epoxide Hidrolase ( <i>Glycine max</i> )	-1,437855594
BRSOGMMJ005B11	Fructokinase like protein	-1,238747908
BRSOGMMJ003B05	Citocrome b5 reductase like protein	-1,341304761
BRSOGMMJ003F05	Ethylene response fact 4 ( <i>L. esculentum</i> )	-1,013752815
BRSOGMMJ001C05	Xaa-Pro aminopeptidase ( <i>L. esculentum</i> )	-1,136762429
BRSOGMMJ020B11	40S ribossomal protein S14	-1,005206125
BRSOGMMJ007G04	Heat Shock protein	-0,996065881
BRSOGMMJ015D02	FAD-linked oxiredutase	-0,944289464

**TABELA 2.2.** Lista parcial com genes identificados como diferencialmente expressos em raízes de soja do genótipo suscetível em relação ao mesmo genótipo não inoculado com o nematóide.

Clone	Function	Score (d)
Genes com Expressão Induzida.....		
BRSOGMMJ012E03	Hydroquinone glucosyltransferase	0,93266
BRSOGMMJ012C05	serine/threonine-specific kinase like prot	0,92279
BRSOGMMJ007B11	auxin-induced protein ali50 ( <i>G. max</i> )	0,85631
BRSOGMMJ013E02	syringolide-induced protein ( <i>G. max</i> )	0,81948
BRSOGMMJ022F12	Putat. gibberellin 20-oxidase ( <i>O. sativa</i> )	0,81931
BRSOGMMJ006B10	15.9 kDa RNA polymerase II <i>C. elegans</i>	0,78162
BRSOGMMJ003A08	uclacyanin 3-like protein/phytoeyanin	0,64469
BRSOGMMJ022C11	ethylene-responsive protein, putative	0,70247
BRSOGMMJ021G06	leucine-rich repeat transmemb prot.kinase	0,52851
Genes com Expressão Reprimida.....		
BRSOGMMJ025E12	protein kinase Thioredoxin ( <i>C. elegans</i> )	-1,058785989
BRSOGMMJ004D04	O-linked GlcNAc transferase ( <i>C. elegans</i> )	-0,944662089
BRSOGMMJ010B09	Photosystem I reaction center subunit IV A	-0,889406508
BRSOGMMJ010E03	Maturation protein PM3 - soybean	-0,849175129
BRSOGMMJ006F07	Lactoylglutathione lyase ( <i>E. coli</i> )	-0,84617091
BRSOGMMJ011B11	Alcohol dehydrogenase ( <i>A thaliana</i> )	-0,822253161
BRSOGMMJ003D06	Probable serine/threonine kinase	-0,741744027
BRSOGMMJ019C02	p-type H <sup>+</sup> -ATPase ( <i>Vicia faba</i> )	-0,740930235

como induzidos ou reprimidos em raízes submetidas ao ataque de nematóides nas análises de microarranjos de DNA. Análises de PCR em Tempo Real serão conduzidas para confirmar o nível de expressão de cada um dos genes identificados.







## CONTROLE DE NEMATÓIDES FITOPARASITAS ASSOCIADOS À CULTURA DA SOJA

**Projeto:** 06.04.02.333    **Líder:** Waldir Pereira Dias

**Nº de subprojetos que compõem o projeto:** 04

**Unidades/Instituições participantes:** Embrapa Soja; Embrapa Agropecuária Oeste

No Brasil, as espécies de nematóides mais freqüentemente associadas a danos na cultura da soja são *Meloidogyne javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis*. Este Projeto tem como objetivo buscar soluções para a produção econômica de soja nas áreas infestadas pelas espécies *Heterodera glycines*, *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *Rotylenchulus reniformis* e é composto por quatro subprojetos.

O primeiro deles (06.04.02.333.01) busca soluções para os problemas causados pelo nematóide de cisto da soja (NCS). As atividades aqui desenvolvidas visam, principalmente, apoiar a obtenção de cultivares de soja resistentes. Até 2003, a presença do NCS foi registrada em 107 municípios brasileiros. Embora já tenham sido identificadas, no País, as raças 1, 2, 3, 4, 4<sup>+</sup>, 5, 6, 9, 10, 14 e 14<sup>+</sup>, a raça 3 ainda é a predominante. As raças 4<sup>+</sup> e 14<sup>+</sup> referem-se a duas populações do NCS, que diferem das raças 4 e 14 clássicas por suas habilidades em parasitar a cultivar Hartwig, mas não a sua ancestral PI 437654. Como essas populações somente ocorrem no Brasil, foram realizados estudos para esclarecer a genética da resistência da soja (PI 437654) à raça 4<sup>+</sup>, obtendo-se as seguintes conclusões: 1)efeitos de recíprocos não influenciam a herança da resistência; 2)efeitos aditivos (predominantemente), de dominância parcial no sentido da resistência e de epistasia do tipo aditivo x aditivo estão envolvidos na resistência; 3)as estimativas de herdabilidade indicam a possibilidade de ganhos com seleção para resistência; 4)dois genes, um de efeito maior localizado no grupo A2 e fortemente ligado ao loco *i* (cor preta do

tegumento da semente) e outro, de menor efeito e hipostático ao anterior, explicam a resistência. O gene de menor efeito é desejável para o desenvolvimento de cultivares com níveis variados de resistência; 5) os marcadores, loco *i*, *Satt 341* e *Satt 177*, sozinhos ou combinados, apresentam potencial para utilização na identificação de genótipos de soja resistentes; e 6) a ligação indesejável do loco principal de resistência com o loco *i* dificulta o desenvolvimento de cultivares resistentes.

Em 2003, como acontece todos os anos, centenas de linhagens de soja dos programas de melhoramento genético da Embrapa Soja e parceiros foram avaliadas, em casa-de-vegetação, para as raças do NCS de maior importância no Brasil. Vários materiais resistentes a uma ou mais raças foram encontrados. Tais resultados foram repassados aos melhoristas para subsidiá-los sobre quais linhagens avançar. Como as avaliações em casa-de-vegetação são muito trabalhosas, a seleção de plantas resistentes utilizando microsatélites como marcadores moleculares foi testada e mostrou-se promissora.

Em outro subprojeto (06.04.02.333.02), são realizados estudos relacionados à dinâmica populacional de nematóides, em sistemas de rotação e sucessão de culturas e em diferentes níveis de pH. Apesar do alto potencial de dano do nematóide de cisto, resultados experimentais obtidos pela Embrapa Soja, em diversos pontos do País, mostram que é possível a convivência com essa praga, pelos manejos da cultura e do solo, mantendo a produção da soja em nível econômico. Os experimentos para avaliar a sobrevivência e o efeito do pH do solo na população do NCS, já encerrados, permitiram concluir que o nematóide pode sobreviver no solo, na ausência de plantas hospedeiras, por até seis anos, e que as populações demoram mais a ser reduzidas em solo com pH elevado. Também vêm sendo conduzidos um experimento (pelo segundo ano consecutivo), em Pejuçara, RS, para avaliar o efeito da rotação com milho na degradação da população do NCS e uma rede de experimentos (cinco, em 2001/02 e 10, em 2002/03), em áreas infestadas dos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, para avaliar, através da comparação do rendimento de cultivares de soja suscetíveis e resistentes, o impacto do NCS. Quanto ao efeito da rotação com milho no RS, os resultados foram semelhantes aos obtidos em outras regiões do País, ou seja,

houve redução significativa do número de ovos do NCS no solo. Quanto ao efeito de cultivares de soja suscetíveis e resistentes sobre o NCS, as resistentes produziram significativamente mais (418 kg/ha) que as suscetíveis. Também nessas regiões, a utilização de cultivares resistentes é necessária, para garantir altos rendimentos em áreas infestadas.

Com respeito aos nematóides de galha, observou-se que as cultivares de soja resistentes têm efeito depressor mais expressivo e duradouro sobre a população do patógeno do que os híbridos de milho resistentes. Uma conclusão a que se chegou, até agora, é que a experimentação com nematóides de galha, especialmente aquela de média ou longa duração, tem pouca garantia de geração de resultados confiáveis pois, a população do nematóide no solo oscila muito de ano para ano.

No subprojeto 06.04.02.333.03, busca-se estudar métodos de controle para *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*, espécies do nematóide de galhas mais importantes no Brasil. As identificações realizadas, anualmente, no laboratório de nematologia da Embrapa Soja, mostraram que *M. javanica* é a espécie de ocorrência mais generalizada nas áreas de cultivo de soja, enquanto *M. incognita* predomina nas áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão. Este subprojeto busca, principalmente, apoiar o desenvolvimento de cultivares de soja com resistência ao nematóide de galhas. Em 2003, cerca de 600 linhagens foram avaliadas em áreas naturalmente infestadas com *M. javanica* (Florínea, SP e Londrina, PR) ou *M. incognita* (Florínea, SP). Avaliar a resistência e indicar cultivares/híbridos de outras espécies vegetais, como milho, algodão, sorgo, arroz, etc, para composição de sistemas supressivos ao nematóide de galhas, é um outro objetivo a ser atingido. Em 2003, genótipos de algodão, arroz, milho e sorgo foram avaliados, em casa-de-vegetação, com a raça 3 de *M. incognita*. Para todas as culturas, foi verificada diferença entre os genótipos com relação à capacidade de multiplicar o nematóide, o que permite indicar genótipos mais resistentes para utilização em rotação/sucessão com a soja.

No quarto subprojeto (06.04.02.333.04), executado pela Embrapa Agropecuária Oeste, procura-se conhecer a reação de genótipos de soja ao nematóide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Esse nematóide pertence, junto com *H. glycines* e as espécies de

*Meloidogyne*, ao grupo dos principais nematóides causadores de danos à cultura da soja. Com a expansão do algodão no País, espera-se que os problemas com *R. reniformis* em soja aumentem, haja vista que o algodão é um bom hospedeiro desse nematóide. Em 2003, foram conduzidos ensaios em casa-de-vegetação e a campo para avaliar a reação de cultivares/linhagens de soja a esse nematóide. As cultivares americanas Fayette, Forest e Custer comportaram-se como resistentes (fatores de reprodução,  $FR < 1$ ), sendo indicadas como fontes de resistência em programas de melhoramento. Dos genótipos brasileiros testados, os mais resistentes foram as cultivares Msoy 8001 ( $FR = 0,71$ ), CD 202 ( $FR = 0,94$ ) e CD 201 ( $FR = 1,42$ ). Essas cultivares são opções para utilização em cruzamentos ou, caso tenham adaptação, para cultivo em áreas infestadas. Os testes de campo têm mostrado que, às vezes, uma mesma cultivar, como Braxston (padrão de suscetibilidade), reage diferentemente ao nematóide. A existência de variabilidade genética (raças) dentro de *R. reniformis* precisa ser investigada.

A difusão das informações geradas no projeto vem sendo realizada por meio de palestras, apresentação de trabalhos em Congressos/Reuniões de Pesquisa, Dias de Campo e publicação de trabalhos em revistas científicas.

### **3.1 Biologia e controle do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) (06.04.02.333.01)**

Waldir Pereira Dias; João Flávio V. Silva; Antônio Garcia;  
Geraldo Estevam S. Carneiro

Apesar de ser o patógeno da soja mais importante, a constatação do nematóide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*, ocorreu no Brasil somente em 1992. A partir daí, sua disseminação foi rápida e os danos à produção de soja nas regiões infestadas, especialmente nos cerrados, foram muito graves. A disseminação do patógeno vem sendo acompanhada por meio de levantamentos, sistemáticos ou não, realizados em diferentes regiões do País, por diversas institui-

ções. Até o final de 2003, o NCS já havia sido detectado em 107 municípios, em nove estados (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA e TO).

*H. glycines* possui grande diversidade genética, sendo necessária sua classificação em raças, para o desenvolvimento/utilização de cultivares resistentes. Em 2003, foram realizados testes para identificação de raças de oito populações brasileiras do NCS. Detectaram-se as raças 3, 4, 5 e 14 em Mato Grosso, 14 em Goiás e a raça 6, pela primeira vez, em Minas Gerais. O panorama da distribuição de raças do NCS no Brasil passou a ser o seguinte: no Mato Grosso, estão presentes as raças 1, 2, 3, 4, 4<sup>+</sup>, 5, 6, 9, 10, 14 e 14<sup>+</sup>; no Mato Grosso do Sul, as raças 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 14; em Goiás, as raças 3, 4, 5, 6, 9 e 14; em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul, as raças 3 e 6; no Tocantins, a raça 1; e no Paraná, em São Paulo e na Bahia, somente a raça 3, que é a predominante no País. As raças 4<sup>+</sup> e 14<sup>+</sup> referem-se a duas populações de campo do NCS, identificadas pela primeira vez no Brasil, e que diferem das raças 4 e 14 clássicas, por suas habilidades em parasitar a cultivar Hartwig, mas não a sua ancestral PI 437654.

A Embrapa Soja, juntamente com os parceiros da pesquisa estadual e da iniciativa privada, desenvolve um dinâmico programa de melhoramento de soja para resistência ao NCS. Já foram liberadas, no País, as cultivares BRSMG Renascença, BRSMG Liderança, BRSMG Preciosa, BRSMG 250 (Nobreza) e BRSMG Robusta resistentes à raça 3, BRS 231, BRS Jiripoca, BRS Piraíba, BRS Tambaqui, BRS Tucunaré e BRSMT Pintado resistentes às raças 1 e 3, BRSGO Ipameri resistente às raças 3 e 14 e BRSGO Chapadões resistente às raças 1, 3, 4 e 14.

A seleção assistida utilizando microssatélites, como marcadores moleculares, foi testada e mostrou-se eficiente em separar genótipos de soja resistentes à raça 3 do NCS. Essa técnica pode contribuir para acelerar obtenção de cultivares resistentes.

Os resultados obtidos durante o ano de 2003 são a seguir relatados, individualmente, para cada atividade prevista na elaboração do Subprojeto.

### **3.1.1 Levantamento da ocorrência do NCS no Brasil**

O objetivo desta atividade é gerar, anualmente, informações sobre a distribuição geográfica do NCS no Brasil. Durante o ano de 2003, 85 amostras de solo encaminhadas por produtores e técnicos de diferentes partes do Brasil foram analisadas no laboratório de nematologia da Embrapa Soja. Para a detecção do parasita, as amostras de solo (100 mL) foram secas, destorroadas e suspensas em 2 litros de água. A suspensão resultante foi vertida em peneira de 20 mesh acoplada sobre uma de 60 mesh. Quando presentes, os cisto retidos na peneira de 60 mesh foram quantificados, com o auxílio de microscópio estereoscópico. Vinte e seis amostras continham cistos. Nos municípios de São Desidério (BA), Alto Garças (MT) e Bela Vista do Paraíso (PR), o NCS foi encontrado pela primeira vez. Com essas novas detecções, o número de municípios infestados subiu para 107. A despeito das diversas palestras realizadas nas regiões indenes sobre a gravidade do problema, a disseminação do NCS no País vem ocorrendo de maneira rápida. Os principais agentes de disseminação do nematóide têm sido as máquinas e os veículos. As maiores áreas infestadas encontram-se no Mato Grosso, em Goiás e em Minas Gerais. No País, a área com o nematóide já ultrapassa os 3,0 milhões de hectares.

### **3.1.2 Identificação de raças do NCS no Brasil**

O objetivo desta atividade é o acompanhamento da evolução das raças do NCS nas diferentes regiões do Brasil, para direcionamento do uso de fontes de resistência nos programas de melhoramento da Embrapa e também para auxiliar os agricultores na seleção de cultivares para as áreas infestadas. O patógeno possui grande diversidade genética, o que dificulta o desenvolvimento de cultivares resistentes. Essa diversidade é expressa na forma de 16 raças clássicas e mais aquelas com habilidade de parasitismo na cultivar Hartwig. Em 2003, oito populações do NCS, originárias de diferentes regiões do Brasil, foram classificadas em raça. No Mato Grosso, foram constatadas as raças 3 (Itiquira

e Campo Verde), 4 (Tangará da Serra), 5 (município não fornecido) e 14 (Alto Garças). Em Goiás, verificou-se presença da raça 14, em Chapadão do Céu e Campo Alegre. Em Minas Gerais (Uberaba), a raça 6 foi identificada pela primeira vez. O panorama da distribuição de raças do NCS no Brasil passou a ser o seguinte: no Mato Grosso, estão presentes as raças 1, 2, 3, 4, 4<sup>+</sup>, 5, 6, 9, 10, 14 e 14<sup>+</sup>; no Mato Grosso do Sul, as raças 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 14; em Goiás, as raças 3, 4, 5, 6, 9 e 14; no Paraná, em São Paulo e na Bahia, apenas a raça 3; em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul, as raças 3 e 6; e no Tocantins, a raça 1 foi a única detectada até o momento. Embora já tenham sido encontradas no País 11 raças (1, 2, 3, 4, 4<sup>+</sup>, 5, 6, 9, 10, 14 e 14<sup>+</sup>), a 3 ainda é a predominante.

### 3.1.3 Estudo da genética da resistência da soja à raça 4<sup>+</sup> do NCS

O trabalho teve como objetivos estudar a herança da resistência da soja à raça 4<sup>+</sup> do NCS e identificar marcadores microssatélites e o loco *i*, associados a locos de resistência. Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação da Embrapa Soja, em Londrina, PR. A herança da resistência dos genótipos E97-2502-9-3-1 e E97-2502-9-3-5 (tipos PI 437654), cruzados com a linhagem suscetível E96-776 (tipo 'Hartwig'), foi estudada utilizando-se 120 famílias F<sub>2:3</sub>, 120 plantas F<sub>2</sub>, 20 plantas F<sub>1</sub> e 20 plantas de cada parental. Para possibilitar o estudo de ligação do loco *i* com a resistência, as plantas F<sub>2</sub> foram classificadas com relação à coloração do tegumento das sementes. As gerações de cada cruzamento foram avaliadas, em experimentos separados. Plântulas de cada geração e também das diferenciadoras de raça foram transplantadas (uma por vaso de argila) e, dois dias depois, inoculadas com 4.000 ovos do nematóide. Após trinta dias, o sistema radicular de cada planta foi lavado e as fêmeas recuperadas e quantificadas. Em ambos os cruzamentos, as inoculações resultaram em números elevados de fêmeas nos genótipos suscetíveis e confirmaram a presença da raça 4<sup>+</sup>. Não houve efeito dos recíprocos e as estimativas de herdabilidade foram de magnitudes média a alta. Hou-

ve segregação transgressiva e dominância parcial no sentido da resistência. Para o cruzamento E96-776 x E97-2502-9-3-1, foram detectados efeitos aditivos, de dominância e epistáticos do tipo aditivo x aditivo, com pelo menos dois genes controlando a resistência. No cruzamento E96-776 x E97-2502-9-3-5, um único gene foi suficiente para explicar a segregação observada e um modelo aditivo-dominante se ajustou perfeitamente aos dados. Os estudos para a identificação de marcadores moleculares microssatélites foram conduzidos no laboratório de biotecnologia, empregando DNA extraído de folhas de plantas dos parentais,  $F_1$ 's e  $F_2$ 's do cruzamento E96-776 x E97-2502-9-3-1. Foram testados 74 *primers*, escolhidos a partir do mapa genético da soja e priorizando os localizados nos grupos de ligação A2 e G. Desses *primers*, apenas 10 foram polimórficos entre os parentais. Os *Satt 177* e *Satt 341*, localizados no grupo A2, próximos ao loco *i*, foram os únicos associados com a resistência. De acordo com as análises de correlação e o mapa de ligação construído para a população  $F_2$ , os três marcadores foram incluídos num mesmo grupo de ligação. O loco *i* foi localizado entre os dois microssatélites, a 28,2 cM do *Satt 177* e a 18,4 cM do *Satt 341*. A ordem dos marcadores no mapa gerado foi equivalente à do grupo A2. As análises dos três marcadores, realizadas com o programa MAPMAKER/QTL, indicaram a presença de um QTL de resistência situado à 4 cM do loco *i*, 24 cM do *Satt 177* e 14,4 cM do *Satt 341*. A região genômica identificada foi capaz de explicar 87% da variação do número de fêmeas e coincide com a região do grupo A2, onde está localizado, em 'Peking' e na PI 437654, o gene *Rhg<sub>4</sub>* para resistência a várias raças do NCS. As variações no número de fêmeas explicadas pelos loco *i*, *Satt 341* e *Satt 177* foram, respectivamente, de 64,1%, 55,1% e 30,7%. A utilização dos *Satt 341* e *Satt 177*, combinados, permitiu explicar 65,0% da variação observada. Os dois marcadores microssatélites, sozinhos ou combinados, mostraram potencial para utilização na identificação de genótipos resistentes à raça 4<sup>+</sup> do NCS. A forte ligação do loco *i* com o loco principal de resistência dificulta o desenvolvimento de cultivares resistentes.

### 3.1.4 Avaliação da reação de genótipos de soja a diferentes raças do NCS

O objetivo desta atividade é avaliar, em apoio aos programas de melhoramento genético de soja da Embrapa Soja e parceiros, a reação de fontes de resistência e linhagens de soja às raças do NCS de maior ocorrência no Brasil. Em 2003, 67 materiais foram avaliados para a raça 1, 177 para a raça 3, 56 para a raça 14 e 100 para a raça 4<sup>+</sup>. Foram encontrados 29 materiais homocigotos para resistência à raça 1, 67 para a raça 3 e 11 para a raça 14. Das fontes de resistência testadas com a raça 4<sup>+</sup>, destacaram-se as PIs 437654 (alta resistência), 88788 (moderada resistência) e 209332 (moderada resistência). Todas as linhagens descendentes da PI 437654 e com alta resistência à raça 4<sup>+</sup> eram de semente preta. Ao contrário, as altamente suscetíveis tinham semente amarela. Obter uma planta com semente amarela e resistente (recombinante) parece ser bastante difícil, mas é extremamente necessário. As investigações continuam.

### 3.1.5 Seleção de linhagens de soja resistentes à raça 3 do NCS, com o auxílio de marcadores moleculares microsatélites

Foram estudados indivíduos resistentes e suscetíveis dos cruzamentos PI 595099 x BRS 133 e PI 595099 x CD 201. Inicialmente, para identificar polimorfismos, os *marcadores* SSR, *Satt 038*, *Satt 168*, *Sat-141*, *Satt 163*, *Satt 187*, *Satt 162*, *Satt 407* e *Sat-71*, foram amplificados com os DNAs dos parentais. Dos *primers* polimórficos utilizados para amplificar as populações, apenas o *Satt 163*, do grupo de ligação G, apresentou efeito significativo. A eficiência de seleção das plantas resistentes com esse *primer* foi de 81,1%.



## **3.2 Controle dos nematóides parasitas da soja através do manejo da cultura e do solo (06.04.02.333.02)**

Antônio Garcia; João Flávio V. Silva; Waldir P. Dias;  
Geraldo Estevam S. Carneiro; Geraldo Lonien

A busca de soluções para o controle, via manejo da cultura, do nematóide de cisto da soja (NCS) (*Heterodera glycines*) e dos nematóides formadores de galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*, constitui o objetivo geral deste subprojeto. No ano agrícola 2002/03, as ações se restringiram a nove experimentos para avaliação de perdas de rendimento da soja, através da comparação de cultivares resistentes e suscetíveis ao NCS, conduzidos nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; a um experimento de rotação soja-milho para controle do NCS, em Pejuçara, RS; e um experimento de rotação de culturas para controle de *Meloidogyne javanica*, conduzido em Altônia, PR, em cooperação com a COOPERVALE.

Nos estudos sobre NCS, a avaliação dos efeitos dos tratamentos foi realizada com base na população de cistos aparentemente viáveis e/ou número de ovos por 100 cm<sup>3</sup> de solo, determinados em amostras de solo compostas de 10 subamostras, coletadas na semeadura e na colheita das culturas, e no rendimento da soja. Para o nematóide de galhas, avaliaram-se a altura de plantas (soja), o rendimento e o número de galhas em raízes de tomateiros, cultivados em vasos contendo amostras de solo compostas, coletadas em cada parcela, por ocasião da semeadura e da colheita das culturas.

### **3.2.1 Avaliação de perdas de soja, devidas ao NCS, através da comparação de rendimento entre cultivares resistentes e suscetíveis, em áreas infestadas por NCS**

Os experimentos vêm sendo conduzidos desde 2001/02; este relato refere-se a 2002/03. O objetivo foi determinar o efeito do NCS no rendimento da soja, nas populações ocorrentes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, e estimar a contribuição do uso de cultivares resistentes.

tes. Foram conduzidos experimentos em áreas infestadas, nos municípios de Cruzália e Assis, SP, Sertaneja, Cornélio Procópio e Marechal Cândido Rondon, PR, Pejuçara e Espumoso-RS, para comparar a produção de grãos de cinco cultivares de soja suscetíveis (CD 201, CD 202, Embrapa 48, BRS 133 e BRS 156, nos experimentos do Paraná e de São Paulo, e IAS 5, CD 201, BRS 137, BRS 153 e BRS 154, nos experimentos do Rio Grande do Sul) e de cinco linhagens resistentes, identificadas como R1, R2, R3, R4, e R5 (lançada em 2002, como BRS 231). Para verificar o rendimento dos dois grupos de cultivares na ausência do parasita, foram conduzidos, também, três experimentos em áreas não infestadas, em Tarumã, SP, Londrina, PR, e Pejuçara, RS. Os tratamentos foram avaliados em blocos casualizados, repetidos quatro vezes. Cada parcela foi constituída de quatro fileiras de plantas, espaçadas de 0,50 m. Os experimentos de Marechal Cândido Rondon e Pejuçara (áreas infestadas) e de Londrina (sem infestação), embora conduzidos até o final, foram considerados perdidos, por causas diversas em cada local.

A média de rendimento de cada um dos dois grupos de genótipos foi comparada, em cada local, pelo teste F (Tabela 3.1). Com exceção do experimento de Espumoso, em todos os locais, foram detectadas diferenças significativas de rendimento, variando de 178 a 676 kg/ha, em favor do grupo de genótipos resistentes. Por sua vez, nos experimentos conduzidos em áreas não infestadas, esse tipo de contraste resultou em diferenças não significativas, nos dois locais (Tabela 3.1).

Este estudo vem mostrando, nos dois anos, que o nematóide de cisto está reduzindo a produtividade da soja nas áreas infestadas, mesmo quando em populações relativamente baixas, como ocorreu em Cruzália, em 2002/03. Na média dos dois anos, a diferença de rendimento foi de aproximadamente 400 kg/ha, em favor das cultivares resistentes. Portanto, em áreas infestadas com o NCS, a utilização de cultivares resistentes é necessária, para garantir produção econômica de soja.

**TABELA 3.1. Contrastes entre os rendimentos de grupos de genótipos de soja resistentes e suscetíveis ao NCS, em sete locais com diferentes populações do nematóide (cistos, ovos), e o correspondente nível de significância para o Teste de F. Safra 20002/2003. Embrapa Soja/COTRIEL/COTRIPAL. 2003.**

Local	CV* %	Cistos*	Ovos*	Susctet. (kg/ha)	Resist. (kg/ha)	Difer. (kg/ha)	Signif. F (%)
Áreas infestadas.....							
Sertaneja-PR <sup>1</sup>	8,1	3,4	563	3545	3724	178	6,7
Espumoso-RS <sup>2</sup>	12,7	6,4	968	2661	2815	154	Ns**
Cornélio-PR <sup>3</sup>	12,2	7,5	1184	2414	2786	373	1
Assis2-SP <sup>4</sup>	10,5	19,8	4062	2397	3073	676	1
Cruzália-SP <sup>5</sup>	12,9	4,4	624	1992	2587	595	1
Média		8,3	1480	2526	2972	395	
Área não infestada ou com baixíssima população .....							
Pejuçara-RS <sup>6</sup>	15,5	0,0	0,0	4042	3877	-165	Ns**
Tarumã-PR <sup>7</sup>	8,7	0,2	18,5	3617	3657	40	Ns**
Média		0,1	6,2	3566	3634	62,5	

<sup>1</sup> a <sup>7</sup>Datas de semeadura: <sup>1</sup>12/11/02; <sup>2</sup>06/12/02; <sup>3</sup>27/11/02; <sup>4</sup>16/11/02; <sup>5</sup>21/11/02; <sup>6</sup>27/11/02; <sup>7</sup>12/11/02. \*Cistos viáveis e ovos, em 100 cm<sup>3</sup> de solo. \*\*Não significativo.

### 3.2.2 Avaliação do efeito da rotação da soja com milho sobre a população do NCS, em Pejuçara, RS

Embora já haja resultados, em outras regiões, mostrando que a substituição da soja por milho, em sistema de rotação, reduz a população do NCS no solo, julgou-se importante avaliar esse efeito nessa região por ser mais fria e suscitar haver uma menor taxa de degradação do NCS. O experimento foi conduzido nas safras 2001/2002 e 2002/2003. Os tratamentos testados foram as rotações de verão, envolvendo soja (SJ) e milho (ML): 1) SJ-SJ-SJ-SJ; 2) ML-SJ-ML-SJ; 3) SJ-ML-SJ-ML; 4) ML-ML-SJ-SJ-S; 5) SJ-ML-ML-SJ; e 6) ML-ML-ML-SJ. Foram avaliadas as populações de cistos e de ovos no solo, na semeadura e na

colheita (em amostras compostas de 10 subamostras) e o rendimento das culturas. Ao iniciar o experimento, em 2001/02, a população inicial média de cistos viáveis variou de 13,8 a 24,8 entre os tratamentos e a população de ovos de 390 a 1270. Ambas as variáveis foram consideradas estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5%. Nestas condições, a produtividade da soja foi de 2845 a 2950 kg/ha, considerada muito boa para o ano. Na colheita, verificou-se, nas parcelas com soja, uma população média de cistos praticamente igual à inicial, e uma redução média de 92% nas parcelas com milho, demonstrado assim, uma ótima capacidade de degradação do NCS, naquelas condições, com apenas um ano de ausência de plantas hospedeiras (Tabela 3.2).

Em 2002/03 (Tabela 3.3), as populações iniciais de ovos e cistos de alguns tratamentos estavam maior que a população final observada no ano anterior (Tabela 3.2), o que caracteriza uma alteração não esperada, pois na entre safra não havia plantas hospedeiras desse nematóide na área. As razões dessas distorções nos resultados podem estar relacionadas com o transporte de solo com cistos do NCS pelas patas do gado que esteve pastoreando a área durante o inverno, em grande número, nas proximidades da área do experimento, contaminando as parcelas e alterando os resultados, em relação ao esperado. Embora com menos intensidade que no ano anterior, as populações de cistos e ovos foram reduzidas pelo efeito da rotação com milho.

### **3.2.3 Rotação de soja com milho e mucuna, utilizando cultivares de soja e de milho suscetíveis ou resistentes a *Meloidogyne incognita*, em Altônia, PR**

O experimento foi instalado em 1º de novembro de 2002, em área infestada com *Meloidogyne incognita*. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos incluíram mucuna, soja resistente (CD 201), soja suscetível (BRS 133), milho suscetível (BR 201) e milho resistente (30F80). No primeiro ano, cada tratamento teve duas parcelas por bloco. No segundo ano, uma dessas parcelas foi cultivada com soja suscetível (BRS 133) e a outra com soja resistente (CD 201). Assim, os tratamentos foram arranjados em um

**TABELA 3.2.** Rendimento de grãos, número de cistos iniciais (CVI) e finais (CVF) e número de ovos iniciais (OVOS I) e finais (OVOSF), em cinco esquemas de rotação de culturas, em Pejuçara, RS, na safra 2001/2002. Embrapa Soja/COTRIPAL. 2002.

Rotação <sup>1</sup>	Rend. <sup>2</sup> (kg/ha)	Nº de cistos e de ovos <sup>3</sup>			
		CV I <sup>4</sup>	Ovos I <sup>4</sup>	CV F <sup>4</sup>	Ovos F <sup>4</sup>
<b>SOJA-SJ-SJ-SJ</b>	2950	24,8 NS	1270 NS	26,3 a	4077 a
<b>MILHO-SJ-ML-SJ</b>	6217	16,2	390	1,3 b	200 abc
<b>SOJA-ML-SJ-ML</b>	2845	13,8	445	11,8 a	2733 ab
<b>MILHO-ML-SJ-SJ</b>	5631	17,5	985	1,5 b	187 bc
<b>MILHO-ML-ML-SJ</b>	6318	17,5	830	1,2 b	140 c
CV %		9, 2	7,1	35,9	22,2

<sup>1</sup> Os resultados referem-se às culturas cujos nomes estão em negrito, primeiro ano das rotações.

<sup>2</sup> Dados não analisados estatisticamente.

<sup>3</sup> Médias seguidas de mesma não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. NS= não significativo pelo mesmo teste.

<sup>4</sup> Nº de cistos e de ovos em 100 cm<sup>3</sup> de solo. Para análise de variância os dados foram transformados para log (X+1). As médias apresentadas são as originais, sem transformação.

**TABELA 3.3. Rendimento de grãos, altura da planta de soja e população de cistos viáveis (CV) e de ovos do nematóide de cisto, na semeadura (I) e na colheita (F), em Pejuçara, RS. Safra 2002/03. Embrapa Soja/COTRIPAL. 2003<sup>1</sup>.**

Tratamentos <sup>2</sup>	Rend (kg/ha)	Altura (cm)	CV I <sup>3</sup>	OVOS I <sup>3</sup>	CV F <sup>3</sup>	OVOS F <sup>3</sup>
SOJA-SJ-SJ-SJ	3157,0	77,9	6,0	1453,3	11,8	953,3
MILHO-SJ-ML-SJ	3041,4	84,2	4,7	766,7	7,8	646,7
SOJA-ML-SJ-ML	6126,6		5,3	613,3	8,7	383,3
MILHO-ML-SJ-SJ	5816,1		8,0	1246,7	5,5	393,3
MILHO-ML-ML-SJ	5942,8		8,3	1013,3	4,7	323,3

<sup>1</sup> Dados não analisados estatisticamente.

<sup>2</sup> Os resultados referem-se ao ano agrícola 2002/2003, culturas em negrito.

<sup>3</sup> População em 100 cm<sup>3</sup> de solo.

fatorial 5 x 2 (5 tratamentos no 1º ano combinados com duas cultivares de soja no 2º ano).

Os resultados de 2002/03 são mostrados na Tabela 3.4. Apenas a mucuna e a soja resistente reduziram a população do nematóide. Esperava-se que a cultivar de soja suscetível, BRS 133, viesse contribuir para aumentar a população do nematóide no solo, no entanto, surpreendentemente, reduziu-a tanto quanto a cultivar resistente. Da mesma forma, esperava-se que o híbrido de milho resistente contribuísse para reduzir a população do nematóide, o que não ocorreu.

**TABELA 3.4. Número de galhas e rendimento da mucuna (massa seca), da soja e do milho, em 2002/2003, em Altônia, PR. Embrapa Soja. 2004.**

Tratamento	Nº de galhas em tomateiro cultivado em solo das parcelas		Rendimento (kg/ha)
	Na sementeira da soja	Na colheita da soja	
Mucuna	25,2	0,4	8760
Milho resistente <sup>1</sup>	33,9	26,9	8923
Milho suscetível <sup>2</sup>	31,0	31,9	7690
Soja resistente <sup>3</sup>	25,2	2,1	4447
Soja suscetível <sup>4</sup>	19,9	1,6	4378

<sup>1</sup> Milho resistente = Pionner 30F80;

<sup>2</sup> Milho suscetível = NK Flash;

<sup>3</sup> Soja resistente (Sr) = CD 201;

<sup>4</sup> Soja suscetível (Ss)=BRS 133.

### 3.3 Identificação e controle de nematóides formadores de galhas em soja (06.04.02.333.03)

Waldir Pereira Dias; João Flávio V. Silva; Antônio Garcia;  
Geraldo Estevam S. Carneiro

Os nematóides formadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) constituem-se num dos principais problemas para a cultura da soja no Brasil. Em algumas regiões, a ocorrência desses organismos é generalizada, com prejuízos crescentes a cada safra. Para o controle dos mesmos, podem ser utilizadas, de modo integrado, várias estratégias. Entretanto, as medidas de controle mais eficientes, de melhor aceitação pelos agricultores e ambientalmente mais adequadas são a rotação/sucessão com culturas não/más hospedeiras e a utilização de cultivares de soja resistentes. Apesar de várias espécies de *Meloidogyne* já terem sido detec-

tadas em soja, no Brasil as espécies mais importantes para a cultura são *M. javanica* e *M. incognita*.

Este Subprojeto tem os objetivos de identificar as espécies de nematóides do gênero *Meloidogyne* que ocorrem em lavouras de soja no Brasil, identificar fontes de resistência, selecionar linhagens de soja resistentes e avaliar a reação de cultivares/híbridos de espécies vegetais como o milho, sorgo, girassol, feijão, entre outras, para composição de sistemas agrícolas supressivos a *M. javanica* e *M. incognita*.

O levantamento se restringe às amostras (solo e raízes) recebidas no laboratório de Nematologia da Embrapa Soja. As identificações das espécies de *Meloidogyne* são realizadas, observando-se a região perineal das fêmeas do nematóide extraídas de raízes de soja com galhas. Para a identificação de fontes de resistência e seleção de linhagens de soja resistentes, os genótipos são semeados em covas (4 a 6 sementes por cova), em áreas infestadas de produtores e na Embrapa Soja. Quando as plantas atingem o estágio R6, são arrancadas e, de acordo com a intensidade de galhas no sistema radicular, recebem notas (0 a 5), zero significa ausência de galhas e cinco a intensidade máxima. As avaliações da reação de espécies vegetais (milho, algodão, sorgo, arroz, entre outras) para a composição de sistemas agrícolas supressivos são realizadas em casa-de vegetação, mediante inoculação de 5.000 ovos de *M. incognita* ou *M. javanica*.

As atividades desenvolvidas neste subprojeto já contribuíram para a liberação no País de várias cultivares de soja resistentes a *M. incognita* e/ou *M. javanica*, como BRS 230, BRS 232, BRS 233, BRS 239, BRS 213, BRS Pétala, BRSGO 204, BRSGO Luziânia, BRSGO Paraíso, BRS Ipameri, BRS Marina, BRSMG 68, BRSMG Garantia, BRSMG Liderança, dentre outras. Híbridos de milho resistentes também já foram indicados.

A seleção assistida com a utilização de marcadores moleculares microssatélites foi testada e mostrou-se eficiente em separar genótipos de soja resistentes a *M. javanica*. Essa técnica pode contribuir para acelerar obtenção de cultivares resistentes.

Os resultados obtidos durante o ano de 2003 são a seguir relatados, individualmente, para cada atividade prevista na elaboração do Subprojeto.

### 3.3.1 Levantamento da ocorrência de espécies de nematóides do gênero *Meloidogyne* associadas à cultura soja

O objetivo desta atividade é identificar as espécies de nematóides do gênero *Meloidogyne* que ocorrem em lavouras de soja no Brasil e determinar suas distribuições geográficas. Em 2003, foram avaliadas 19 amostras de raízes de soja encaminhadas à Embrapa Soja por produtores e técnicos. A identificação da espécie de *Meloidogyne* foi realizada observando-se o padrão da configuração perineal de fêmeas adultas do nematóide. Em 2003, *M. javanica* foi de ocorrência mais generalizada, semelhantemente ao ocorrido em anos anteriores.

### 3.3.2 Avaliação, em condição de campo, da reação de genótipos de soja aos nematóides *M. javanica* e *M. incognita*

Genótipos de soja foram avaliados em áreas infestadas com *M. javanica* (Londrina, PR e Florínea, SP) ou *M. incognita* (Florínea, SP). Cada material foi semeado em covas (4 a 6 sementes por cova), com espaçamento de 0,5m x 0,5m. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com oito repetições. Quando as plantas atingiram o estágio R6 (grãos completamente formados), foram arrancadas e atribuíram-se notas (0 a 5) de acordo com a intensidade de galhas no sistema radicular. Para a atribuição das notas, foi utilizada a escala elaborada por Taylor & Sasser (1978) e padronizada pelo International Meloidogyne Project: 0 = ausência de galhas; 1 = 1 a 2 galhas por sistema radicular; 2 = 3-10 galhas por sistema radicular; 3 = 11-30 galhas por sistema radicular; 4 = 31-100 galhas por sistema radicular; 5 = mais de 100 galhas por sistema radicular. Para *M. javanica*, de 207 genótipos testados, 20 foram resistentes (nota < 2,5) e 17 moderadamente resistentes (nota de 2,6 a 3,0). Com relação a *M. incognita*, foram testadas 400 linhagens. Dessas, 253 foram resistentes (nota < 1,1) e 16 moderadamente resistentes. Os resultados das avaliações foram encaminhados aos melhoristas responsáveis na Embrapa Soja e nas diferentes parcerias (CTPA, Embrapa Agropecuária Oeste, Fundações Bahia, Meridional, Centro-Oeste e Triângulo) para

servirem de suporte aos mesmos na tomada de decisão sobre quais materiais avançar.

### 3.3.3 Avaliação da hospedabilidade de espécies/cultivares de plantas usadas em rotação com a soja aos nematóides de galhas

O objetivo básico deste trabalho é oferecer ao produtor informações para subsidiá-lo na tomada de decisão sobre a escolha de espécies/cultivares de plantas para composição de sistemas agrícolas supressivos aos nematóide de galhas. Atualmente, a cultura mais utilizada para rotacionar com a soja, no País, é o milho. Maior esforço de pesquisa tem sido direcionado para essa cultura, mas outras espécies vegetais também vêm sendo testadas. Os genótipos avaliados são semeados em vasos plásticos (2 litros) contendo substrato (3 partes de areia: 1 de solo) esterilizado com brometo de metila. Em cada vaso, são colocadas cinco sementes e, sete dias após a emergência, realiza-se o desbaste deixando-se apenas uma plântula, e a inoculação com 5000 ovos de *M. javanica* ou *M. incognita*. O delineamento experimental adotado é o inteiramente casualizado, com oito repetições. A avaliação ocorre aos 60 dias após a inoculação, quando as raízes das plantas são coletadas e processadas, para a extração dos ovos do nematóide. A partir desses dados, em cada espécie/cultivar testada é calculado o fator de reprodução (FR) do nematóide. O FR mede o incremento da população do nematóide no período estudado (60 dias) e é obtido pela razão entre a população final (número de ovos coletados após 60 dias) e a população inicial (5.000). Quando o FR é maior que 1, a população do nematóide aumenta com o cultivo da espécie/cultivar. Ao contrário, FR menor que 1 significa que a população do nematóide diminui.

Em 2003, genótipos comerciais de algodão (4), arroz (7), milho (21) e sorgo (6) foram testados com *M. incognita*, raça 3. Para todas as culturas, houve diferença entre os genótipos com relação à capacidade de multiplicar o nematóide. Três genótipos de algodão (CD 992227, CD 981178 e CD 991139), quatro de arroz (BRS Jaburu, BRS Primavera, BRS Soberaba e BRS Talento), 13 de milho (CD XD60, GNZ 2728, DAS 8550, DAS 657, DAS 8330, DAS 8420, DAS 2C577, NB 7260,

NB 8240, NB 7390, NB 7360, NB 6210 e Valent) e um de sorgo (BRS 800) comportaram-se como resistentes ( $FR < 1,0$ ). Tais híbridos/cultivares resistentes devem ser os preferidos para utilização em rotação/sucessão com a soja. Ainda em 2003, em apoio ao programa de melhoramento de milho da Embrapa Milho e Sorgo, 36 materiais crioulos de milho foram inoculados com a raça 3 de *M. incognita*. Desses, 12 (RN 012, BA 115, BA 085, T.Z. Mexicana, AC 027, AC 005, Tripsacum, MT 038, PR 060, PR 039, SP 082 e T.Z. Diploperenes) foram resistentes e são, portanto, adequados para uso como parentais em cruzamentos visando a obtenção de híbridos de milho resistentes.

#### 3.3.4 Seleção de linhagens de soja resistentes a *Meloidogyne javanica* com o auxílio de marcadores moleculares microsatélites

Foram estudadas plantas de soja resistentes e suscetíveis oriundas dos cruzamentos PI 595099 x 'BRS 133' e PI 595099 x 'CD 201'. Inicialmente, para identificar polimorfismos, os *primers* SOYHSP 176, *Satt* 114, *Satt* 423, *Satt* 571, *Sat*-128 e *Sat*-132 foram amplificados com os DNAs dos parentais. Dos *primers* polimórficos utilizados para amplificar as populações, apenas os SOYHSP 176 e *Satt* 114 foram significativos. A eficiência da seleção de plantas resistentes com os *primers* SOYHSP176 e *Satt*114 foram, respectivamente, de 96,6% e 96,2%. Em poucos casos, os resultados foram contrastantes, ou seja, a banda do indivíduo resistente apareceu em um genótipo considerado suscetível pelos dados fenotípicos (avaliação em casa-de-vegetação e a campo), e vice-versa. Quando as duas marcas foram analisadas em conjunto, a eficiência de seleção chegou a 100%.





---

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Centro Nacional de Pesquisa de Soja**  
Rod. Carlos João Strass - Distrito de Warta  
Fone: (43) 3371-6000 Fax: (43) 3371-6100  
Caixa Postal 231 - CEP 86001-970 Londrina PR  
Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>  
E-mail: [sac@cnpso.embrapa.br](mailto:sac@cnpso.embrapa.br)

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

**Governo  
Federal**