

Análise dialélica de linhagens de milho com ênfase na resistência a doenças foliares

Thiago Hideyo Nihei⁽¹⁾ e Josué Maldonado Ferreira⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Ciências Biológicas, Caixa Postal 6001, CEP 86051-990 Londrina, PR. E-mail: thiagonihei@hotmail.com, josuemf@uel.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi identificar o tipo de ação gênica predominante para resistência a *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, *Physopella zae* e *Puccinia polysora*, e determinar o potencial genético de linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays*) para a obtenção de híbridos com elevado desempenho agrônomico e resistência a doenças foliares. Os 41 híbridos F₁, provenientes de cruzamentos dialélicos entre dez linhagens endogâmicas, e as testemunhas P3069, P30F90, BG7060, Balu761 e Dow2A120 foram avaliados em quatro locais, tendo-se utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Os híbridos LGS₃xLGS₉, LGS₂xLGS₆, LGS₂xLGS₄ e LGS₂xLGS₃ apresentaram excelente desempenho em comparação às testemunhas, quanto aos diferentes caracteres avaliados. As linhagens com maior frequência de alelos favoráveis foram LGS₂, LGS₉, LGS₄ e LGS₃. Os efeitos gênicos aditivos são os mais importantes para a resistência a *P. maydis* e altura de espiga, enquanto os não aditivos são mais importantes para a produtividade, altura de planta, resistência à *E. turcicum*, *P. zae* e *P. polysora*.

Termos para indexação: *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, *Physopella zae*, *Puccinia polysora*, *Zea mays*, efeito genético.

Diallel analysis of maize inbred lines with emphasis on resistance to leaf diseases

Abstract – The objective of this work was to identify the predominant type of gene action for resistance to *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, *Physopella zae* and *Puccinia polysora*, and to determine the genetic potential of maize (*Zea mays*) inbred lines in order to obtain hybrids with high agronomic performance and resistance to leaf diseases. Forty-one F₁ hybrids from the diallel crosses between ten endogamic lines, and the controls P3069, P30F90, BG7060, Balu761, and Dow2A120 were evaluated in four places, using a randomized block experimental design, with three replicates. The hybrids LGS₃xLGS₉, LGS₂xLGS₆, LGS₂xLGS₄ and LGS₂xLGS₃ showed an excellent performance in comparison with the controls, for the different characters evaluated. The lines with higher frequency of favorable alleles were LGS₂, LGS₉, LGS₄ and LGS₃. The additive genetic effects are the most important for the resistance to *P. maydis* and for ear height, while nonadditive genetic effects are more important for yield, plant height, resistance to *E. turcicum*, *P. zae* and *P. polysora*.

Index terms: *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, *Physopella zae*, *Puccinia polysora*, *Zea mays*, genetic effect.

Introdução

As doenças foliares do milho (*Zea mays* L.), ferrugem-polissora (*Puccinia polysora* Underw.), ferrugem tropical [*Physopella zae* (Mains) Cummins & Ramachar], mancha-branca [*Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.) Rane, Payak & Renfro] e helmintosporiose [*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs], cresceram em importância no Brasil a partir de 1990, pelo aumento da frequência, severidade e danos qualitativos e quantitativos à produção da cultura. As ações de melhoramento genético focadas apenas

na produtividade e precocidade, sem considerar a resistência genética a doenças foliares; o uso de híbridos e variedades suscetíveis em sistemas de plantio direto; a sucessão de cultivos de primeira e segunda safra; a manutenção da umidade por irrigações; e o aumento da área cultivada, inclusive em áreas de risco de epidemias, foram fatores decisivos para esse resultado (Pinto, 2004; Emygdio et al., 2007).

Os programas de melhoramento genético de milho têm com um de seus objetivos o desenvolvimento de linhagens resistentes a doenças foliares (Silveira et al., 2006), uma vez que esta tem sido o meio mais

eficaz de controle das doenças do milho (Von Pinho et al., 2001). Diferentes estudos mostram a existência de variabilidade genética quanto à resistência à mancha-branca, e que a ação gênica aditiva é mais importante do que os efeitos não aditivos (Paterniani et al., 2000; Carson, 2001; Pegoraro et al., 2002; Silva & Moro, 2004; Derera et al., 2007; Lopes et al., 2007; Guimarães et al., 2009; Vivek et al., 2010). A ação gênica aditiva também se mostrou mais importante na maioria dos estudos de herança da resistência à helmintosporiose (Carson, 1995; Vivek et al., 2010) e à ferrugem causada por *P. zea* e *P. polysora* (Paterniani et al., 2000; Silva et al., 2001; Vivek et al., 2010).

As estimativas de capacidade de combinação, obtidas por meio de esquemas de cruzamentos dialélicos, são importantes na escolha de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz et al., 2004). Além disso, são também empregadas em estudos de resistência genética a doenças e na identificação de fontes de resistência (Carson, 2001; Pegoraro et al., 2002; Silva et al., 2003; Silva & Moro, 2004).

O objetivo deste trabalho foi identificar o tipo de ação gênica predominante quanto à resistência a *P. maydis*, *E. turcicum*, *P. zea* e *P. polysora*, e determinar o potencial genético de linhagens endogâmicas de milho (*Z. mays*) na obtenção de híbridos com elevado desempenho agrônomico e resistência a doenças foliares.

Material e Métodos

Foram realizados cruzamentos dialélicos entre dez linhagens endogâmicas – LGS₁ a LGS₁₀ – do Programa de Melhoramento Genético da Empresa GS Pesquisas (Apucarana, PR), na Fazenda Alto Alegre, Pitangueiras, PR (a 23°13'50"S, 51°35'08" W e altitude de 660 m), durante a safra 2008/2009. As linhagens foram previamente selecionadas, em relação ao seu desempenho per se, quanto à resistência a doenças foliares e demais características agrônomicas.

Foram obtidos 41 híbridos experimentais, que foram avaliados em quatro locais, tendo-se utilizado o delineamento de blocos ao acaso com três repetições, em parcelas de fileiras simples de 5 m de comprimento, no espaçamento de 0,80x0,20 m, conforme as recomendações técnicas de controle fitossanitário e de produção de híbridos simples. Como testemunhas,

foram empregados híbridos comerciais com diferentes padrões de resistência: P3069, suscetível a *P. maydis*, *P. zea* e *P. polysora* e medianamente resistente a *E. turcicum*; P30F90, suscetível a *E. turcicum* e *P. zea*, medianamente suscetível a *P. maydis* e medianamente resistente a *P. polysora*; BG 7060, suscetível a *P. polysora*, medianamente suscetível a *P. maydis* e medianamente resistente a *E. turcicum* e *P. zea*; Balu761, medianamente suscetível a *P. maydis*, medianamente resistente a *E. turcicum* e sem informações sobre resistência a *P. zea* e *P. polysora*; e Dow2A120, suscetível a *P. maydis*, medianamente resistente a *E. turcicum* e *P. polysora* e sem informações quanto à resistência a *P. zea*.

As datas e locais de instalação dos experimentos tiveram por finalidade favorecer a ocorrência de epidemias naturais de doenças foliares. Foram efetuadas semeaduras em: 21 de novembro de 2009, em Pitangueiras, PR (a 23°13'50"S e 51°35'08" W e à altitude de 660 m); 29 de janeiro de 2010, em Sorriso, MT (12°32'43"S, 55°42'41" W e à altitude de 365 m); 05 de fevereiro de 2010, em Jaciara, MT (a 15°57'55"S, 54°58'06"W e à altitude de 367 m); 24 de fevereiro de 2010, em Dourados, MS (a 22°13'16"S, 54°48'20" W e à altitude de 430 m). Contudo, epidemias de mancha-branca, helmintosporiose, e ferrugens tropical e polissora foram observadas somente em Pitangueiras, PR, e da mancha-branca em Sorriso, MT, onde foram realizadas as avaliações de severidade das doenças foliares.

Os caracteres avaliados foram: altura da planta (cm), tomada da superfície do solo até a inserção da folha bandeira; altura da espiga (cm), tomada da superfície do solo até a inserção da espiga principal; produtividade de grãos (Mg ha⁻¹), corrigida para umidade de 14%; e densidade populacional ideal de 62.500 plantas ha⁻¹, segundo a metodologia de correção de estande ideal por covariâncias. Para avaliação da severidade das doenças foliares, foram atribuídas notas de severidade para as doenças mancha-branca, helmintosporiose, ferrugem tropical e ferrugem-polissora, com o auxílio do Guia Agroceres de Sanidade (1996), em escala de 1 (altamente resistente) a 9 (altamente suscetível).

As análises individuais de variâncias por local, com base na média de tratamentos, foram realizadas com decomposição dos efeitos de tratamentos em efeitos de testemunhas (T), híbridos experimentais (H) e no contraste T vs. H. Os graus de liberdade de

híbridos experimentais foram desdobrados por meio da análise dialélica, segundo o método IV proposto por Griffing (1956), de acordo com o modelo: $Y_{ii'} = m + g_i + g_{i'} + s_{ii'} + \bar{e}_{ii'}$, em que: $Y_{ii'}$ é o valor médio da combinação híbrida da linhagem LGS_i com a LGS_{i'}; m é a média geral das combinações híbridas; g_i e $g_{i'}$ são os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) da i -ésima linhagem LGS_i e i' -ésima linhagem LGS_{i'}, respectivamente; $s_{ii'}$ é o efeito da capacidade específica de combinação (CEC) para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e i' ; e $\bar{e}_{ii'}$ é o erro experimental médio.

A análise de variância do dialelo e as estimativas de g_i , $g_{i'}$ e $s_{ii'}$ foram realizadas por meio de álgebra de matrizes, pelo modelo matricial $Y = X\beta + \varepsilon$, em que: Y é o vetor dos dados de médias observadas para os híbridos experimentais; X é a matriz de incidência com valores de 0 e 1, relacionados aos parâmetros m , g_i , $g_{i'}$ e $s_{ii'}$; β é vetor dos parâmetros m , g_i , $g_{i'}$ e $s_{ii'}$; e ε é o vetor que representa o erro associado às médias ($\bar{e}_{ii'}$).

O desvio-padrão (DP) das estimativas de CGC [DP(g_i)] e de seus contrastes [DP($g_i - g_{i'}$)] foi estimado a partir dos quadrados médios do erro (QM_{Erro}), obtidos para os dados não transformados, e do número n de linhagens envolvidas no dialelo, por meio das seguintes expressões: $DP(g_i) = \{(n - 1)QM_{\text{Erro}}/[n(n - 2)]\}^{0,5}$ e $DP(g_i - g_{i'}) = [2QM_{\text{Erro}}/(n - 2)]^{0,5}$.

De modo semelhante, os desvios-padrão das estimativas de CEC [DP($s_{ii'}$)], dos contrastes de estimativas de CEC entre híbridos obtidos do cruzamento entre um genitor i , comum aos diferentes genitores i' e k [DP($s_{ii'} - s_{ik}$)] , e dos contrastes de estimativas de CEC de híbridos simples, sem a presença de genitores (i , i' , k e k') em comum [DP($s_{ii'} - s_{kk'}$)], foram estimados por meio das expressões $DP(s_{ii'}) = [(n - 3)QM_{\text{Erro}}/(n - 1)]^{0,5}$, $DP(s_{ii'} - s_{ik}) = [2(n - 3)QM_{\text{Erro}}/(n - 2)]^{0,5}$ e $DP(s_{ii'} - s_{kk'}) = [2(n - 4)QM_{\text{Erro}}/(n - 2)]^{0,5}$.

As análises de variâncias das notas de severidade foram realizadas com dados transformados para $(x)^{0,5}$ e as médias e estimativas de parâmetros do dialelo foram apresentadas com base nos dados não transformados.

As análises de variâncias conjuntas dos locais e os respectivos desdobramentos dos cruzamentos e das interações cruzamentos x locais foram realizados conforme Miranda Filho & Vencovsky (1995), tendo-se considerado os efeitos fixos de genótipos e ambientes. O agrupamento de médias dos tratamentos, dentro de

cada local, foi realizado pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

As estimativas dos componentes quadráticos que expressam a variabilidade genética dos genótipos estudados, em termos de capacidade geral de combinação e de capacidade específica de combinação, foram obtidas a partir das expressões $\phi_g = (QM_{\text{CGC}} - QM_{\text{Erro}})/(n - 2)$ e $\phi_s = (QM_{\text{CEC}} - QM_{\text{Erro}})$, em que: QM_{CGC} é o quadrado médio da capacidade geral de combinação; QM_{CEC} é o quadrado médio da capacidade específica de combinação; e n é o número de linhagens envolvidas no dialelo.

As análises de variâncias dos experimentos individuais foram realizadas por meio do programa SAS (SAS Institute, 2002) e o teste de Scott & Knott com o uso do programa Genes (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo de local quanto à produtividade, altura de plantas e de espigas (Tabela 1), com as maiores médias em Pitangueiras, onde o experimento foi instalado durante a safra (Tabela 2). Normalmente, na safrinha, o potencial de rendimento de grãos é mais baixo, em consequência da menor quantidade de radiação solar durante o período de enchimento de grãos e da maior incidência de doenças foliares e de colmo (Forsthofer et al., 2006). Contudo, não foram observadas, no presente estudo, diferenças significativas entre as médias de notas de severidade da mancha-branca em Pitangueiras e Sorriso (Tabela 1). Em Pitangueiras, ocorreram epidemias de mancha-branca, helmintosporiose, e de ferrugens tropical e polissora, e, em Sorriso, somente houve epidemia de mancha-branca. Isto pode ter ocorrido em razão do cultivo contínuo de milho na Estação Experimental da Empresa GS Sementes, o que teria favorecido a manutenção das populações de patógenos na área.

Os efeitos dos tratamentos foram significativos em todos os caracteres avaliados (Tabela 1). No desdobramento, foi observada ausência de significância, entre as testemunhas, apenas para altura de planta. Para o contraste entre testemunhas e híbridos experimentais (T x H), houve significância apenas para notas de severidade de ferrugens (polissora e tropical) e helmintosporiose, em que as testemunhas foram ligeiramente mais suscetíveis às ferrugens do que os

híbridos experimentais, e mais resistentes a *E. turcicum*. A não detecção de efeitos significativos dos contrastes de produtividade, altura de planta e notas de severidade à mancha-branca, inclusive para interação com local [L x (T x H)], mostram um desempenho médio semelhante entre os híbridos do dialelo e as testemunhas para estas características (Tabelas 1 e 2), o que indica que os híbridos experimentais atingem as exigências de padrões agrônômicos para exploração comercial.

Houve efeitos significativos de híbridos e da interação híbrido x local para todas as características, o que indica um comportamento diferenciado dos genótipos em cada local (Tabela 1). Embora tenha havido interações significativas, comparando-se os híbridos experimentais com as melhores médias entre as testemunhas, quanto aos diferentes caracteres avaliados nos locais, os híbridos resultantes dos cruzamentos LGS₃xLGS₉, LGS₂xLGS₆, LGS₂xLGS₄ e LGS₂xLGS₃ tiveram os melhores desempenhos

em produtividade (Tabela 2), com destaque para LGS₃xLGS₉, com um dos melhores níveis de resistência às doenças estudadas. O híbrido LGS₂xLGS₄ teve desempenho superior também quanto à produtividade, em todos os locais, além de ter se mostrado um dos genótipos mais resistentes à mancha-branca. Apenas em Sorriso o híbrido LGS₂xLGS₃ não apresentou produtividade superior, mas mostrou-se resistente à ferrugem-polissora, com plantas mais baixas e com menor altura de espiga. Interações significativas de genótipos x ambientes, quanto à resistência a doenças causadas por *P. maydis*, também foram observadas por Paterniani et al. (2000), Carson (2001), Lopes et al. (2007), Guimarães et al. (2009) e Vivek et al. (2010).

Foram observados efeitos significativos de capacidade geral de combinação (CGC), e de suas interações com locais, em todas as características avaliadas (Tabela 1). Os efeitos significativos de CGC indicam um comportamento médio diferente de cada genitor,

Tabela 1. Quadrados médios com base em médias de tratamentos, níveis de significância e componentes quadráticos das capacidades geral (ϕ_g) e específica (ϕ_s) de combinação, para as características produtividade de grãos (PG), Mg ha⁻¹, altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) em cm, avaliadas em quatro locais (Pitangueiras, Sorriso, Jaciara e Dourados), e notas de severidade de mancha-branca (MB), em dois locais (Pitangueiras e Sorriso), e de helmintosporiose (ET), ferrugem tropical (PHY) e ferrugem-polissora (FP) em Pitangueiras⁽¹⁾.

Fonte de variação	Análise de quatro locais				Análise de dois locais		Análise individual em Pitangueiras ⁽²⁾			
	GL	PG	AP	AE	GL	MB ⁽²⁾	GL	ET	PHY	FP
Local (L)	3	103,48**	501,86**	323,61**	1	7813,8 ^{ns}	-	-	-	-
Tratamento	45	1,0436**	113,57**	144,72**	45	885,71**	45	259,63**	514,16**	672,23**
Testemunha (T)	4	2,9099**	65,213 ^{ns}	249,41**	4	1254,3**	4	532,67**	1101,2**	1169,8**
T x H	1	0,3995 ^{ns}	50,111 ^{ns}	108,06 ^{ns}	1	117,23 ^{ns}	1	730,70**	3954,8**	1340,6**
Híbridos (H)	40	0,8731**	120,00**	135,17**	40	868,07**	40	220,55**	369,44**	605,77**
CGC	9	1,8475**	275,25**	362,54**	9	2741,9**	9	416,11**	770,06**	1330,7**
CEC	31	0,5902**	74,923**	69,157**	31	324,05**	31	163,77**	253,13**	395,31**
L x tratamentos	135	0,6987**	69,218**	74,530**	45	515,73**	-	-	-	-
L x T	12	1,2994**	73,002**	83,261**	4	1220,4**	-	-	-	-
L x (T x H)	3	0,4103 ^{ns}	70,288 ^{ns}	144,87*	1	31,053 ^{ns}	-	-	-	-
L x híbrido (H)	120	0,6459**	68,812**	71,899**	40	457,38**	-	-	-	-
L x CGC	27	1,2236**	118,38**	126,48**	9	1253,5**	-	-	-	-
L x CEC	93	0,4781**	54,422**	56,052**	31	226,25**	-	-	-	-
Erro	326	0,2736	31,711	32,336	176	80,516	86	61,468	94,438	155,54
CV (%)		13,8	4,9	8,5		7,9		6,3	7,7	10,9
Componentes quadráticos										
ϕ_g		0,1967	30,442	41,275		332,67		44,330	84,452	146,89
ϕ_s		0,3166	43,212	36,821		243,53		102,30	158,69	239,77
ϕ_g/ϕ_s		0,6214	0,7044	1,1209		1,3660		0,4333	0,5321	0,6126

⁽¹⁾^{ns}Não significativo. ** e *Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ⁽²⁾Os quadrados médios de notas de severidade a doenças foram transformados para (x)^{0,5}, multiplicados por 10⁻⁴. CGC, capacidade geral de combinação; CEC, capacidade específica de combinação; ϕ_g , componentes quadráticos que expressam a variabilidade genética em termos de capacidade geral de combinação; ϕ_s , componentes quadráticos que expressam a variabilidade genética em termos de capacidade específica de combinação.

Tabela 2. Produtividade de grãos (Mg ha⁻¹), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), e notas de severidade de mancha-branca (MB), helmintosporiose (ET), ferrugem tropical (PHY) e de ferrugem-polissora (FP), de 41 híbridos avaliados em Pitangueiras (PIT), Sorriso (SO), Jaciara (JA) e Dourados (DO)⁽¹⁾.

Híbrido	Produtividade				Altura da planta				Altura da espiga				MB		ET	PHY	FP
	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	PIT	PIT	PIT
LGS ₁ xLGS ₂	9,71b	5,58a	6,10a	4,53a	265a	188a	192a	171c	153a	77a	108a	88b	3,5e	4,2a	4,5b	3,3e	3,0b
LGS ₁ xLGS ₃	8,36c	4,88b	4,74a	5,86a	248a	173a	183a	173b	143a	73b	92a	88b	7,0b	5,0a	4,7b	3,5e	2,5b
LGS ₁ xLGS ₄	10,25b	4,51b	5,13a	5,64a	250a	165b	188a	170c	148a	67b	93a	97a	5,7c	3,5a	3,8c	3,0e	3,5b
LGS ₁ xLGS ₅	9,37b	6,03a	5,91a	5,68a	243a	168b	192a	182a	135b	65b	98a	102a	4,0e	3,5a	5,0b	5,0c	3,5b
LGS ₁ xLGS ₆	7,50c	6,14a	5,32a	5,81a	227b	175a	193a	168c	133b	80a	93a	90b	5,0d	4,7a	5,0b	3,5e	3,3b
LGS ₁ xLGS ₇	7,70c	5,55a	6,60a	5,80a	247a	183a	192a	163d	142a	80a	92a	75c	6,0c	4,0a	5,0b	4,7d	2,3b
LGS ₁ xLGS ₉	7,54c	6,68a	6,31a	5,56a	238b	167b	190a	163d	138b	77a	102a	63d	3,7e	4,5a	4,5b	4,7d	3,5b
LGS ₁ xLGS ₁₀	9,42b	5,27b	6,96a	5,63a	250a	170b	185a	166c	132b	73b	95a	78c	5,0d	3,5a	5,5a	4,5d	4,0a
LGS ₂ xLGS ₃	10,39a	5,08b	6,50a	5,20a	237b	162b	193a	182a	123c	72b	98a	95b	4,5d	3,2b	4,7b	5,0c	3,5b
LGS ₂ xLGS ₄	10,64a	5,73a	5,22a	6,67a	253a	183a	183a	163d	153a	83a	92a	95b	2,5f	2,8b	4,5b	5,0c	4,3a
LGS ₂ xLGS ₅	8,58c	5,46a	6,62a	5,76a	255a	162b	183a	158d	148a	70b	95a	75c	3,0f	3,0b	4,5b	5,0c	3,5b
LGS ₂ xLGS ₆	11,58a	6,59a	6,35a	5,62a	260a	187a	198a	163d	163a	87a	102a	83c	4,0e	3,2b	5,0b	4,5d	5,7a
LGS ₂ xLGS ₇	9,46b	5,52a	5,38a	7,25a	268a	190a	193a	189a	162a	98a	95a	91b	5,0d	3,0b	5,0b	4,5d	5,2a
LGS ₂ xLGS ₉	9,72b	6,20a	5,29a	4,86a	247a	172b	183a	171c	137b	80a	83a	95b	3,0f	3,5a	4,5b	4,5d	3,2b
LGS ₂ xLGS ₁₀	9,07b	5,58a	5,56a	5,75a	250a	178a	187a	168c	158a	80a	97a	92b	3,0f	3,7a	4,7b	4,7d	4,5a
LGS ₃ xLGS ₄	9,14b	5,21b	5,96a	5,49a	225b	162b	193a	166c	123c	70b	92a	83c	4,0e	3,7a	3,3d	3,8d	2,7b
LGS ₃ xLGS ₅	9,29b	5,33b	4,26a	6,35a	222b	163b	188a	166c	110c	63b	92a	78c	4,3e	2,8b	3,5d	4,0d	3,0b
LGS ₃ xLGS ₆	8,97b	5,00b	5,63a	5,71a	223b	167b	192a	173b	123c	67b	97a	78c	5,3c	3,5a	5,7a	4,0d	3,0b
LGS ₃ xLGS ₇	7,54c	5,05b	6,34a	6,32a	233b	170b	198a	168c	132b	75a	100a	98a	8,0a	3,5a	4,5b	3,0e	3,0b
LGS ₃ xLGS ₉	11,36a	5,81a	6,29a	5,84a	235b	167b	188a	183a	130b	65b	93a	82c	4,5d	3,2b	4,5b	3,5e	3,0b
LGS ₃ xLGS ₁₀	8,29c	5,00b	5,32a	5,58a	233b	162b	193a	167c	128b	55b	98a	78c	5,3c	3,0b	5,0b	4,7d	2,3b
LGS ₄ xLGS ₅	8,67c	5,54a	4,81a	6,16a	228b	165b	172a	181a	127b	68b	100a	110a	3,0f	3,5a	3,0d	4,0d	3,7b
LGS ₄ xLGS ₆	9,51b	5,34b	4,87a	5,47a	242a	163b	180a	176b	137b	77a	85a	100a	4,0e	3,0b	4,7b	4,0d	4,0a
LGS ₄ xLGS ₈	8,24c	5,16b	5,56a	5,61a	240b	175a	188a	149e	138b	78a	97a	66d	2,3f	4,3a	4,3b	4,0d	2,7b
LGS ₄ xLGS ₉	8,64c	5,83a	5,54a	6,59a	258a	167b	192a	177b	147a	78a	100a	93b	3,0f	3,5a	4,0c	5,7c	4,7a
LGS ₄ xLGS ₁₀	8,48c	5,53a	5,39a	6,02a	228b	167b	188a	186a	127b	68b	103a	103a	3,5e	3,2b	5,5a	5,0c	4,7a
LGS ₅ xLGS ₆	7,11c	4,98b	5,24a	4,45a	232b	165b	188a	158d	132b	72b	92a	75c	5,3c	4,0a	4,7b	5,3c	5,0a
LGS ₅ xLGS ₇	7,39c	4,98b	4,91a	4,36a	238b	178a	190a	175b	137b	78a	95a	88b	6,3b	3,5a	5,0b	4,7d	3,0b
LGS ₅ xLGS ₈	8,10c	4,67b	6,88a	5,63a	252a	180a	193a	178b	138b	72b	92a	90b	3,0f	2,8b	4,7b	6,0b	5,0a
LGS ₅ xLGS ₉	8,57c	5,72a	5,29a	6,74a	235b	160b	193a	158d	132b	65b	92a	93b	3,0f	3,0b	4,7b	5,7c	5,0a
LGS ₅ xLGS ₁₀	7,14c	4,89b	5,05a	6,10a	225b	158b	189a	178b	113c	68b	82a	85c	2,8f	3,2b	5,0b	5,0c	5,2a
LGS ₆ xLGS ₇	6,41c	4,30b	5,68a	6,47a	252a	180a	192a	179b	148a	93a	95a	90b	5,3c	4,0a	5,7a	4,5d	4,5a
LGS ₆ xLGS ₈	6,56c	4,78b	6,84a	6,41a	232b	170b	187a	172c	132b	75a	98a	78c	3,3f	2,8b	5,0b	5,0c	3,2b
LGS ₆ xLGS ₉	8,52c	6,02a	6,82a	6,76a	237b	172b	182a	173b	148a	80a	102a	82c	5,0d	3,5a	4,0c	6,0b	5,2a
LGS ₆ xLGS ₁₀	7,42c	5,21b	6,18a	6,61a	247a	157b	202a	171c	138b	70b	95a	98a	3,0f	3,5a	5,0b	6,0b	5,5a
LGS ₇ xLGS ₈	7,68c	3,23b	5,96a	6,35a	255a	165b	188a	175b	133b	72b	106a	88b	6,8b	3,8a	4,0c	4,0d	4,2a
LGS ₇ xLGS ₉	7,99c	5,14b	6,01a	5,18a	243a	177a	187a	178b	138b	82a	88a	88b	4,3e	3,7a	5,7a	3,7e	3,0b
LGS ₇ xLGS ₁₀	8,11c	4,93b	4,88a	5,39a	232b	173a	177a	183a	133b	82a	88a	85c	6,0c	4,0a	4,7b	4,0d	3,8b
LGS ₈ xLGS ₉	7,67c	4,13b	5,87a	5,84a	258a	168b	188a	175b	148a	77a	110a	95b	3,5e	4,0a	4,0c	5,8b	5,0a
LGS ₈ xLGS ₁₀	7,81c	5,39b	5,05a	4,73a	230b	162b	187a	160d	120c	72b	95a	80c	2,5f	1,7c	4,0c	5,0c	5,0a
LGS ₉ xLGS ₁₀	6,83c	5,06b	6,37a	5,39a	230b	163b	195a	168c	122c	65b	102a	93b	4,3e	4,0a	5,7a	4,0d	3,0b
P3069 ⁽²⁾	5,94c	5,04b	4,75a	5,91a	222b	160b	184a	177b	112c	62b	87a	87b	4,0e	4,2a	4,0c	8,0a	7,0a
P30F90 ⁽²⁾	12,11a	6,63a	5,60a	5,81a	247a	187a	183a	167c	138b	73b	92a	92b	3,0f	4,0a	3,0d	4,0d	3,0b
BG 7060 ⁽²⁾	8,73c	5,61a	5,35a	6,04a	245a	170b	193a	169c	147a	75a	103a	91b	2,7f	3,5a	4,0c	6,3b	4,0a
Balu 761 ⁽²⁾	9,06b	4,98b	4,78a	5,21a	223b	172b	188a	181a	133b	85a	85a	105a	4,5d	3,0b	4,0c	4,7d	4,0a
Dow 2A120 ⁽²⁾	7,01c	5,14b	5,85a	4,26a	235b	167b	187a	171c	110c	58b	98a	88b	8,2a	3,8a	5,7a	6,7b	5,0a
Média Testemunhas	8,57	5,48	5,27	5,45	234	171	187	173	128	71	93	93	4,5	3,7	4,1	5,9	4,6
Média Híbridos	8,55	5,29	5,73	5,78	242	170	189	171	137	74	96	87	4,3	3,5	4,6	4,5	3,8
Média Geral	8,56	5,31	5,68	5,75	241	170	189	172	136	74	95	88	4,3	3,5	4,6	4,7	3,9

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Híbridos comerciais, testemunhas.

quando em cruzamento com os demais genitores e, ao se considerar a interação com local, mostra ainda que as estimativas de CGC (\hat{g}_i) foram diferenciadas nesses locais e que é necessário que a seleção seja realizada em cada local. Estudos sobre resistência a doenças e quanto à produtividade mostram a existência de interações de CGC e CEC com o ambiente (Paterniani et al., 2000; Carson, 2001; Lopes et al., 2007; Guimarães et al., 2009; Vivek et al., 2010).

As estimativas de g_i s, com valores dentro do intervalo zero mais ou menos o desvio-padrão da estimativa de g_i [DP (g_i)], para cada característica, foram consideradas nulas, e indicam que os genitores não contribuíram significativamente para o aumento ou redução do caráter, quando em cruzamento com os demais genitores. Para Cruz et al. (2004), valores elevados para CGC, positivos ou negativos, mostram que o genitor é muito superior ou inferior, respectivamente, aos demais genitores do dialelo. Neste contexto, as linhagens com melhores \hat{g}_i s quanto à produtividade e demais características foram LGS₂, LGS₉, LGS₄ e LGS₃, presentes na composição dos híbridos mais promissores. Com base nos locais, as linhagens LGS₂ e LGS₉ apresentaram as melhores estimativas de \hat{g}_i s quanto à produtividade e resistência à mancha-branca. A linhagem LGS₄ apresentou as melhores estimativas de \hat{g}_i s quanto à severidade de todas as doenças estudadas, e a LGS₃ destacou-se por

apresentar estimativas que contribuíram para reduzir a severidade de helmintosporiose, ferrugem tropical, ferrugem-polissora e as médias de altura da planta e altura de espiga (Tabela 3).

Os efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) também foram significativos para todas as características, bem como o de suas interações com locais, nas análises conjuntas (Tabela 1). Os efeitos de CEC indicam que determinadas combinações híbridas exibem oscilação em seu desempenho que não pode ser explicada pela média dos pais e suas capacidades gerais de combinação (Cruz et al., 2004). A significância da interação mostra que houve comportamento diferenciado dos genótipos em cada local, quanto ao desempenho dos híbridos e à capacidade combinatória das linhagens avaliadas.

Considerando-se todos os locais de avaliação, as melhores estimativas de CEC (\hat{s}_{ii}) quanto à produtividade ficaram por conta das combinações entre LGS₂xLGS₆ e LGS₃xLGS₉, com valores muito superiores em Pitangueiras, onde foram encontradas as maiores médias (Tabela 4). Quanto às características altura de planta e de espiga, destacaram-se as combinações específicas entre LGS₁xLGS₇ e LGS₄xLGS₈. As estimativas de s_{ii} indicam cruzamentos promissores com relação à resistência às doenças foliares avaliadas, com destaque para as combinações: LGS₄xLGS₅ e LGS₆xLGS₉,

Tabela 3. Estimativas das médias dos cruzamentos (m), de CGC (g_i) e do desvio-padrão (DP) das estimativas, e contrastes entre os genitores, quanto às características produtividade de grãos (Mg ha⁻¹), altura de planta (cm) e altura de espiga (cm); notas de severidade de mancha-branca (MB), helmintosporiose (ET), ferrugem tropical (PHY) e ferrugem-polissora (FP), avaliadas em Pitangueiras (PIT), Sorriso (SO), Jaciara (JA) e Dourados (DO).

Estimativa ⁽¹⁾	Produtividade				Altura de planta				Altura de espiga				MB		ET	PHY	FP
	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	PIT	PIT	PIT
m	8,56	5,24	5,75	5,78	242	171	189	171	137	74	96	87	4,3	3,5	4,6	4,5	3,8
g_1	0,11	0,28	0,21	-0,26	5	4	1	-2	4	-1	1	-3	0,7	0,7	0,1	-0,5	-0,7
g_2	1,44	0,44	0,20	-0,10	15	8	0	-1	15	7	1	2	-1,0	-0,3	0,0	0,1	0,4
g_3	0,61	-0,19	-0,08	0,00	-11	-6	3	1	-12	-8	0	-3	1,1	-0,1	-0,2	-0,6	-1,1
g_4	0,62	0,06	-0,52	0,23	-1	-1	-4	1	1	0	-1	8	-0,7	0,0	-0,5	-0,3	-0,1
g_5	-0,35	0,05	-0,35	-0,10	-6	-4	-1	-1	-8	-6	-3	2	-0,5	-0,3	-0,2	0,5	0,3
g_6	-0,43	0,14	0,15	0,16	-4	0	2	-1	3	4	-1	-1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,6
g_7	-0,80	-0,46	-0,11	0,16	4	7	0	6	4	9	-1	2	1,8	0,2	0,3	-0,5	-0,2
g_8	-0,63	-0,72	0,39	-0,09	5	1	0	-4	-1	-1	5	-6	-0,7	-0,2	-0,4	0,3	0,1
g_9	-0,02	0,42	0,25	0,09	0	-3	0	1	1	0	1	0	-0,6	0,2	0,0	0,4	0,1
g_{10}	-0,56	-0,04	-0,13	-0,10	-7	-6	0	1	-8	-5	-1	1	-0,4	-0,2	0,4	0,3	0,5
DP (g_i)	0,20	0,12	0,20	0,16	2	2	2	1	2	2	2	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
DP ($g_i - g_j$)	0,30	0,18	0,30	0,24	3	3	3	2	3	2	4	2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2

⁽¹⁾ g_1 a g_{10} , efeito da capacidade geral de combinação nas linhagens 1 a 10; g_i e g_j , efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) da i-ésima linhagem LGS_i e j-ésima linhagem LGS_j, na combinação híbrida entre linhagens LGS_ixLGS_j; DP (g_i), desvio-padrão das estimativas CGC; DP ($g_i - g_j$), desvio-padrão dos contrastes das estimativas de CGC.

Tabela 4. Estimativas do efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores i e i' ($s_{ii'}$) e desvio-padrão (DP) das estimativas CEC e de seus contrastes, nas combinações dos genitores dois a dois, para as características produtividade de grãos, ($Mg\ ha^{-1}$), altura de planta e altura de espiga (cm); notas de severidade de mancha-branca (MB), helmintosporiose (ET), ferrugem tropical (PHY) e ferrugem-polissora (FP), avaliadas em Pitangueiras (PIT), Sorriso (SO), Jaciara (JA) e Dourados (DO).

$s_{ii'}$	Produtividade				Altura de planta				Altura de espiga				MB		ET	PHY	FP
	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	JA	DO	PIT	SO	PIT	PIT	PIT
s_{12}	-0,40	-0,38	-0,06	-0,89	3	6	2	3	-2	-4	10	2	-0,5	-0,4	-0,2	-0,8	-0,5
s_{13}	-0,91	-0,46	-1,13	0,34	12	5	-9	4	14	8	-6	7	0,9	0,5	0,2	0,1	0,4
s_{14}	0,97	-1,08	-0,30	-0,11	4	-8	3	0	6	-8	-3	5	1,4	0,1	-0,4	-0,7	0,4
s_{15}	1,05	0,46	0,30	0,26	2	-2	4	13	2	-3	4	16	-0,5	-0,7	0,5	0,5	0,0
s_{16}	-0,74	0,47	-0,78	0,13	-17	1	2	0	-10	3	-3	7	-0,2	0,4	-0,1	-0,8	-0,4
s_{17}	-0,17	0,48	0,75	0,12	-5	2	2	-12	-4	-3	-4	-11	-0,8	0,4	0,0	1,2	-0,6
s_{19}	-1,10	0,73	0,10	-0,06	-9	-5	1	-6	-4	3	3	-21	-0,8	-0,7	-0,2	0,3	0,2
s_{110}	1,31	-0,21	1,13	0,21	10	1	-5	-3	-2	4	-1	-7	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4
s_{23}	-0,22	-0,42	0,63	-0,49	-9	-12	1	11	-16	-2	2	10	0,0	-0,5	0,2	1,0	0,4
s_{24}	0,03	-0,02	-0,21	0,76	-2	6	-2	-8	1	1	-4	-1	-0,2	-0,3	0,4	0,7	0,2
s_{25}	-1,07	-0,27	1,02	0,18	4	-13	-4	-11	4	-6	1	-15	0,1	0,5	0,1	-0,1	-1,0
s_{26}	2,02	0,76	0,25	-0,22	7	8	8	-6	9	1	5	-5	0,4	-0,4	0,0	-0,4	0,9
s_{27}	0,26	0,29	-0,46	1,41	7	4	4	13	6	7	-1	0	-0,2	0,4	0,1	0,4	1,2
s_{29}	-0,25	0,09	-0,92	-0,92	-10	-4	-6	0	-16	-1	-15	6	0,2	0,7	-0,1	-0,5	-1,1
s_{210}	-0,37	-0,06	-0,27	0,17	0	5	-3	-3	14	3	1	2	0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,1
s_{34}	-0,64	0,09	0,81	-0,52	-5	-2	6	-6	-3	3	-3	-8	-0,8	-0,3	-0,6	0,2	0,0
s_{35}	0,48	0,22	-1,06	0,67	-3	3	-2	-5	-7	3	-1	-7	-0,6	-0,4	-0,7	-0,4	-0,1
s_{36}	0,23	-0,20	-0,19	-0,24	-4	2	-2	2	-5	-3	2	-5	-0,3	0,8	0,9	-0,2	-0,4
s_{37}	-0,83	0,45	0,78	0,37	-2	-2	7	-10	2	-1	6	12	0,8	-0,5	-0,2	-0,4	0,5
s_{39}	2,22	0,33	0,37	-0,04	3	5	-3	11	4	-1	-3	-2	-0,4	0,2	0,1	-0,8	0,1
s_{310}	-0,32	-0,02	-0,22	-0,1	9	2	2	-6	11	-7	4	-6	0,3	0,2	0,2	0,5	-0,9
s_{45}	-0,16	0,18	-0,07	0,26	-7	0	-12	10	-4	-1	8	14	-0,1	0,0	-0,9	-0,7	-0,4
s_{46}	0,77	-0,11	-0,51	-0,7	4	-6	-7	5	-4	-2	-9	7	0,2	1,1	0,2	-0,5	-0,4
s_{48}	-0,31	0,57	-0,06	-0,31	-6	5	3	-18	1	4	-3	-22	-0,6	-0,3	0,6	-0,6	-1,2
s_{49}	-0,51	0,10	0,06	0,49	17	1	7	4	8	4	4	-1	-0,1	0,0	-0,1	1,1	0,8
s_{410}	-0,13	0,27	0,28	0,12	-6	3	3	13	-4	-2	10	7	0,3	-0,3	0,9	0,5	0,5
s_{56}	-0,66	-0,46	-0,31	-1,39	-1	-1	-1	-11	0	0	0	-12	1,3	-0,7	-0,1	0,0	0,2
s_{57}	-0,02	0,14	-0,38	-1,48	-2	5	2	-2	3	1	4	-3	0,7	0,1	0,3	0,1	-0,9
s_{58}	0,52	0,09	1,08	0,04	11	13	6	12	10	4	-6	7	-0,1	-0,1	0,6	0,6	0,7
s_{59}	0,38	0,01	-0,37	0,96	-1	-3	6	-13	1	-3	-2	4	-0,3	0,7	0,2	0,3	0,7
s_{510}	-0,51	-0,36	-0,22	0,52	-4	-2	1	7	-8	5	-9	-5	-0,6	0,5	0,1	-0,3	0,6
s_{67}	-0,92	-0,64	-0,10	0,37	9	2	1	2	4	6	1	2	-1,0	-0,4	0,4	0,2	0,3
s_{68}	-0,94	0,11	0,55	0,56	-11	-1	-4	5	-7	-2	-2	-2	-0,5	0,0	0,3	-0,1	-1,4
s_{69}	0,41	0,21	0,67	0,73	-2	4	-9	2	8	2	5	-4	1,1	-0,7	-1,0	0,8	0,6
s_{610}	-0,16	-0,14	0,41	0,77	15	-8	11	0	6	-4	1	11	-1,1	-0,3	-0,4	0,9	0,6
s_{78}	0,54	-0,84	-0,08	0,50	4	-13	-1	2	-7	-11	7	5	1,4	0,1	-0,6	-0,4	0,4
s_{79}	0,25	-0,07	0,12	-0,85	-3	2	-2	0	-4	-2	-7	-1	-1,2	0,5	0,8	-0,7	-0,7
s_{710}	0,90	0,19	-0,64	-0,44	-8	1	-13	5	0	3	-5	-5	0,3	-0,5	-0,7	-0,3	-0,2
s_{89}	-0,24	-0,82	-0,53	0,06	11	0	-1	7	11	3	8	14	0,5	-0,4	-0,3	0,6	0,9
s_{810}	0,43	0,90	-0,97	-0,86	-10	-4	-3	-8	-8	3	-5	-2	-0,7	0,6	-0,7	-0,1	0,6
s_{910}	-1,15	-0,56	0,49	-0,38	-6	1	6	-5	-9	-5	6	5	1,0	-0,4	0,6	-1,2	-1,4
DP ($s_{ii'}$)	0,53	0,32	0,53	0,42	5	5	5	3	5	4	6	4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
DP ($s_{ii'} - s_{ikk'}$)	0,79	0,48	0,79	0,64	8	8	8	5	7	6	9	6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,7
DP ($s_{ii'} - s_{kk'}$)	0,73	0,45	0,73	0,59	7	7	7	4	7	6	9	5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6

DP ($s_{ii'}$), desvio-padrão das estimativas de capacidade geral de combinação (CEC); DP ($s_{ii'} - s_{ikk'}$), contraste da estimativa de CEC entre híbridos, obtidos do cruzamento entre genitores i e genitores i' e k ; DP ($s_{ii'} - s_{kk'}$), contraste de estimativas de CEC de híbridos simples, sem a presença de genitores em comum (i , i' , k , k').

resistentes à helmintosporiose; LGS₄xLGS₈, resistente à ferrugem-polissora; e LGS₆xLGS₁₀, resistente à mancha-branca, em Pitangueiras. Estes resultados indicam a contribuição expressiva da CEC para o desempenho dos cruzamentos, quanto às diferentes características. Dos híbridos citados anteriormente como mais promissores, LGS₃xLGS₉ e LGS₂xLGS₆ também apresentaram as maiores médias de \hat{s}_{ii} quanto à produtividade, considerando-se os quatro locais.

Embora os modelos fixos de dialelos tenham suas observações de estimativas de capacidade geral de combinação (g_i) e capacidade específica de combinação (s_{ii}) limitadas ao grupo de genótipos avaliados no dialelo, os componentes quadráticos destes modelos podem expressar a variabilidade genética do material estudado, o que permite realizar inferências sobre o tipo de ação gênica predominante para cada uma das características (Cruz et al., 2004).

Os efeitos significativos de CGC e CEC e as interações com locais indicam que tanto os efeitos aditivos quanto os não aditivos são importantes para as características estudadas. Contudo, as estimativas dos componentes quadráticos de CGC (ϕ_g), CEC (ϕ_s) e a razão entre estes (ϕ_g/ϕ_s), obtida por meio da esperança do quadrado médio nas análises de variância, indicam que os efeitos gênicos aditivos são os mais importantes para as características altura de espiga e resistência à mancha-branca. Os resultados obtidos no presente trabalho concordam com os de Paterniani et al. (2000), Carson (2001), Pegoraro et al. (2002), Silva & Moro (2004), Derera et al. (2007), Lopes et al. (2007) e Vivek et al. (2010), que relatam que a ação gênica aditiva tem maior importância do que a dominante, para a resistência à mancha-branca. Contudo, Das et al. (1989a, 1989b) e Amaral (2005) verificaram que os efeitos dominantes são mais importantes que os aditivos, para a resistência à mancha-branca.

Para resistência a *E. turcicum*, *P. zea* e *P. polysora*, os componentes quadráticos obtidos mostram que os efeitos dominantes foram mais importantes, o que difere das respostas encontradas por Carson (1995), Paterniani et al. (2000) e Vivek et al. (2010).

Conclusões

1. Os efeitos gênicos aditivos são mais importantes para as características altura de espiga e resistência a *Phaeosphaeria maydis*, e os efeitos não aditivos são mais importantes para produtividade, altura de planta e

resistência a *Exserohilum turcicum*, *Physopella zea* e *Puccinia polysora*.

2. As linhagens endogâmicas LGS₂, LGS₉, LGS₄ e LGS₃ são as que participam dos cruzamentos com maior potencial de produtividade e resistência a doenças foliares.

3. Os híbridos resultantes dos cruzamentos LGS₃xLGS₉, LGS₂xLGS₆, LGS₂xLGS₄ e LGS₂xLGS₃ têm maior resistência a doenças foliares e apresentam maior produtividade.

Agradecimentos

Ao Programa de Mestrado em Genética e Biologia Molecular, da Universidade Estadual de Londrina, e à Empresa GS Pesquisa, pelo apoio à realização deste trabalho.

Referências

- AMARAL, A.L. do. **Etiologia e genética da resistência à mancha branca do milho**. 2005. 93p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CARSON, M.L. A new gene in maize conferring the "chlorotic halo" reaction to infection by *Exserohilum turcicum*. **Plant Disease**, v.79, p.717-720, 1995.
- CARSON, M.L. Inheritance of resistance to *Phaeosphaeria* leaf spot of maize. **Plant Disease**, v.85, p.798-800, 2001.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 442p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- DAS, S.N.; PRODHAN, H.S.; KAISER, S.A.K.M. Further studies on the inheritance of resistance to *Phaeosphaeria* leaf spot of maize. **Indian Journal of Mycological Research**, v.27, p.127-130, 1989a.
- DAS, S.N.; SINHAMAHAPATRA, S.P.; BASAK, S.L. Inheritance of resistance to *Phaeosphaeria* leaf spot maize. **Annual Agricultural Research of Nadia**, v.10, p.182-184, 1989b.
- DERERA, J.; TONGOONA, P.; VIVEK, B.S.; VAN RIJ, N.; LAING, M.D. Gene action determining *Phaeosphaeria* leaf spot disease resistance in experimental maize hybrids. **South African Journal of Plant and Soil**, v.24, p.138-144, 2007.
- EMYGDIO, B.M.; IGNACZAK, J.C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, p.95-103, 2007.
- FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F. da; STRIEDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A.A. Desempenho agrônômico e econômico

- do milho em diferentes sistemas de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.399-407, 2006.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p.463-493, 1956.
- GUIA Agroceres de sanidade. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 72p.
- GUIMARÃES, P. de S.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUDIENAS, C.; LÜDERS, R.R.; GALLO, P.B. Capacidade combinatória para resistência à mancha branca em linhagens endogâmicas de milho. **Summa Phytopathologica**, v.35, p.282-287, 2009.
- LOPES, M.T.G.; LOPES, R.; BRUNELLI, K.R.; SILVA, H.P. da; MATIELLO, R.R.; CAMARGO, L.E.A. Controle genético da resistência à mancha-de-*Phaeosphaeria* em milho. **Ciência Rural**, v.37, p.605-611, 2007.
- MIRANDAFILHO, J.B. de; VENCOVSKY, R. Analysis of variance with interaction of effects. **Revista Brasileira de Genética**, v.18, p.129-134, 1995.
- PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; SAWAZAKI, E.; DUDIENAS, C.; DUARTE, A.P.; GALLO P.B. Diallel crosses among maize lines with emphasis on resistance to foliar diseases. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, p.381-385, 2000.
- PEGORARO, D.G.; BARBOSA NETO, J.F.; DAL SOGLIO, F.K.; VACARO, E.; NUSS, C.N.; CONCEIÇÃO, L.D.H. Herança da resistência à mancha foliar de feoféria em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.329-336, 2002.
- PINTO, N.F.J. de A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, p.134-138, 2004.
- SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.
- SILVA, H.P. da; BARBOSA, M.P.M.; NASS, L.L.; CAMARGO, L.E.A. Capacidade de combinação e heterose para resistência a *Puccinia polysora* Underw. em milho. **Scientia Agricola**, v.58, p.777-783, 2001.
- SILVA, H.P. da; MORO, J.R. Diallel analysis of maize resistance to *Phaeosphaeria maydis*. **Scientia Agricola**, v.61, p.36-42, 2004.
- SILVA, R.G.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, E. de. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.921-928, 2003.
- SILVEIRA, F.T.; JUNQUEIRA, B.G.; SILVA, P.C. da; MORO, J.R. Comportamento de linhagens elites de milho para resistência aos enfezamentos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.431-442, 2006.
- VIVEK, B.; ODONGO, O.; NJUGUNA, J.; IMANYWOHA, J.; BIGIRWA, G.; DIALLO, A.; PIXLEY, K. Diallel analysis of grain yield and resistance to seven diseases of African maize (*Zea Mays* L.) inbred lines. **Euphytica**, v.172, p.329-340, 2010.
- VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; RESENDE, I.C.; SILVA, H.P.; POZAR, G. Reação de híbridos comerciais de milho às ferrugens polissora e tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.439-445, 2001.

Recebido em 26 de agosto de 2011 e aprovado em 16 de fevereiro de 2012