

# Controle Genético da Resistência aos Enfezamentos do Milho

---

XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002 - Florianópolis - SC

---

SILVA, R.G., GALVÃO J.C.C., MIRANDA, G.V. e OLIVEIRA, E.

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, CEP 36.507-000. [rgoncalves@tdnet.com.br](mailto:rgoncalves@tdnet.com.br)

Palavras-chave: Milho, Enfezamentos, Controle Genético e Resistência

## RESUMO

O emprego de cultivares com resistência genética constitui, atualmente, a alternativa mais eficiente para o controle dos Enfezamentos. Contudo, o desenvolvimento de cultivares resistentes requer além de fontes de resistência que possibilitem a síntese de novos cultivares, condições ambientais que favoreçam a discriminação fenotípica dos diferentes quadros sintomatológicos resultantes da infecção por esses patógenos.

A metodologia para ser usada no melhoramento deve estar embasada no conhecimento da herança dos caracteres envolvidos na seleção. Entre os delineamentos genéticos utilizados para determinar os tipos de ação gênica que controlam os caracteres quantitativos, existem as análises dialélicas (GRIFFING, 1956). A análise dialélica estima os parâmetros genéticos para a seleção de genitores para hibridação (CRUZ e REGAZZI, 1997).

O presente trabalho teve como objetivo identificar o controle genético da resistência aos Enfezamentos do milho.

Utilizaram-se cinco híbridos comerciais de milho: AG 122, P 3041, P 30F80, C 333B e C 855, cujas principais características agrônômicas, considerando-se informações fornecidas pelas Empresas produtoras de sementes e observações empíricas de campo referente à resistência aos Enfezamentos encontram-se na Tabela 1.

Os cinco genitores foram cruzados entre si em esquema dialélico obtendo-se as combinações híbridas e recíprocas as quais foram avaliados quanto à resistência aos Enfezamentos em condições de campo. Cada experimento foi composto de 30 tratamentos, representados pelos 5 híbridos comerciais, 5 autofecundações, 10 combinações híbridas e 10 recíprocas.

Os experimentos foram instalados no mês de março do ano de 2001 na Estação Experimental de Coimbra, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra (MG) e no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no município de Sete Lagoas (MG). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições. A parcela experimental foi aproveitada integralmente, sendo constituída de duas linhas de 5,0m espaçadas de 0,9m, com 25 plantas por linha, representando população de, aproximadamente, 55.000 plantas por hectare. Na época do enchimento dos grãos, no estágio fenológico 7, correspondente ao "grão leitoso" (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2000), realizaram-se as avaliações da incidência e severidade de sintomas dos Enfezamentos.

As avaliações da incidência e da severidade de sintomas dos Enfezamentos nos dois locais, foram realizadas pelo mesmo avaliador, sem identificação prévia dos tratamentos.

A incidência de sintomas dos Enfezamentos foi determinada com base no percentual de plantas por parcela apresentando sintomas dessas doenças. A severidade de sintomas dos Enfezamentos foi determinada pela atribuição de notas referentes à média dos sintomas das plantas na parcela, conforme a escala: 1- ausência de sintomas; 2- plantas apresentando menos de 25% das folhas com sintomas ou seja, folha avermelhada ou amarelada ou com faixas cloróticas na inserção da folha; 3- plantas apresentando de 25 a 50% das folhas com sintomas; 4- plantas apresentando de 50 a 75% das folhas com sintomas; 5- plantas apresentando mais de 75% das folhas com sintomas e 6- plantas apresentando morte precoce causada por Enfezamentos.

Utilizou-se ainda, o índice de doença (ID) determinado pela fórmula de Mckney (1923), citada por TANAKA (1990), dada pela expressão:  $ID(\%) = 100 \cdot \sum_i (f_i \cdot v_i) / n \cdot x$ , sendo ID – índice de doença;  $f_i$  – número de plantas com a mesma nota;  $v_i$  – nota observada; n - número total de plantas avaliadas e x – nota máxima da escala.

Em cada ensaio coletou-se aleatoriamente 15 amostras da folha apical ou bandeira das plantas com sintomas dos Enfezamentos, para a detecção dos mollicutes para determinar a predominância de espiroplasma ou fitoplasma nos experimentos.

Avaliou-se nos dois locais, também, a produção de grãos de milho por parcela (PG). A análise dialélica individual e conjunta, foi realizada seguindo o Método 1 proposto por GRIFFING (1956), para todas as características avaliadas.

Nos dois locais, os sintomas observados foram predominantemente do Enfezamento Pálido causado por espiroplasma. A predominância de infecção por espiroplasma, nos dois locais, foi confirmada pelo teste de PCR.

Na análise dialélica conjunta para a característica incidência (Tabela 2) foi encontrado efeito significativo para as fontes de variação: tratamentos x locais e capacidades geral de combinação (CGC) x locais, indicando que os tratamentos e a CGC tiveram comportamentos diferenciados nos locais. Não foi identificado efeito significativo para a capacidade específica de combinação (CEC), o efeito recíproco (ER) e a interação deles com os locais.

Para as características incidência, índice de doença e severidade de sintomas dos Enfezamentos, altos valores das estimativas da CGC (com sinal negativo ou positivo) indicam genótipos melhores ou piores que os restantes com os quais se compara em relação à resistência aos Enfezamentos. Esses valores indicam, portanto, a importância dos efeitos predominantemente aditivos.

Na Tabela 3 são apresentados os dados das médias de incidência com as estimativas da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação e as médias das combinações híbridas em Coimbra. Os genitores apresentaram incidência média de 22,22% e as combinações híbridas média de 19,78%. Os genitores P 3041 e C 333B apresentaram as menores incidências, enquanto que o genitor C 855 apresentou a maior incidência de plantas com sintomas dos Enfezamentos. O P 30F80 e o AG 122 apresentaram moderada incidência. Os genitores P 3041 e C 333B produziram a combinação híbrida com menor incidência de sintomas dos Enfezamentos. Os genitores C 333B e P 3041 apresentaram os menores valores negativos e significativos de CGC -7,98 e -3,25%. Esses dois genitores produziram combinações híbridas com as médias mais baixas de incidência: 14,22 e 16,47%, mostrando que realmente os genitores com menor CGC produzem combinações híbridas com

menores incidências de sintomas dos Enfezamentos. O C 855 apresentou a maior CGC, conseqüentemente, a média de suas combinações híbridas foi alta (24,75%). Neste ensaio, o P 30 F 80 e o AG 122, comportaram-se de maneira semelhante. A CGC e a média das combinações híbridas foram próximas.

Na Tabela 4 são apresentados os dados das médias de incidência com as estimativas da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação e as médias das combinações híbridas em Sete Lagoas. Os genitores e as combinações híbridas apresentaram incidência média de 26,73 e 20,13%. Os genitores C855 e AG 122 apresentaram as maiores incidências de sintomas dos Enfezamentos enquanto que as menores incidências foram apresentadas pelos genitores P 3041 e C 333B. O genitor P 30 F 80 apresentou moderada incidência. Os genitores C 333B e P 3041 apresentaram os menores valores negativos e significativos de CGC  $-9,77$  e  $-7,67\%$ . Esses dois genitores produziram combinações híbridas com as médias mais baixas de incidência: 12,70 e 15,52%, confirmando que genitores com menor CGC produzem combinações híbridas com menores incidências de sintomas dos Enfezamentos. O C 855 e AG 122 apresentaram maiores CGC conseqüentemente a média de suas combinações híbridas foram altas (25,05 e 25,71%).

Nos dois locais, pela significância dos quadrados médios da CGC, constatam-se a existência da variabilidade originada de efeitos gênicos aditivos. O componente da variância quadrado médio da CGC foi bastante superior ao da CEC, o que possibilita inferir que os efeitos aditivos são predominantes na expressão da menor incidência de sintomas dos Enfezamentos, isto é, o controle genético da resistência a esta doença é predominantemente aditivo.

Na Tabela 5, encontram-se as médias do índice de doença, estimativa da CGC e estimativa da CEC e as médias das combinações híbridas. Os índices médios apresentados pelos genitores e pelas combinações híbridas foram 16,13 e 12,95%, respectivamente. Os valores dos índices de doença variaram de 3,5 a 42,98%. Os genitores P 3041 e C 333B apresentaram os menores índices, enquanto que os genitores C 855 e AG 122 apresentaram os maiores índices de sintomas dos Enfezamentos. O P 30F80 apresentou moderado índice de doença. Os genitores P 3041 e C 333B produziram a combinação híbrida com menor índice de sintomas dos Enfezamentos. Os genitores C 333B e P 3041 apresentaram os menores valores negativos e significativos de CGC. Esses dois genitores produziram combinações híbridas com as menores médias de incidência: 7,41 e 11,20%, respectivamente. Isto implica que os genitores com menor CGC produzem combinações híbridas com menores índices de sintomas dos Enfezamentos. O C 855 apresentou a maior CGC nos dois locais conseqüentemente a média de suas combinações híbridas foi alta (17,52%).

A severidade média apresentada pelos genitores e pelas combinações híbridas foram 3,27 e 3,81, respectivamente (Tabela 6). Os valores da severidade variaram de 2,5 a 5,29. Os genitores P 3041 e C 333B e a combinação híbrida entre eles apresentaram as menores severidades. A severidade média das combinações híbridas que envolveram os genitores P 3041 e C 333B foram de 3,78 e 3,98, respectivamente. Nos dois locais, os menores valores da CGC foram obtidos pelos genitores P 3041 e C 333B, enquanto que o C 855 e o AG 122 apresentaram os maiores valores da CGC.

Os genitores P 3041 e C 333B apresentaram para as características incidência, índice de doença e severidade de sintomas dos Enfezamentos os menores valores da CGC, indicando que esses genitores possuem alelos favoráveis à resistência aos

Enfezamentos. O genitores C 855 e AG 122 apresentaram os maiores valores da CGC, apresentando uma alta frequência de alelos desfavoráveis à resistência aos Enfezamentos.

A partir desses resultados pode-se concluir que o controle genético da resistência aos Enfezamentos é governada por poucos genes sendo o efeito aditivo predominante; Os genitores diferem na frequência de alelos de efeito aditivo e não-aditivo para a resistência aos Enfezamentos e os genitores P 3041 e C 333B possuem genes de resistência aos Enfezamentos.

## LITERATURA CITADA

- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1997. 390 p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian J. Biol. Sci.**, v. 9, p. 463-493, 1956.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- NELSON, L.R.; SCOTT, G.E. Diallel analysis of resistance of corn (*Zea mays* L.) to corn stunt. **Crop Science**, St. Paul, v. 13, n. , p. 162-164, Mar. 1973.
- OLIVEIRA, E.; RESENDE, R.O.; GIMÉNEZ-PECCI, M.P.; LAGUNA, I.G.; HERRERA, P.; CRUZ, I. Doenças causadas por mollicutes e por vírus na cultura do milho safrinha no Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26 (supl.), p. 509, 2001.
- OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J.M.; FERNANDES, F.T.; PAIVA, E.; RESENDE, R.O.; KITAJIMA, E.W. "Enfezamento pálido" e "Enfezamento vermelho" na cultura do milho no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 45-47, março, 1998.
- TANAKA, M.A.S. **Patogenicidade e transmissão por semente do agente causal da ramulose do algodoeiro**. 1990. 111f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TABELA 1 – Principais características agronômicas dos genitores utilizados nos cruzamentos dialélicos

Genitores	Híbrido	Ciclo	Tipo de grãos	Plantio
AG 122	Duplo	Precoce	Am/Semi dent	Safrinha
P 3041	Tripla	Precoce	Al/Duro	Tardio
P 30 F 80	Simplex	Semi Precoce	Al/Duro	Safrinha
C 333B	Simplex mod.	Normal	Am/Semi duro	Safrinha
C 855	Tripla	Super Precoce	Am/Semi dent	Safrinha

Am = Amarelo e Al = Alaranjado

TABELA 2 – Análise dialélica conjunta para peso de grãos (PG), incidência (INC), índice de doença (ID) e severidade (SEV) de sintomas dos Enfezamentos avaliados em híbridos de milho na "Safrinha" de 2001 em Coimbra, MG e Sete Lagoas, MG

FV	GL	Quadrado médio do resíduo			
		INC	ID	SEV	PG
Tratamento (T)	24	379,72**	314,53**	6,03**	1,81 <sup>aa</sup>
CGC	4	1997,56*	1595,23**	15,98*	3,88 <sup>aa</sup>
CEC	10	89,55 <sup>aa</sup>	71,91 <sup>aa</sup>	4,08 <sup>aa</sup>	1,28 <sup>aa</sup>
ER	10	22,76 <sup>aa</sup>	44,86 <sup>aa</sup>	4,00 <sup>aa</sup>	1,52 <sup>aa</sup>
Local (L)	1	149,52	66,71	3,99	45,36
T x L	24	70,66*	58,58 <sup>aa</sup>	2,30 <sup>aa</sup>	1,08 <sup>aa</sup>
CGC x L	4	254,57**	148,78**	2,24 <sup>aa</sup>	1,84 <sup>aa</sup>
CEC x L	10	33,89 <sup>aa</sup>	42,72 <sup>aa</sup>	3,18 <sup>aa</sup>	1,17 <sup>aa</sup>
ER x L	10	33,87 <sup>aa</sup>	38,37 <sup>aa</sup>	1,45 <sup>aa</sup>	0,69 <sup>aa</sup>
Resíduo	96	39,22	39,55	2,38	0,74
CV(%)		24,95	31,53	14,01	14,13

ns não significativo a 5 e 1% de probabilidade; \*\* e \* significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade respectivamente.

TABELA 3 – Médias da incidência de sintomas dos Enfezamentos (acima da diagonal), estimativas da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação (abaixo da diagonal), dos genitores e das combinações híbridas e médias das combinações híbridas em Coimbra (MG)

INCIDÊNCIA (%)						
Genitores	AG122	P3041	P30F80	C333B	C855	Média
AG122	15,29	18,39	38,27	12,31	23,32	23,08
P3041	(4,62)	8,23	14,93	6,00	26,55	16,47
P30F80	(3,44)	(1,43)	11,10	8,90	29,68	22,95
C333B	(-0,11)	(-0,84)	(0,13)	7,16	19,46	11,67
C855	(-7,29)	(-1,87)	(-0,67)	(-4,23)	59,32	24,75
CGC	-1,05	-3,25	-1,32	-7,98	13,60	

TABELA 4 – Médias da incidência de sintomas dos Enfezamentos (acima da diagonal), estimativas da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação (abaixo da diagonal), dos genitores e das combinações híbridas e médias das combinações híbridas Sete Lagoas (MG)

INCIDÊNCIA (%)						
Genitores	AG122	P3041	P30F80	C333B	C855	Média
AG122	46,92	15,61	37,50	16,41	33,31	25,71
P3041	(-6,67)	6,85	15,51	7,66	23,30	15,52
P30F80	(7,36)	(1,53)	21,44	8,46	25,31	21,70
C333B	(-3,77)	(3,64)	(-3,41)	7,61	18,27	12,70
C855	(-5,40)	(0,76)	(-5,09)	(-2,16)	50,84	25,05
CGC	8,50	-7,67	0,19	-9,77	8,75	

TABELA 5 – Médias do índice de doença (acima da diagonal), estimativa individual da capacidade geral de combinação (CGC) e estimativa média da capacidade específica de combinação (CEC), (abaixo da diagonal), dos genitores e das combinações híbridas e médias das combinações híbridas dos experimentos de Coimbra (MG) e Sete Lagoas (MG)

ÍNDICE DE DOENÇA (%)						
Genitores	AG122	P3041	P30F80	C333B	C855	Média
AG122	21,53	11,17	19,90	7,38	20,46	14,73
P3041	(-1,01)	3,50	10,66	4,71	18,25	11,20
P30F80	(4,46)	(1,65)	9,05	5,58	19,37	13,88
C333B	(-1,70)	(2,07)	(-0,32)	3,57	11,97	7,41
C855	(-4,67)	(-0,45)	(-2,58)	(-3,62)	42,98	17,52
CGC (Coimbra)	-0711	-2,355	-0,882	-6,272	10,219	
CGC (Sete Lagoas)	5,76	-5,46	-0,42	-7,75	7,87	

TABELA 6 – Médias da severidade (acima da diagonal), estimativa média da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação (abaixo da diagonal), dos genitores e das combinações híbridas e médias das combinações híbridas dos experimentos de Coimbra (MG) e Sete Lagoas (MG)

SEVERIDADE						
Genitores	AG122	P3041	P30F80	C333B	C855	Média
AG122	3,75	3,92	4,17	3,75	4,00	3,96
P3041	(0,19)	2,50	4,08	3,08	4,05	3,78
P30F80	(0,15)	(0,48)	3,25	5,29	3,96	3,37
C333B	(0,23)	(-0,03)	(0,22)	2,33	3,79	3,98
C855	(-0,19)	(0,17)	(-0,20)	(0,13)	4,50	3,95
CGC	0,20	-0,21	0,08	-0,42	0,34	