

## Notas Científicas

### Reação de genótipos de soja à infecção natural por ferrugem asiática

Maria Fernanda Antunes da Cruz<sup>(1)</sup>, Giselle Anselmo de Souza<sup>(2)</sup>, Fabrício Ávila Rodrigues<sup>(3)</sup>, Carlos Sigueyuki Sedyama<sup>(2)</sup> e Everaldo Gonçalves de Barros<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Biologia Geral, Avenida P.H. Rolfs, s/nº, CEP 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: fertunes@bol.com.br, ebarros@ufv.br <sup>(2)</sup>UFV, Departamento de Fitotecnia. E-mail: gansouza@gmail.com, cssedyama@ufv.br <sup>(3)</sup>UFV, Departamento de Fitopatologia. E-mail: fabricio@ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em genótipos de soja destinados à produção de silagem, sob condições naturais de infecção. Avaliou-se a severidade da ferrugem ao longo do tempo e a capacidade combinatória de cinco cultivares e 20 progênies F<sub>3</sub> de soja. A maior área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) foi de 2.116, para as progênies originadas do cruzamento entre as cultivares UFVS 2003 x UFV16, e a menor de 1.307, para UFV16 x Tucunaré. Houve efeito significativo das capacidades geral e específica de combinação, para a AACPF entre os genitores e as progênies, bem como para os cruzamentos recíprocos. Esses resultados indicam que a resistência à ferrugem asiática da soja pode ser influenciada por componentes maternos.

Termos para indexação: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, cruzamentos recíprocos, dialelo, melhoramento vegetal, resistência.

#### Reaction of soybean cultivars to natural infection by Asian rust

Abstract – The objective of this work was to evaluate the progress of Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on Brazilian soybean genotypes destined for silage production, under natural conditions of infection. Rust severity over time and combining ability of five cultivars and 20 F<sub>3</sub> soybean progenies were evaluated. The largest area under rust progress curve (AURPC) was 2,116 for progenies from the cross between cultivars UFVS 2003 x UFV16, and the smallest was 1,307 for UFV16 x Tucunaré. The effects of the general and specific combining abilities for AURPC were significant between the parents and progenies, as well as for the reciprocal crosses. These results indicate that resistance to Asian soybean rust can be influenced by maternal components.

Index terms: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, reciprocal crosses, diallel, plant breeding, resistance.

No Brasil, a ocorrência da ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., foi registrada pela primeira vez na safra de 2001/2002 (Reis et al., 2006). Devido à alta capacidade do fungo em superar os genes de resistência das cultivares comerciais de soja, foram observadas perdas de até 80% da produção, nas principais regiões produtoras brasileiras (A soja, 2010).

Até o momento, não existem cultivares com resistência ampla a *P. pachyrhizi*; assim, aplicações preventivas de fungicidas têm sido a estratégia de controle empregada pelos sojicultores. Com isso, programas brasileiros de melhoramento de soja buscam obter genótipos com maior resistência ou tolerância à ferrugem. Diferentes cruzamentos têm sido realizados,

por meio de combinações entre cultivares comerciais e genótipos introduzidos, ou mesmo entre cultivares comerciais com diferentes formas de resistência (qualitativa ou quantitativa) (Arias et al., 2010).

Os cruzamentos dialélicos têm sido largamente utilizados por melhoristas para obter informações a respeito do comportamento de um grupo de progenitores de per si e em suas combinações híbridas (Cruz & Vencovsky, 1989). A análise dialélica permite estimar parâmetros genéticos úteis na seleção de progenitores para a hibridação, além de permitir o entendimento da natureza e da magnitude dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Entre as estimativas que podem ser obtidas pelas análises dialélicas, a capacidade de combinação é

extremamente útil para os procedimentos de teste em que se deseja estudar e comparar o desempenho entre linhagens utilizadas em combinações híbridas (Griffing, 1956).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o progresso da ferrugem asiática causada pela infecção natural por *P. pachyrhizi*, em cultivares e progênies F<sub>3</sub> de soja, do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Viçosa, destinados à produção de silagem.

O experimento foi realizado no campo experimental Professor Diogo Alves de Mello, da Universidade Federal de Viçosa, MG, de dezembro de 2009 a abril de 2010. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 25 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco cultivares comerciais de soja e 20 progênies F<sub>3</sub>, provenientes do cruzamento dialélico completo entre as cultivares (Tabela 1). Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de 3 m, com espaçamento de 0,50 m, e densidade de semeadura de 15 sementes por metro.

Para a avaliação da severidade da ferrugem asiática, foram coletados, ao acaso, 30 folíolos de cada repetição dos tratamentos, a cada três dias. Foram avaliados 600 folíolos por tratamento, tendo-se utilizado a escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006), no total de cinco avaliações. As plantas avaliadas encontravam-se entre os estádios de desenvolvimento R6 e R7 (Fehr & Caviness, 1977). Os dados obtidos foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF), de acordo com a fórmula proposta por Shaner & Finney (1977). Procedeu-se à análise da variância (ANOVA), e as médias foram agrupadas pelo método Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com uso do programa Genes (Cruz, 2006b).

Para avaliar o efeito da capacidade combinatória dos genitores e da progênie F<sub>3</sub>, realizou-se a análise dialélica de acordo com o método 1, proposto por Griffing (1956), tendo-se considerado o modelo fixo – em que os genitores são deliberadamente escolhidos e não podem ser considerados como uma amostra ao acaso da população. O método 1 de Griffing (1956) envolve, além dos n progenitores, os n(n-1)/2 híbridos e seus recíprocos, e a análise de variância foi realizada segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \varepsilon_{ij},$$

em que:  $\mu$ , é o efeito da média geral;  $g_i$  e  $g_j$ , são efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), associados aos progenitores i e j;  $s_{ij}$ , é o efeito da capacidade

específica de combinação (CEC) entre os progenitores i e j; e  $r_{ij}$ , é o efeito recíproco manifestado no cruzamento ij;  $\varepsilon_{ij}$ , é o erro experimental médio.

A análise da capacidade combinatória foi realizada pelo programa Genes (Cruz, 2006a).

Houve efeito significativo dos tratamentos para a AACPF. A análise de agrupamento de médias discriminou 25 grupos (Tabela 1). Entre os genitores, foi verificada resposta diferencial entre as cultivares Tucunaré e Sambaíba, que apresentaram a maior e a menor AACPF, respectivamente. Esse resultado confronta com os obtidos por Azevedo et al. (2007), em que as cultivares Luziânia, Sambaíba e Tucunaré apresentaram o mesmo nível de resistência à ferrugem asiática. Entre as progênies F<sub>3</sub>, os menores valores obtidos para a AACPF foram para as originadas do

**Tabela 1.** Valores médios da área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPF) e estimativas da capacidade específica de combinação de cinco genitores e 20 progênies F<sub>3</sub> de soja<sup>(1)</sup>.

Genitor	AACPF	Estimativa $\hat{S}_{ii}$ ou $\hat{S}_{ij}$
Sambaíba	1.812,35r	-72,05
Luziânia	1.965,83h	155,68
Tucunaré	2.007,22f	187,76
UFV 16	1.868,58n	-26,14
UFVS 2003	1.931,57k	117,56
Combinações Híbridas (♂x♀)		
Sambaíba x Luziânia	1.898,58m	84,00**
Sambaíba x Tucunaré	1.790,05s	95,53**
Sambaíba x Ufv 16	2.010,14e	-11,95**
Sambaíba x UFVS 2003	1.684,13u	-95,53**
Luziânia x Tucunaré	1.985,23g	-36,78**
Luziânia x Ufv 16	1.912,33l	35,86**
Luziânia x UFVS 2003	1.819,60q	-238,76**
Tucunaré x Ufv 16	1.946,27j	-230,50**
Tucunaré x UFVS 2003	2.069,44c	-16,01**
Ufv 16 x UFVS 2003	2.058,09d	232,73**
Recíprocos (♀x♂)		
Luziânia x Sambaíba	1.963,97i	-32,70**
Tucunaré x Sambaíba	2.104,87b	-157,41**
Ufv 16 x Sambaíba	1.745,09t	132,53**
UFVS 2003 x Sambaíba	1.823,23p	-69,55**
Tucunaré x Luziânia	1.570,83v	207,20**
Ufv 16 x Luziânia	1.864,26o	24,04**
UFVS 2003 x Luziânia	1.327,05x	246,28**
Ufv 16 x Tucunaré	1.306,92y	319,68**
UFVS 2003 x Tucunaré	1.532,02w	268,71**
UFVS 2003 x Ufv 16	2.116,11a	-29,01**

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo método de agrupamento Scott-Knott, a 5% de probabilidade. \*\*Significativo a 1% de probabilidade.

cruzamento entre UFV 16 x Tucunará e UFVS2003 x Luziânia (Tabela 2), respectivamente.

Na análise dialélica, foi observado efeito significativo das capacidades geral e específica de combinação e dos cruzamentos recíprocos (Tabela 3). Os genitores UFV 16 e Sambaíba foram os que apresentaram as maiores estimativas  $\hat{g}_i$  (Tabela 2). Parentais com estimativas  $\hat{g}_i$  altas e positivas são os que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter, enquanto aqueles com valores altos e negativos contribuem com a redução da expressão (Cruz & Vencovsky, 1989). Assim, entre os genitores avaliados, UFV 16 e Sambaíba são os mais favoráveis para uso em programas de melhoramento com vistas à obtenção de linhagens mais resistentes à ferrugem asiática da soja.

As progênies  $F_3$  originadas do cruzamento entre as cultivares Luziânia x UFVS 2003 e Tucunará x UFV 16 foram as que apresentaram a menor capacidade específica de combinação, e possibilitaram, respectivamente, a redução de 238,76 e 230,50 na AACPF (Tabela 1). Por outro lado, as progênies originadas do cruzamento recíproco, isto é UFVS 2003 x Luziânia e UFV 16 x Tucunará, apresentaram as maiores estimativas  $\hat{S}_{ij}$ .

**Tabela 2.** Estimativa da capacidade geral de combinação de cinco genitores de soja, quanto à área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática.

Genitor	Estimativa $\hat{g}_i$
Sambaíba	19,93**
Luziânia	-17,20**
Tucunará	-12,54**
UFV 16	25,09**
UFVS 2003	-15,27**

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

**Tabela 3.** Análise de variância para a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) da área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio
Tratamento	24	4.547.552,94	189.481,37**
CGC	4	68.507,11	17.126,78**
CEC	10	1.857.873,06	185.787,306**
Recíproco	10	2.621.172,77	262.117,277**
Resíduo	72		
Média geral		1.844,55	

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os genes de resistência à ferrugem são de efeito aditivo e estão dispersos entre os genótipos de soja, o que confirma a existência de resistência quantitativa (Ribeiro et al., 2007), conforme observado no presente trabalho. Ribeiro et al. (2009), ao avaliar cruzamentos dialélicos não recíprocos para resistência à ferrugem, evidenciaram o predomínio de variância aditiva no controle genético da resistência à doença. Porém, até o presente momento nenhuma importância foi atribuída à realização de cruzamentos recíprocos para obtenção de cultivares resistentes ou tolerantes à ferrugem.

A significância observada para a capacidade específica de combinação entre os cruzamentos e seus recíprocos e as estimativas  $\hat{S}_{ij}$  obtidas neste trabalho (Tabelas 1 e 3) indicam a possível existência de herança citoplasmática ou de efeito materno para a resistência à ferrugem asiática da soja.

Portanto, deve-se destacar a importância da escolha de genitores em experimentos que visam o desenvolvimento de cultivares resistentes à ferrugem asiática, e também à relevância de cruzamentos recíprocos para esse fim. Dados da literatura fazem referência apenas a cruzamentos dialélicos sem a existência de recíprocos. No entanto, os resultados deste trabalho revelam a importância de levar-se em consideração o efeito complementar entre cultivares suscetíveis e a contribuição do genitor feminino nesses cruzamentos, tanto em relação à influência do efeito materno quanto da existência da herança extracromossômica.

Vários trabalhos relatam os diferentes tipos de herança genética que determinam características agrônomicas importantes na soja. O conteúdo de ácidos graxos oleico e linoleico, por exemplo, são herdados pelo citoplasma (Hailong et al., 2007), enquanto que a espessura das camadas da testa e o conteúdo dos ácidos graxos palmítico e esteárico da semente são atribuídos ao efeito materno (Hailong et al., 2007; Menezes et al., 2009). Porém, quando se trata da importância do genitor feminino na herança da resistência a doenças, pouco se sabe (Hooker, 1974), em especial quanto à resistência à ferrugem asiática, cuja herança ainda não é bem conhecida.

Os dados aqui apresentados indicam que o uso de cultivares como genitores femininos ou masculinos em cruzamentos ocasiona variação no progresso da ferrugem asiática entre as progênies  $F_3$  do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Viçosa, destinadas à produção de silagem.

## Referências

- A SOJA. Londrina: Embrapa Soja, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=22&cod\\_pai=16](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16)>. Acesso: 10 out. 2010.
- ARIAS, C.A.A.; RACHID, B.F.; MOREIRA, J.U.V.; SOARES, R.M.; OLIVEIRA, M.F.; KASTER, M.; CARNEIRO, G.E.S.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; PEREIRA, M.J.Z.; MELO FILHO, O.L.; FARIAS NETO, A.L.; ABDELNOOR, R.V.; BROGIN, R.L.; FRONZA, V.; BERTAGNOLLI, P. Desenvolvimento de cultivares de soja resistentes à Ferrugem Asiática. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 31., 2010, Brasília. **Ata**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p.71-79. (Embrapa Soja. Documentos, 324).
- AZEVEDO, L.A.S.; JULIATTI, F.C.; BARRETO, M. Resistência de genótipos de soja à *Phakopsora pachyrhizi*. **Summa Phytopathologica**, v.33, p.252-257, 2007.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: biometria. Viçosa: UFV, 2006a. 382p.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV, 2006b. 285p.
- CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438, 1989.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 11p. (Special report, 80).
- GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p.63-68, 2006.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal Biological Science**, v.9, p.463-493, 1956.
- HAILONG, N.; WENXIA, L.; WENBINET, L. Analysis of embryo, cytoplasm and maternal effects on fatty acid components in soybean (*Glycine max* Merrill.). **Frontiers of Agriculture in China**, v.1, p.276-280, 2007.
- HOOKE, A.L. Cytoplasmic susceptibility in plant disease. **Annual Review Phytopathology**, v.12, p.167-179, 1974.
- MENEZES, M.; VON PINHO, E.V.R.; JOSÉ, S.C.B.R.; BALDONI, A.; MENDES, F.F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1716- 1723, 2009.
- REIS, E.M.; BRESOLIN, A.C.R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I**: ferrugem asiática. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. 48p.
- RIBEIRO, A.S.; MOREIRA, J.U.V.; PIEROZZI, P.H.B.; RACHID, B.F.; TOLEDO, J.F.F.; ARIAS, C.A.A.; SOARES, R.M.; GODOY, C.V. Genetic control of Asian rust in soybean. **Euphytica**, n.157, p.15-25, 2007.
- RIBEIRO, A.S.; TOLEDO, J.F.F.; RAMALHO, M.A. Interference of genotypes x environments interaction in the genetic control of resistance to asian rust soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1160-1167, 2009.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Know wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051-1056, 1977.

---

Recebido em 19 de outubro de 2010 e aprovado em 24 de janeiro de 2011