

## Notas Científicas

### Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja

Juliana Araújo Santos<sup>(1)</sup>, Fernando César Juliatti<sup>(1)</sup>, Verônica Araújo Santos<sup>(1)</sup>, Analy Castilho Polizel<sup>(1)</sup>, Fernanda Cristina Juliatti<sup>(1)</sup> e Osvaldo Toshiuki Hamawaki<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Núcleo de Fitopatologia, Av. Amazonas s/nº, Campus Umuarama, Bloco 2E, CEP 38400-920 Uberlândia, MG. E-mail: juaraujosantos@yahoo.com.br, juliatti@ufu.br, veve1985@yahoo.com.br, analy.polizel@bol.com.br, hamawaki@umuarama.ufu.br

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência parcial de genótipos de soja ao fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Calcularam-se o número médio de pústulas, a severidade e a área abaixo da curva de progresso da doença. Foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos quanto ao número médio de pústulas e severidade, aos 12 dias após a inoculação. A análise de agrupamento permitiu a discriminação de genótipos parcialmente resistentes. Os genótipos G4, G41 e G42, referentes aos parentais Cristalina e IAC 100, foram detectados como os de maior resistência parcial à ferrugem da soja.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, análise multivariada, dendrograma, severidade.

### Epidemiological characters and the use of cluster analysis for characterizing partial resistance to soybean rust

**Abstract** – The objective of this work was to evaluate the partial resistance of soybean genotypes against *Phakopsora pachyrhizi*. Resistance characteristics were: average number of pustules, rust severity and the area under the disease progress curve. Significant differences were found among the genotypes for the average number of pustules and rust severity. Multivariate analysis allowed the discrimination of partially resistant genotypes. Three genotypes (G4, G41, and G42), referring to parents Cristalina and IAC 100, presented greater partial resistance to soybean rust.

**Index terms:** *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, multivariate analysis, dendrogram, rust severity.

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd., constitui-se em um dos principais problemas fitossanitários da cultura (Juliatti et al., 2003). O controle da doença tem exigido combinação de práticas culturais, a fim de que sejam minimizados os danos e as perdas. Entre os métodos de controle, o único disponível, no momento, é o químico, por meio de fungicidas. Estratégias de controle, como a utilização de cultivares com resistência parcial ao fungo, são desejáveis para o manejo eficiente da cultura.

A resistência pode ser definida como a habilidade do hospedeiro em impedir o crescimento e o desenvolvimento do patógeno (Parlevliet, 1997). A resistência parcial tem como característica a redução da taxa da epidemia, pela diminuição do número e tamanho das lesões, pela diminuição da produção de uredinosporos, e pelo aumento do

período latente. Isso faz com que a população do patógeno seja reduzida, e que seja diminuída a quantidade de inóculo e, conseqüentemente, a intensidade da doença (Wang & Hartman, 1992). Este tipo de resistência torna-se visível após a resistência não durável ou monogênica ter sido superada por uma nova raça do patógeno (Parlevliet, 1997). Segundo Parlevliet (1983), a seleção para resistência parcial na presença de genes maiores pode ser indesejável, uma vez que o efeito dos genes maiores pode suprimir o efeito dos genes menores sob determinadas condições experimentais. Uma das formas de se evitar que ocorram seleções errôneas é a utilização de uma raça com o espectro de virulência o mais amplo possível.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência parcial de genótipos de soja ao fungo *P. pachyrhizi*, em razão da necessidade de obtenção de cultivares com

maior resistência, para a redução do número de aplicações de fungicidas.

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação em Uberlândia, MG, no período de dezembro de 2004 a fevereiro de 2005. O cultivo foi realizado em bandejas com substrato Plantmax. Quando as plantas apresentavam o segundo trifólio expandido (estádio V2), pulverizaram-se as folhas com  $0,8 \cdot 10^5$  uredinosporos  $\text{mL}^{-1}$  do fungo *P. pachyrhizi*. Em seguida, as plantas permaneceram em casa de vegetação a  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ , com turnos de molhamento de 15 min, a cada 1 hora durante 12 horas por dia.

Foram avaliados 61 genótipos, provenientes do programa de melhoramento genético de soja, da Universidade Federal de Uberlândia; como testemunhas utilizaram-se as cultivares: Garantia, DM 339, Luziânia, DM 118, MG/BR 46 (Conquista), UFV 19 e M-Soy 6101. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 68 genótipos e nove repetições, cada uma composta por oito plantas, onde somente as duas plantas centrais foram avaliadas.

As avaliações foram realizadas no folíolo central do primeiro trifólio, aos 6, 12 e 18 dias após a inoculação (6 DAI, 12 DAI e 18 DAI). Quantificou-se o número de pústulas por centímetro quadrado e a severidade (porcentagem da área foliar coberta com sintomas), segundo Juliatti & Polizel (2004). A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada para as variáveis pústulas por centímetro quadrado e severidade. Todo o procedimento para a obtenção da AACPD foi realizado pelo programa AVACPD, da Universidade Federal de Viçosa. Foi feita a análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As variáveis pústulas por  $\text{cm}^2$  e AACPD para pústulas por  $\text{cm}^2$  foram transformadas em  $(x + 0,5)^{0,5}$ .

A análise multivariada de agrupamento foi realizada com o objetivo de agrupar os genótipos semelhantes em relação às variáveis pústulas por  $\text{cm}^2$  e severidade. Para a formação dos grupos, adotou-se a medida de dissimilaridade distância euclidiana, e para identificar a similaridade entre grupos, como estratégia de agrupamento, utilizou-se o método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average), que utiliza a distância média do grupo e expressa o resultado da ordenação das populações em dendrograma (Johnson & Wichern, 1998).

A média do número de pústulas por  $\text{cm}^2$  variou: de 3,3 a 9,1 aos 6 DAI; de 8,2 a 17,2 aos 12 DAI; e de 48,8 a 133,1 aos 18 DAI. Houve diferenças significativas entre as médias dos genótipos apenas aos 12 DAI (Tabela 1). A média da severidade da ferrugem asiática, na área foliar variou: de 4,8 a 12,3% de área foliar aos 6 DAI; de 13,6 a 23,9% aos 12 DAI; e, de 36,7 a 66,9% de área foliar infectada aos 18 DAI. Houve diferenças significativas entre as médias apenas na avaliação aos 12 DAI. Pelos dados obtidos, foi possível separar os 68 materiais em dois grupos distintos: um primeiro grupo de genótipos, com maior resistência parcial à ferrugem da soja, cuja severidade variou de 15,6 a 18,9%, e um segundo grupo, em que a severidade variou de 19,2 a 23,9%, cujos genótipos apresentaram maior suscetibilidade à ferrugem asiática. A média dos valores da AACPD, para número de pústulas por  $\text{cm}^2$ , variou de 242 a 565, sem diferença significativa entre as médias dos genótipos. Quanto à severidade da ferrugem asiática nos genótipos, a média dos valores da AACPD variou de 251 a 385.

O dendrograma relativo à análise de agrupamento das variáveis pústulas por  $\text{cm}^2$  e severidade aos 12 DAI está apresentado na Figura 1. Os 68 genótipos foram distribuídos em sete grupos, tendo-se considerado como ponto de corte a distância euclidiana de 50%. No grupo I, a média de pústulas por  $\text{cm}^2$  variou de 9,4 a 12,4, e a média da severidade variou de 13,6 a 15,9%. No grupo II, houve uma variação de 8,2 a 12,4, para pústulas por  $\text{cm}^2$ , e de 16,4 a 19,6% para a severidade. Os valores das médias dessas variáveis, nestes dois grupos, estão dentro da amplitude de variação dos melhores genótipos, tomando-se como referência a análise de variância dos genótipos, ou seja, estão distribuídos nos grupos I e II os materiais que apresentaram melhor desempenho quanto à resistência parcial à ferrugem da soja.

Nos grupos III a VII, a amplitude de variação das médias foi de 8,8 a 17,2, para pústulas por  $\text{cm}^2$ , e de 17,9 a 23,9% para a severidade. Nesses grupos estão os genótipos de desempenho abaixo da média para resistência à ferrugem da soja, porém, ocorre, dentro da amplitude de variação das médias destes grupos, a presença de materiais considerados parcialmente resistentes, tais como os genótipos: G17, G35, G42, G49 e G54 do cruzamento Cristalina x IAC 100; G18 e G31 do cruzamento FT 2000 x Emgopa 302; G58 do cruzamento FT-50.268-M x UFV-18; G22 do cruzamento IAC 100 x Emgopa 302; G32 do cruzamento IAC Foscarim x FT 2000; G64 do cruzamento (M-Soy 8411 x UFV-18)

**Tabela 1.** Número médio de pústulas por cm<sup>2</sup> (Pust.) de *Phakopsora pachyrhizi*, severidade em porcentagem de área foliar infectada (Sev.) e área abaixo da curva de progresso da doença da ferrugem asiática para pústulas (AACPDp) e severidade (AACPDs), em 68 genótipos de soja, em três épocas de avaliação, em casa de vegetação<sup>(1)</sup>.

N <sup>o</sup>	Genótipos	Pust. <sup>(2)</sup>	Pust. <sup>(3)</sup>	Pust. <sup>(4)</sup>	Sev. <sup>(2)</sup>	Sev. <sup>(3)</sup>	Sev. <sup>(4)</sup>	AACPDp	AACPDs
G19	BR 4 x FT 2000	4,3a	9,9a	48,8a	8,6a	18,9a	47,2a	242a	302a
G62	BR -8611864 x MG/BR-93.4916	5,1a	9,4a	98,3a	7,2a	18,4a	58,3a	405a	333b
G28	(BR -95015308xFT 50.268 -M) x (GOBR94 -09443 x Liderança)	4,4a	12,4b	79,5a	6,9a	18,7a	44,7a	367a	286a
G5	Confiança x Uirapuru	5,6a	10,8a	86,9a	5,5a	16,9a	41,7a	382a	261a
G11	Confiança x Uirapuru	5,6a	11,4a	100,6a	8,0a	19,2b	53,6a	429a	323b
G67	Confiança x Xingu	4,8a	9,5a	66,9a	9,0a	19,4b	36,7a	289a	267a
G8	Confiança x Xingu	7,5a	11,1a	63,1a	7,9a	18,3a	52,5a	319a	313b
G4	Cristalina x IAC 100	4,4a	11,0a	106,8a	6,6a	15,6a	46,5a	464a	273a
G17	Cristalina x IAC 100	5,2a	15,6b	57,7a	7,9a	17,9a	49,6a	328a	301a
G35	Cristalina x IAC 100	5,5a	13,7b	65,9a	7,4a	17,3a	43,3a	347a	274a
G36	Cristalina x IAC 100	5,1a	10,2a	91,6a	7,0a	18,1a	49,4a	394a	299a
G37	Cristalina x IAC 100	6,0a	9,4a	112,2a	7,9a	19,3b	53,6a	465a	323b
G39	Cristalina x IAC 100	4,4a	9,6a	67,5a	7,1a	16,9a	37,5a	301a	254a
G40	Cristalina x IAC 100	3,8a	9,1a	90,2a	6,3a	17,8a	42,5a	368a	271a
G41	Cristalina x IAC 100	5,5a	8,2a	79,7a	5,1a	17,2a	50,6a	347a	293a
G42	Cristalina x IAC 100	4,7a	9,0a	100,9a	6,1a	16,6a	38,9a	416a	251a
G43	Cristalina x IAC 100	4,5a	8,8a	81,7a	5,9a	17,0a	45,3a	352a	275a
G44	Cristalina x IAC 100	7,7a	9,0a	77,1a	6,3a	18,6a	46,7a	340a	290a
G45	Cristalina x IAC 100	5,6a	13,0b	82,2a	8,6a	18,1a	46,9a	396a	294a
G49	Cristalina x IAC 100	5,7a	11,3a	119,8a	7,9a	21,3b	58,9a	505a	354b
G54	Cristalina x IAC 100	6,4a	16,6b	105,0a	8,7a	21,6b	58,1a	500a	354b
G55	Cristalina x IAC 100	4,9a	13,3b	86,8a	7,6a	19,9b	50,6a	400a	315b
G47	DM 101 x Liderança	7,1a	14,3b	71,6a	11,4a	19,4b	45,0a	350a	303a
G51	DM 339	6,1a	12,4b	97,2a	10,0a	23,0b	58,6a	433a	368b
G27	DM 118	4,8a	10,6a	79,8a	6,6a	17,1a	50,3a	354a	270a
G65	Emgopa 315 x DM 97-101	5,1a	10,4a	82,6a	8,6a	17,8a	55,3a	357a	322b
G16	FT 2000 x Emgopa 302	4,8a	10,4a	90,3a	6,9a	17,3a	49,7a	369a	272a
G18	FT 2000 x Emgopa 302	4,4a	8,7a	102,1a	6,6a	23,4b	55,3a	438a	351b
G26	FT 2000 x Emgopa 302	9,1a	10,2a	100,1a	9,7a	18,3a	57,2a	420a	335b
G31	FT 2000 x Emgopa 302	6,6a	10,4a	84,8a	8,2a	20,8b	55,6a	379a	340b
G33	FT 2000 x Emgopa 302	5,3a	10,3a	92,0a	8,8a	18,4a	53,1a	404a	319b
G9	(FT 2000 x FT-Comet a) x Conquista	4,4a	9,4a	108,1a	7,4a	17,2a	57,2a	443a	322b
G66	(FT 2000 x IAS-5) x Garimpo	4,4a	13,0b	52,2a	10,4a	20,0b	42,8a	262a	296a
G57	(FT -2000 x IAS-5) x UFV-17	7,7a	11,9b	101,0a	10,9a	20,3b	54,2a	442a	339b
G2	(FT -45302 x Liderança) x (FTH -2988 x Conquista)	3,3a	8,9a	72,8a	4,8a	13,6a	51,6a	316a	274a
G56	FT- 50.268-M x UFV-18	7,5a	11,7b	98,8a	8,2a	19,2b	47,5a	437a	302a
G58	FT- 50.268-M x UFV-18	8,2a	17,2b	126,3a	10,3a	21,9b	56,9a	565a	356b
G20	FT Cometa x FT 2000	5,0a	9,9a	60,5a	8,7a	15,9a	39,7a	280a	256a
G50	Garantia	6,3a	13,2b	78,2a	7,2a	21,6b	66,9a	368a	382b
G38	Garimpo x Savana	4,2a	11,4a	49,1a	6,9a	16,7a	55,8a	262a	313b
G12	Hartwig x Cristalina	3,6a	11,4a	96,8a	7,2a	17,8a	48,9a	415a	296a
G15	IAC 100 x Emgopa 302	6,0a	12,4b	83,1a	7,0a	16,9a	60,6a	380a	273a
G21	IAC 100 x Emgopa 302	7,1a	11,6b	78,1a	9,3a	17,9a	57,8a	350a	333b
G22	IAC 100 x Emgopa 302	4,2a	10,9a	81,0a	8,3a	20,7b	51,9a	356a	327b
G29	IAC 100 x Emgopa 302	7,4a	11,3a	92,3a	8,5a	18,2a	42,2a	426a	278a
G30	IAC 100 x Emgopa 302	6,7a	10,1a	96,1a	9,7a	17,6a	51,7a	413a	310b
G34	IAC 100 x Emgopa 302	5,1a	9,9a	98,1a	7,2a	18,4a	48,3a	421a	298a
G63	IAC 17 x Tucano	4,2a	9,9a	78,8a	7,8a	17,8a	56,7a	348a	324b
G14	IAC 8.2 x Conquista	4,1a	12,2b	71,7a	8,1a	14,9a	53,7a	332a	297a
G32	IAC Foscarim x FT 2000	5,7a	10,2a	61,9a	7,0a	20,1b	55,8a	296a	334b
G46	Luziânia	5,5a	13,1b	124,8a	7,2a	22,4b	50,8a	521a	331b
G25	MG/BR 46 (Conquista)	5,7a	11,3a	85,9a	8,7a	17,0a	50,6a	376a	286a
G23	M-Soy 6101	6,1a	8,8a	120,8a	7,4a	18,9a	54,7a	483a	323b
G7	(M-Soy 8411 x M-Soy 8914) x (Emgopa 315 x Tucano)	5,7a	12,1b	59,1a	7,0a	19,7b	58,7a	288a	341b
G64	(M-Soy 8411 x UFV-18) x (UFV-18 x Conquista)	4,7a	10,4a	133,1a	8,9a	20,8b	61,2a	539a	361b
G48	M-Soy 8411 x Xingú	4,6a	11,4a	117,6a	6,7a	19,6b	55,0a	482a	327b
G6	M-Soy 8411 x Xingú	4,7a	12,0b	90,8a	5,5a	16,4a	57,7a	400a	314b
G60	Segurança x BR 95-147798	6,4a	12,5b	82,6a	12,3a	22,8b	51,1a	390a	346b
G52	Tucano x M-Soy 8800	6,3a	12,6b	100,8a	10,7a	22,6b	63,6a	440a	385b
G53	Tucano x M-Soy 8800	8,1a	13,7b	125,3a	9,6a	23,9b	58,6a	531a	372b
G24	UFV 19	6,9a	10,1a	67,4a	9,0a	19,3b	50,8a	316a	316b
G3	(UFV -16 x Liderança) x (FTH-2857 x UFV -18)	5,2a	10,2a	70,1a	8,1a	18,1a	49,8a	321a	303a
G13	(UFV -16 x Liderança) x (FTH-2857 x UFV -18)	6,9a	12,5b	111,6a	7,9a	19,4b	55,6a	466a	331b
G1	UFV -16 x MG/BR -93.4916	4,3a	10,4a	77,9a	6,1a	14,7a	52,9a	343a	289a
G10	UFV -16 x MG/BR -93.4916	4,2a	13,3b	128,8a	7,0a	19,7b	63,4a	548a	360b
G61	UFV -16 x MG/BR -93.4916	5,3a	13,6b	118,6a	10,1a	22,0b	60,1a	519a	367b
G68	UFV -20 x IAC-21	5,3a	9,3a	72,4a	9,3a	17,7a	40,6a	310a	271a
G59	X-27 x Hartwig	5,7a	12,4b	106,5a	8,1a	18,4a	53,4a	459a	318b
CV (%)		24,10	18,14	41,21	50,40	26,90	35,74	31,66	24,46

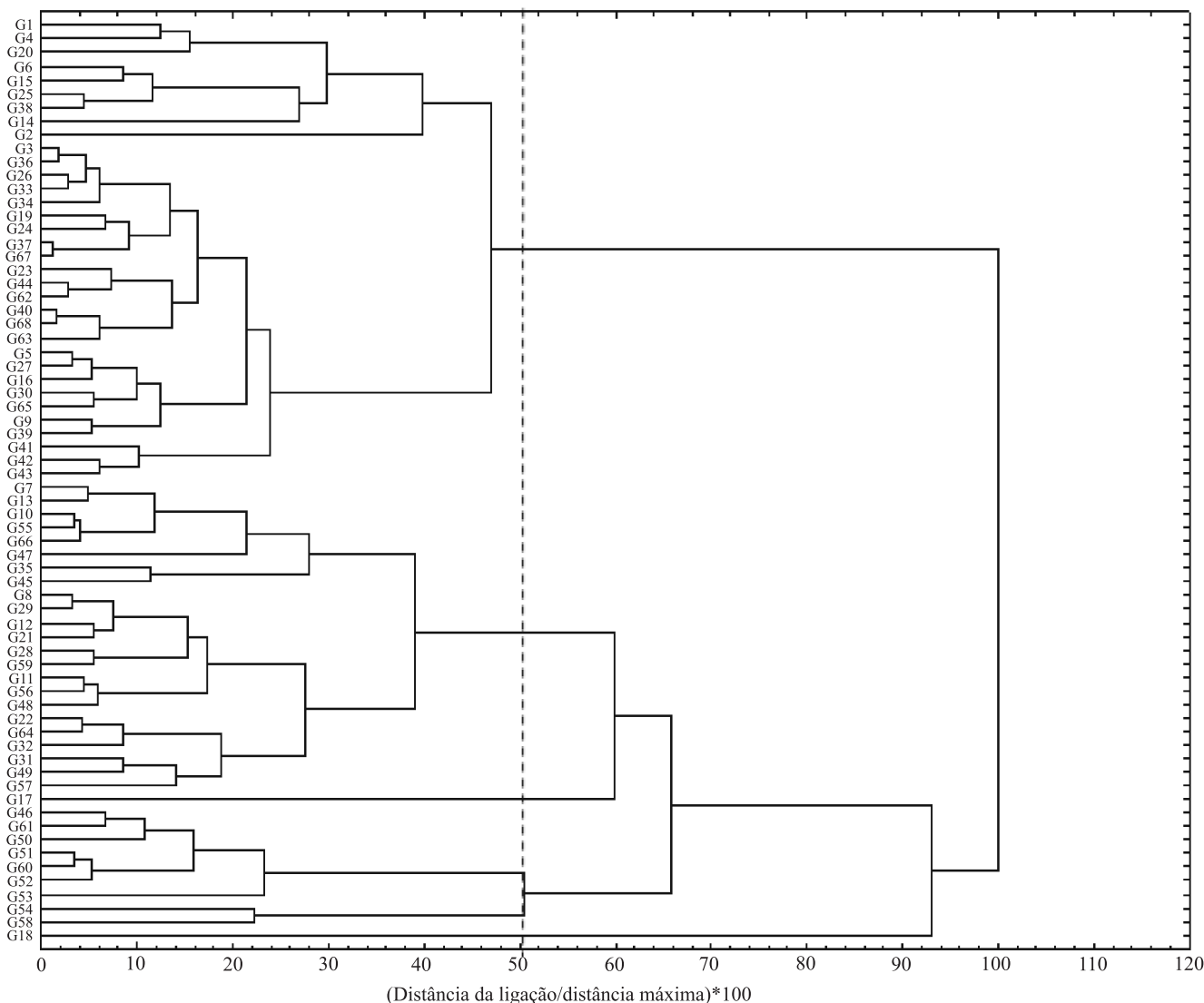
<sup>(1)</sup>Dados originais sem transformação; médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>Avaliação realizada seis dias após a inoculação. <sup>(3)</sup>Avaliação realizada 12 dias após a inoculação. <sup>(4)</sup>Avaliação realizada 18 dias após a inoculação.

x (UFV-18 x Conquista); G53 do cruzamento Tucano x M-Soy 8800.

Este fator pode ser um indicativo da alta similaridade apresentada pelos genótipos, e da inexistência de agrupamentos fortes (homogêneos) entre si e heterogêneos com os demais. Portanto, a análise de agrupamento e a de componentes principais dos genótipos, consideradas juntamente com a análise de variância, podem vir a ser ferramentas a mais para complementar o estudo da quantificação da resistência parcial a *P. pachyrhizi*. Procedendo-se à analogia entre as variáveis que apresentaram diferenças significativas entre as médias: pústula por cm<sup>2</sup> aos 12 DAI, severidade aos 12 DAI e

AACPD para severidade, verificou-se que os genótipos G4, G41 e G42, originários do cruzamento Cristalina e IAC 100, apresentaram maior resistência, porque foram os que mostraram somatória dos efeitos desses parâmetros analisados. O mesmo resultado foi encontrado por Juliatti et al. (2005), em trabalho sobre a cultivar UFUS Impacta, proveniente de hibridações entre as cultivares Cristalina RCH e IAC 100, que apresentou resistência parcial a *P. pachyrhizi*, quando comparada aos demais genótipos.

O uso de genótipos com resistência parcial à ferrugem asiática da soja poderá ser útil na redução do nú-



**Figura 1.** Dendrograma relativo às análises de agrupamento de 68 genótipos de soja, com base em valores médios das variáveis: pústula por cm<sup>2</sup> e severidade, aos 12 dias após a inoculação da soja com ferrugem asiática.

mero de aplicações de fungicidas. Pelos resultados apresentados, ficou evidenciada a presença de genes menores no germoplasma brasileiro IAC 100 de soja. Esta informação poderá ser útil aos melhoristas de plantas e fitopatologistas, para agrupar esses genes menores em diferentes genótipos, com ou sem o uso de marcadores moleculares e, assim, aumentar a resistência parcial à ferrugem da soja.

### Referências

- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. 816p.
- JULIATTI, F.C.; BORGES, E.N.; PASSOS, R.R.; CALDEIRA JÚNIOR, J.C.; JULIATTI, F.C.; BRANDÃO, A.M. Doenças da soja. **Cultivar**, v.47, p.3-14, 2003.
- JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C. Quantificação de doenças foliares da soja por escalas diagramáticas. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p.111, 2004. Suplemento.
- JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; BALARDIN, R.S.; VALE, F.X.R. Ferrugem da soja – epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.13, p.351-395, 2005.
- PARLEVLIET, J.E. Can horizontal resistance be recognized in the presence of vertical resistance in plants exposed to a mixture of pathogen races? **Phytopathology**, v.73, p.379, 1983.
- PARLEVLIET, J.E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.7-15, 1997. Suplemento.
- WANG, T.C.; HARTMAN, G.L. Epidemiology of soybean rust and breeding for host resistance. **Plant Protection Bulletin**, v.34, p.109-149, 1992.

---

Recebido em 13 de junho de 2006 e aprovado em 11 de janeiro de 2007