

SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MILHO RESISTENTES À FERRUGEM COMUM (*Puccinia sorghi*)

MAIZE PROGENIES SELECTION TO COMMON RUST (*Puccinia sorghi*)

Michelle Gonçalves PEDROSA¹; Fernando Cezar JULIATTP²; Heyder Diniz SILVA³; Luis Savelli GOMES⁴; Césio Humberto de BRITO⁴

RESUMO: Com o objetivo de selecionar progênies de milho para resistência à ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), foi conduzido um experimento utilizando 98 famílias F₂ provenientes do cruzamento entre as linhagens desenvolvidas pela Syngenta Seeds BS01 (suscetível) x BS02 (tolerante) e 90 famílias F₃ do cruzamento entre as linhagens BS03 (suscetível) x BS04 (tolerante), à *Puccinia sorghi*. As famílias foram avaliadas em Uberlândia, Patos de Minas, Ipiaçu e Campo Florido. Foi utilizado o delineamento em látice quadrado (10 x 10), com 3 repetições. A reação aos patógenos foi avaliada por meio de nota atribuída independentemente por dois avaliadores. Pelos resultados obtidos, concluiu-se que: 1) Houve discriminação entre os materiais resistentes e suscetíveis; de maneira consistente, em quatro localidades geográficas do Estado de Minas Gerais. 2) Foi evidenciada ocorrência de variabilidade genética para as duas populações quanto a resistência a ferrugem, o que indica a possibilidade de se praticar a seleção para a característica; 3) As herdabilidades da resistência foram elevadas; 4) O ganho médio com a seleção para resistência estimado foi da ordem de 5,47% para a população 1 e 1,43% para a população 2.

UNITERMOS: Controle doença milho, Resistência, Melhoramento genético, Herdabilidade

INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais importantes cultivados no mundo, e desde muitos anos, vem sendo utilizado diretamente na alimentação humana e de animais domésticos, bem como na indústria para produção de rações, óleo, amido e outros produtos. Hoje o milho ocupa uma posição de destaque no mercado nacional brasileiro, sendo o Brasil, o terceiro maior produtor mundial, após os Estados Unidos e a China (BRANDALIZZE, 2001). Porém, várias doenças podem ocasionar decréscimos no rendimento dos grãos, que pode chegar em até 60% de redução em genótipos de alta susceptibilidade. (PEREIRA, 1997). Dentre as principais doenças está a ferrugem comum.

Causada pelo fungo *Puccinia sorghi* Schw, pode ser encontrada na maioria das regiões temperadas do mundo, onde o milho é cultivado (LARSON, 2001). No Brasil, é uma doença antiga e bastante disseminada, fato

que possibilitou, nos programas de melhoramento genético, seleção adequada para resistência. A doença é a mais importante nos primeiros plantios da região sul (meados de setembro/outubro) e, esporadicamente, na região central do Brasil, quando da ocorrência de temperaturas baixas associadas ao cultivo de híbridos suscetíveis (PEREIRA, 1997).

A doença caracteriza-se pela presença de pústulas elípticas e alongadas, em ambas faces da folha, com produção de uredósporos de coloração marrom-canela. Com o passar do tempo, as pústulas tornam-se mais escuras, em consequência do desenvolvimento de teliosporos. Com o acúmulo de lesões, é comum observar nas folhas, faixas transversais, que correspondem à posição do cartucho no momento da infecção (PEREIRA, 1997).

É uma doença favorecida por temperaturas entre 16 e 23°C e umidade relativa alta. As fontes primárias de inóculo para o milho são os uredósporos formados no

¹ Mestranda em Fitopatologia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia

² Professor, Doutor, Núcleo de Fitopatologia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia

³ Professor da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia

⁴ Engenheiro Agrônomo, Syngenta Seeds

Received: 09/12/02

Accept: 07/02/03

próprio milho ou os eciosporos produzidos no hospedeiro intermediário, cuja disseminação se dá principalmente pelo vento (FERNANDES; OLIVEIRA, 1997). Apresenta ciclo completo. O milho e espécies de teosinto são hospedeiros de uredósporos e teliósporos, enquanto algumas espécies de trevo (*Oxalis* spp) são hospedeiras de teliósporos, basidiósporos, picnósporos e eciosporos (RENFRO, 1998).

Em caso de infecção severa podem as pústulas ocorrer nas bainhas e no colmo, sendo que as folhas infectadas podem tornar-se cloróticas e secar, em condições de severidade elevada, podendo rasgar-se em tiras sob ventos fortes. Podem ocorrer clorose e morte das folhas (DILLARD; ZITTER, 1987; PINTO et al., 1997).

Por ser um parasita obrigatório e apresentar ciclo completo, as principais medidas de controle são a utilização de cultivares resistentes, a eliminação de plantas hospedeiras como o trevo, a rotação de culturas, interrompendo os cultivos sucessivos de milho, e o plantio em locais e épocas desfavoráveis ao desenvolvimento da doença (PEREIRA, 1997; PINTO et al., 1997).

Este trabalho teve como objetivo estimar os ganhos por seleção visando a resistência à *Puccinia sorghi*, em duas populações de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas 98 famílias F₂ provenientes do cruzamento entre as linhagens BS01 (suscetível) x BS02 (tolerante), população 1 e 90 famílias F₃ do cruzamento entre as linhagens BS03 (suscetível) x BS04 (tolerante), população 2. Estas quatro linhagens foram desenvolvidas pelo programa de Melhoramento de Milho da Syngenta Seeds, em Uberlândia, Minas Gerais.

A semeadura foi realizada em outubro de 2000, e as famílias foram avaliadas em quatro locais diferentes do Estado de Minas Gerais: Uberlândia, Patos de Minas, Ipiacu e Campo Florido. O delineamento utilizado foi o em látice quadrado (10 x 10), com 3 repetições sendo que para a primeira população foram utilizadas 98 famílias mais os dois pais, totalizando 100 indivíduos, e para a segunda população 90 famílias, os dois pais e oito testemunhas. Cada parcela foi constituída de 10 linhas de 6 metros cada, com espaçamento entre linhas de 0,75 metros e 6 sementes por metro linear.

A reação aos patógenos foi avaliada por meio de nota atribuída independentemente por dois avaliadores, na época de incidência e severidade máximas da doença. As notas variaram de 1 a 9, segundo a escala de notas apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Escala de notas utilizadas na avaliação da reação à ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), UFU, Uberlândia, 2002.

Notas	Área foliar infectada (%)
1	0
2	1
3	10
4	20
5	30
6	40
7	60
8	80
9	80 a 100

Fonte: AGROCERES (1994)

Análise estatística dos experimentos

a) Análise Individual

Para análise individual intrablocos do látice foi considerado o seguinte modelo estatístico, apresentado por Viana (1993);

$$Y_{i-1(j)} = \mu + r_j + (b/r)_{-1(j)} + t_i + e_{i-1(j)}$$

no qual

$Y_{i-1(j)}$ é o valor observado do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, v = k^2$), no bloco incompleto $-!$ ($-! = 1, 2, \dots, k$), da repetição j ($j = 1, 2, \dots, r$);

μ é uma constante inerente a todas as observações;

r_j é o efeito da repetição j ;

$(b / r)_{-1 (j)}$ é o efeito do bloco incompleto -1 dentro da repetição j ;
 t_i é o efeito do tratamento i ;
 $e_{i -1 (j)}$ é o erro aleatório associado a observação $Y_{i-1 (j)}$

Adotou-se o modelo aleatório sendo os componentes de variância devido os efeitos de progênie ($\hat{\sigma}_g^2$), interação progênie por ambiente ($\hat{\sigma}_{gE}^2$), residual ($\hat{\sigma}^2$) e fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$) estimados de acordo com Silva (1997).

Nos experimentos em que a eficiência relativa do delineamento em látice, em relação ao delineamento em blocos casualizados completos, foi baixa, inferior a 105%, adotou-se o modelo de análise de experimentos em blocos casualizados completos (SILVA et al., 2000)

Herdabilidades

Foram estimadas as herdabilidades no sentido amplo, para a seleção com base nas médias dos tratamentos, utilizando as estimativas dos componentes de variância, por meio da seguinte expressão:

$$h^2_a = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

Método de seleção

Adotou-se com o critério de seleção, selecionar todas as progênies com notas médias inferiores à nota média do pai resistente, BS02 no caso da população 1 e BS04, na população 2, em cada um dos quatro locais.

Ganho de Seleção

Os ganhos por seleção foram estimados por:

$$GS = D S x h^2$$

$$\text{Onde: } DS = \bar{x}_{sel} - \bar{x}_{geral}$$

Sendo \bar{x}_{sel} a média das progênies selecionadas, e \bar{x}_{geral} a média geral da população (pop. F_2 e F_3)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a eficiência relativa do látice em relação ao delineamento em blocos casualizados foi baixa (menor que 105%) adotou-se o modelo de análise de experimentos em blocos casualizados completos.

Verificou-se que para os quatro locais estudados na população 1 (Tabela 2) (Uberlândia, Ipiacu, Campo Florido e Patos de Minas), houve diferenças significativas entre os pais em relação à resistência à ferrugem comum, como esperado. Em relação ao contraste pais vs progênies não foram observadas diferenças significativas em nenhum dos locais. Já entre progênies, houve diferença significativa ao nível de 1% em todos os locais, indicando segregação entre as famílias. Os coeficientes de variação variaram de 12,5% a 18,9%, valores estes inferiores aos relatados na literatura, como por exemplo, Brown et al/ (2001) que obtiveram CVs na ordem de 20,2%. Portanto a avaliação da resistência à ferrugem foi consistente e com boa precisão.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para severidade de Ferrugem Comum em quatro locais na população 1 UFU, Uberlândia, 2002.

FV	GL	QM			
		Uberlândia	Ipiacu	Campo Florido	Patos de Minas
Repetições	2	0,2033	3,0533**	5,0101**	4,4047**
Blocos/rep (não ajust)	27	1,2181**	0,8385**	1,6527**	1,4343**
Tratamento (ajustado)	99	1,6592**	1,1375**	2,4869**	0,9659**
Entre pais	1	6,1094**	1,3185*	5,8242**	1,3185*
Pais vs progênie	1	0,7467 ^{NS}	0,1850 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	0,4287 ^{NS}
progênie	97	1,6224**	1,1454**	2,4782**	0,9678**
Resíduo	171	0,5628	0,3087	0,3813	0,3325
Média		5,06	4,44	3,27	3,30
CV (%)		14,81	12,49	18,86	17,43
h^2		64,97	72,28	87,59	63,40
GS		-0,05	-0,29	-0,25	-0,22

Um dos parâmetros genéticos de maior utilidade para os melhoristas é a estimativa da herdabilidade. Isto porque ela permite antever a possibilidade de sucesso com a seleção, uma vez que reflete a proporção da variância fenotípica que pode ser herdada (RAMALHO et al., 1990). Verifica-se na Tabela 2 que as herdabilidades (h^2) encontradas foram altas, variando entre 63,4% (Patos de Minas) a 87,6% (Campo Florido). Estes resultados

foram semelhantes às estimativas obtidas em outros experimentos (BROWN et al., 2001; KERNS et al., 1998; LUBBERSTEDT et al., 1998). As médias de severidade da doença variaram de 3,27 (Campo Florido) a 5,06 (Uberlândia). Em Uberlândia e Ipiacu, para a população 1, as médias foram mais altas (Figura 1), provavelmente devido à maiores pressões da doença.

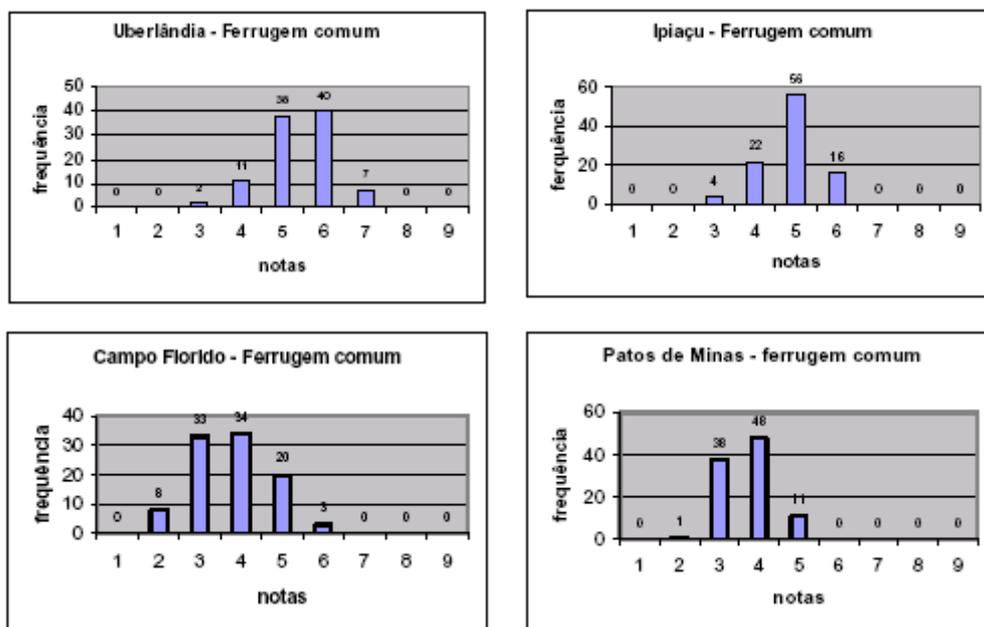


Figura 1: Distribuição de freqüência para ferrugem comum na população 1 em Uberlândia, Ipiacu, Campo Florido e Patos de Minas. UFU, Uberlândia, 2002.

Os resultados obtidos para a população 2 (Tabela 3), são semelhantes aos da população 1, ou seja, houve efeito significativo entre os parentais e entre as progênies nos quatro locais avaliados. Não ocorreu efeito significativo em relação ao contraste parentais vs progênies nos ambientes avaliados, assim como foi

observado na população 1. A severidade média da ferrugem comum variou de 4,6 (Uberlândia) a 2,6 (Patos de Minas) (Figura 2). Já os coeficientes de variação variaram de 16,1 (Uberlândia) a 19,5 (Ipiacu) e as herdabilidades de 50,6% (Uberlândia) a 68,9% (Campo Florido).

Tabela 3: Resumo da análise de variância para severidade de *Ferrugem Comum* em quatro locais na população 2. UFU, Uberlândia, 2002.

FV	GL	QM			
		Uberlândia	Ipiaçu	Campo Florido	Patos de Minas
Repetições	2	1,8033*	0,1433 ^{NS}	23,9869**	0,4433 ^{NS}
Blocos/rep (não just)	27	0,9781*	1,0196**	2,5114**	0,5444**
Tratamento (ajustado)	99	1,3511**	1,0726**	1,6939**	0,6551**
Entre pais	1	2,7367*	4,4181**	7,7458**	4,1761**
Pais vs progênie	1	0,5063 ^{NS}	0,1382 ^{NS}	0,3524 ^{NS}	0,1652 ^{NS}
progênie	89	1,1125**	0,9519**	1,4111**	0,6086**
resto	8	3,9380	2,1141	4,2519	0,7927
Resíduo	171	0,5446	0,4615	0,4435	0,2336
Média		4,58	3,48	3,66	2,59
CV (%)		16,10	19,50	18,18	18,63
h ²		51,48	50,60	68,94	61,05
G.S		-0,14	-0,04	-0,03	-0,02

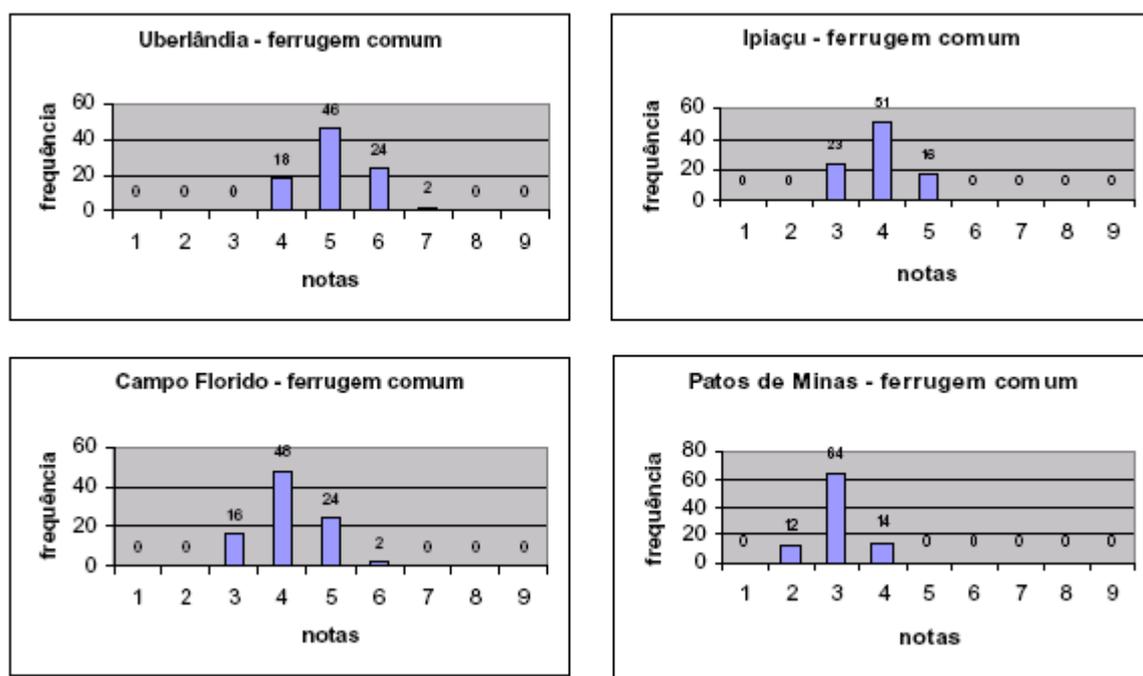


Figura 2: Distribuição de freqüência para ferrugem comum na população 2 em Uberlândia, Ipiaçu, Campo Florido e Patos de Minas. UFU, Uberlândia, 2002.

Comparando os ganhos por seleção esperados para população 1 (Tabela 2) com os da população 2 (Tabela 3), verifica-se que estes foram, em média, maiores para a população 1. Os ganhos estimados para a população

1 variaram de 0,98% em Uberlândia a 7,64% em Campo Florido, enquanto que para a população 2 variaram de 0,77% em Patos de Minas a 3,03% em Uberlândia.

CONCLUSÕES

- 1- Houve discriminação entre os materiais resistentes e suscetíveis; de maneira consistente, em quatro localidades geográficas do Estado de Minas Gerais.
- 2- Foi evidenciada ocorrência de variabilidade genética para as duas populações quanto à resistência à ferrugem, o que indica a possibilidade de se praticar a seleção para a característica.
- 3- As herdabilidades da resistência foram elevadas.
- 4- O ganho médio com a seleção para resistência estimado foi da ordem de 5,47% para a população 1 e 1,43% para a população 2.

ABSTRACT: This work estimated the efficiency of the selection process to corn common rust (*Puccinia sorghi*) in two populations (BS01 – susceptible x BS02 – resistant, and BS03 - susceptible x BS04 -resistant). Ninety-eight F₂ families obtained by Syngenta Seeds were evaluated. The families were evaluated in Uberlândia, Patos de Minas, Ipiacu e Campo Florido. The experimental design was Latin Square (10x10) with 3 replications. Disease was rated based in a scale varying from 1 to 9 (most disease). The results showed that: 1- The locations allowed the discrimination between resistant and susceptible families; 2- It was possible to discriminate maize plants with resistance to common rust in the two populations; 3- The heritabilities obtained in the two populations ranged from 50.6 to 87.6%; 4- The selection gain was 5.5% and 1.4% for populations one and two, respectively.

UNITERMS : Resistance, Corn common rust, Genetic breeding, Heritability

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCERES. **Guia agroceres de sanidade.** [S.l.: s.n.], 1994. 56 p.
- BERQUIST, R. R.; PRYOR, A. J. Virulence and isozyme differences for establishing racial identity in rust of maize. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 68, p. 281-283, 1984.
- BRANDALIZZE, W. Nova realidade do mercado do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Milho: tecnologia e produtividade.** Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p. 1-9.
- BROWN, A. F.; JUVIK, J. A.; PATAKY, J. K. Quantitative trait loci in sweet corn associated with partial resistance to Stewart's wilt, northern corn leaf blight, and common rust. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 91, n. 3, p. 293-300, 2001.
- DILLARD, H. R.; ZITTER, T. A. **Common rust of sweet corn.** New York State: Cornell University, 1987. P. 727-740. Disponível em: <<http://www.vegetablemdonline.ppath.cornell.edu>>. Acesso em: 15 jan. 2002.
- FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças na cultura do milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS., 1997. 80 p. (Circular técnica, 26).
- KERNS, M. R.; DUDLEY, J. W.; RUFENER II, G. K. QTL for resistance to common rust and smut in maize. **Maydica**, p. 37-45, 1998.
- LARSON, E. J. **Managin field corn infected with common rust.** MSU CARES (Coordinated Acces to the Research and Extension System), Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi State University. 2001. Disponível em: <<http://www.msucares.com/pubs/rr229.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2001.

LUBBERSTEDT, T.; KLEIN, D.; MELCHINGER, A. E. Comparative Quantitative Trait Loci mapping of partial resistance to Puccinia sorghi across four populations of European flint maize. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 88, n. 12, p. 1324-1329, 1998.

PATAKY, J.K. Partial rust resistance in sweet corn hybrid seedlings. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 76, n. 7, p. 702-706, 1986.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: MANUAL de fitopatologia- doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. 2v, p. 538-555.

PINTO, N. F. J. A. ; FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. O . Milho (*Zea mays* L.): controle de doenças. In: VALE, F. X. R , ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: MARA-UFV, 1997. p. 821-864.

RAMALHO, M.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. [S.l.]: Fundação de Apoio ao Ensino e Extensão, 1990. 359 p.

RENFRO, R. Maize rusts. In: CASELA, C.; RENFRO, R.; KRATTIGER, A. F. (ed.). **Diagnosing maize diseases in Latin America**. New York, 1998. p. 8-14, (ISAAA Briefs, 9) Disponível em: <www.isaaa.org/publications/briefs/Brief_9.htm>. Acesso em: 22 jan. 2002.

SILVA, H. D. **Análise de experimentos em látice quadrado (“Square Lattice”) com ênfase em componentes de variância e aplicações no melhoramento genético vegetal**. 1997. 139f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

SILVA, H. D.; FERREIRA, D. F.; PACHECO, C. A. **Avaliação de quatro alternativas de análise de experimentos em látice quadrado, quanto à estimação de componentes de variância**. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 1, p. 117-123, 2000.

VIANA, J. M. S. **Análises individual e conjunta intrablocos de experimentos em Látice Quadrado (“Square Lattice”), com aplicação no melhoramento genético**. 1993. 89 f. Monografia (Monografia de Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.