

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE GRÃOS E SEVERIDADE DE DOENÇAS FOLIARES EM DIALELO CIRCULANTE

ELIZA GRALAK¹, MARCOS VENTURA FARIA², EVANDREI SANTOS ROSSI², OMAR POSSATO JÚNIOR², ANDRÉ GABRIEL², MARCELO CRUZ MENDES², CARLOS ALBERTO SCAPIM³ e MIKAEL NEUMANN²

¹Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, elizagralak@yahoo.com.br

²Unicentro, Guarapuava, PR, Brasil, mfaria@unicentro.br; mcmendes@unicentro.br; omar.pj@hotmail.com; evandreiscorpium@hotmail.com; andre.gb85@hotmail.com; mikael@unicentro.br

³UEM, Maringá, PR, Brasil, cascapim@uem.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, n.1, p. 116-129, 2015

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar as capacidades geral e específica de combinação de 18 híbridos de milho (P30R50, P30F53, P30B39, P30K64, P30P34, AG8021, AG5011, Garra, Attack, CD304, CD308, SG6010, SG6015, 2B688, GNZ2004, AS1560, AS1551 e AS1572) em dialelo circulante ($p = 18$; $s = 9$) para produção de grãos e severidade de doenças foliares, ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) e cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*), por meio da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Foram conduzidos dois experimentos na região Centro-Sul do Paraná (Guarapuava e Cândói). A interação CGC x locais foi significativa para os três caracteres avaliados e a interação CEC x locais foi não significativa para produção de grãos. Houve predomínio dos efeitos não aditivos para PG. Para todas as características avaliadas, foi possível identificar genitores e combinações híbridas promissoras para a geração de populações-base úteis no melhoramento intra e interpopulacional.

Palavras Chave: cercosporiose; *Cercospora zea-maydis*; ferrugem comum; *Puccinia sorghi*; *Zea mays*.

COMBINING ABILITY OF MAIZE HIBRIDS FOR GRAIN YIELD AND SEVERITY OF LEAF DISEASES IN CIRCULANT DIALLEL

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the general and specific combining ability of 18 maize hybrids (P30R50, P30F53, P30B39, P30K64, P30P34, AG8021, AG5011, Garra, Attack, CD304, CD308, SG6010, SG6015, 2B688, GNZ2004, AS1560, AS1551 and AS1572) in circulating diallel ($p = 18$, $s = 9$) for the production of grain (PG) and occurrence of diseases, common rust (*Puccinia sorghi*), and *Cercospora* leaf spot (*Cercospora zea-maydis*), by the area under the disease progress curve (AUDPC). Two experiments were conducted in the south central Paraná region (Guarapuava and Cândói). The GCA x environment interaction was significant for all traits evaluated and SCA x locations interaction was not significant for grain production. There was a predominance of non-additive effects for PG. For all traits was possible to identify promising parents and hybrid combinations for the generation of base populations useful in intra-and inter-population breeding.

Key words: Grey leaf spot; *Cercospora zea-maydis*; common rust; *Puccinia sorghi*; *Zea mays*.

No melhoramento do milho, o foco principal é a obtenção de genótipos que possuam elevado potencial produtivo e resistência às principais doenças, atendendo às necessidades apontadas pelo atual nível tecnológico e pelas tendências e exigências do mercado. Em programas de melhoramento do milho, é comum a utilização de híbridos comerciais para a geração de populações-base que possuam variabilidade e potencial genético para a obtenção de linhagens promissoras visando ao desenvolvimento de novos híbridos (Hallauer, 1990; Troyer, 1994).

Dentre as principais doenças fúngicas foliares que causam danos significativos na cultura do milho no Brasil, a cercosporiose, causada por *Cercospora zae-maydis* Tehon & E.Y. Daniels, e a ferrugem comum, causada por *Puccinia sorghi* Schw, se destacam e são responsáveis por reduções significativas no rendimento da cultura (Reis et al., 2004; Silva & Schipanski, 2007). Os prejuízos causados por essas doenças são em decorrência da redução da área fotossintetizante, levando à senescência precoce e, conseqüentemente, à redução da produtividade de grãos (Reis et al., 2004). Para o controle dessas doenças foliares, o desenvolvimento de cultivares resistentes é bastante confiável quando os genótipos são avaliados com base na área abaixo da curva de progresso da doença, uma vez que inclui várias medições da severidade da doença ao longo do ciclo de produção (Vieira et al., 2009).

A análise dialélica é recomendada para estimar parâmetros úteis na seleção de genitores com maior potencial no melhoramento genético, para o entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na expressão dos caracteres (Machado, 2007; Oliboni et al., 2013) e, ainda, para a identificação de grupos heteróticos em milho (Hallauer & Miranda Filho, 1995). A avaliação do desempenho de genitores em

combinações híbridas (capacidade de combinação), bem como o potencial “*per se*”, é objetivo fundamental em um programa de melhoramento genético, devido ao seu emprego na formação de híbridos comerciais (Lemos et al., 2002).

O método do dialelo circulante é atraente quando pretende-se avaliar um grande número de genitores, pois permite uma análise acurada com reduzida quantidade de cruzamentos, permitindo elevar ao máximo as informações sobre os grupos observados com um número menor de cruzamentos (Guimarães et al., 2007). Veiga et al. (2000) e Ferreira et al. (2004) apontaram que os dialelos circulantes são tão eficientes quanto os completos, tanto na classificação dos genitores, quanto na obtenção da estimativa da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), exceto quando o número de cruzamentos envolvendo cada genitor for pequeno.

O objetivo do trabalho foi avaliar as capacidades geral e específica de combinação de 18 híbridos comerciais de milho quanto à produtividade de grãos e à severidade de doenças foliares (cercosporiose e ferrugem comum), visando à síntese de novas populações-base para o melhoramento.

Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos na região Centro-Sul do Paraná. O primeiro na área experimental da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, no *campus* Cedeteg, em Guarapuava, localizada a 25° 21' de latitude Sul, 51° 30' de longitude Oeste e a 1100 m de altitude. O segundo na Fazenda Touros, no município de Cândói, localizado a 25° 62' de latitude Sul, 52° 02' de longitude Oeste, a 900 m de altitude. O clima das regiões é tipicamente temperado, classificado como Cfb, segundo Köppen, com

precipitação anual acima de 2.000 mm e temperatura média anual de 18,2 °C.

Dezoito híbridos comerciais de milho (P30R50, P30F53, P30B39, P30K64, P30P34, AG8021, AG5011, Garra, Attack, CD304, CD308, SG6010, SG6015, 2B688, GNZ2004, AS1560, AS1551 e AS1572) foram utilizados como genitores ($p = 18$) de um dialelo circulante, em que cada híbrido participou de nove cruzamentos ($s = 9$) (Tabela 1). Os híbridos foram escolhidos por se destacarem nas lavouras comerciais do estado do Paraná, principalmente na região de Centro-Sul. Foram avaliados 100 tratamentos em látice triplo 10 x 10, sendo os 81 cruzamentos, juntamente com os 18 híbridos genitores e a testemunha DKB330.

Os experimentos foram semeados em sistema de plantio direto. As parcelas foram constituídas de três linhas de 5 m, espaçadas de 0,8 m e

com densidade de 62.500 plantas ha^{-1} . As semeaduras foram realizadas em 27/10/2009 (Guarapuava) e em 30/10/2009 (Candói). As plantas de cada parcela foram colhidas e as espigas debulhadas. Foi avaliada a produção de grãos (PG) em $kg\ ha^{-1}$, corrigida para 13% de umidade.

A partir do pendoamento das plantas, foram realizadas cinco avaliações da severidade dos sintomas da ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) e da cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*), a cada 10 dias, das plantas da linha central de cada parcela, utilizando a escala de notas de 1 a 9 (Agrocere, 1996). A severidade das doenças foi expressa pelos valores da área abaixo da curva de progresso da ferrugem comum (AACPF) e da cercosporiose (AACPC), estimadas conforme o modelo de Campbell & Madden (1990).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott

TABELA 1. Genitores e combinações híbridas avaliados em esquema dialélico circulante.

Genitor	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
2		x	x	x	x	x	x	x	x	x			
3			x	x	x	x	x	x	x	x	x		
4				x	x	x	x	x	x	x	x	x	
5					x	x	x	x	x	x	x	x	x
6						x	x	x	x	x	x	x	x
7							x	x	x	x	x	x	x
8								x	x	x	x	x	x
9									x	x	x	x	x
10										x	x	x	x
11											x	x	x
12												x	x
13													x

1 = GNZ2004; 2 = CD308; 3 = Atttack; 4 = CD304; 5 = AG8021; 6 = SG6010; 7 = P30F53; 8 = P30B39; 9 = P30K64; 10 = P30P34; 11 = Garra; 12 = P30R50; 13 = AG5011; 14 = SG6015; 15 = 2B688; 16 = AS1560; 17 = AS1551; 18 = AS1572.

Knott. Foram realizadas as análises dialélicas individuais e conjunta, utilizando o programa estatístico Genes (Cruz, 2007).

Resultados e Discussão

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para todas as características avaliadas, bem como entre os locais (Tabela 2), demonstrando que os ambientes foram suficientemente distintos na expressão dos caracteres. Os genótipos se comportaram de maneira diferente frente às variações dos ambientes, reflexo do efeito significativo da interação ‘tratamentos x locais’ (Tabela 2). Engelsing et al. (2011) relataram a existência de interação genótipos x ambientes

para rendimento de grãos e severidade de cercosporiose em híbridos de linhagens avaliados em diferentes locais do Brasil.

Os efeitos dos tratamentos foram desdobrados em CGC e CEC (Tabela 2). Houve efeito significativo da CGC para as três características avaliadas, demonstrado que os genitores diferiram entre si na frequência dos alelos favoráveis, indicando a existência de variabilidade entre os genótipos devido aos efeitos gênicos aditivos, com potencial para a formação de novas populações. Pfann et al. (2009) também avaliaram um dialelo de híbridos comerciais em dois locais da região Centro-Sul do Paraná e verificaram efeitos significativos da CGC para produção de grãos,

TABELA 2. Resumo da análise de variância dialélica conjunta dos caracteres: altura de planta (AP); altura de espiga (AE); produção de grãos (PG); área abaixo da curva de progresso da cercosporiose - *Cercospora zeae-maydis* (AACPC) e da ferrugem comum - *Puccinia sorghi* (AACPF) dos 18 genitores e dos 81 cruzamentos avaliados em Guarapuava e em Candói, PR. Unicentro, 2010.

FV	GL	QM		
		PG	AACPC	AACPF
Tratamentos (T)	98	4.752.476,41*	2.168,71*	61.909,89*
CGC	17	11.764.465,57*	6.033,46*	264.205,14*
CEC	81	3.280.824,36*	1.357,60*	19.452,86*
Locais (L)	1	284.483.623,30*	237.423,60*	8.584.515,88*
T x L	98	1.244.568,15*	1.778,37*	39.163,09*
CGC x L	17	2.171.185,73*	4.589,80*	186.588,05*
CEC x L	81	1.050.092,86	1.188,31*	8.222,05*
Resíduo	392	896.012,41	764,89	2.187,29
Componentes quadráticos				
CGC		171.077	82,93	4.124,35
CEC		397.468	98,78	2.877,59
CGC x L		40.144	120,41	5.805,20
CEC x L		51.360	141,14	2.011,58

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

destacando os genitores mais promissores para a formação de populações-base.

Com relação à CEC, também houve diferenças significativas para as três características avaliadas (Tabela 2), indicando que as combinações híbridas demonstram desempenho superior ou inferior ao esperado com base na CGC dos genitores, evidenciando que os parentais apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica em relação às frequências dos alelos nos locos que apresentam dominância ou sobredominância (Vencovsky & Barriga, 1992). Pfann et al. (2009) verificaram significância da CEC para a produção de grãos em combinações híbridas de milho. Oliboni et al. (2013) relataram que a avaliação de dialelo em ambientes diferentes no Centro-Sul do Paraná permitiu a identificação de variabilidade entre híbridos comerciais quanto à produção de grãos, resultante dos efeitos da capacidade de combinação, e com isso foi possível identificar os genitores e as combinações híbridas promissoras para obtenção de novas populações-base para melhoria intra e interpopulacional.

Em relação aos componentes quadráticos, houve predomínio dos efeitos não aditivos para a produção de grãos (Tabela 2), a exemplo do constatado por Aguiar et al. (2004) e Santos et al. (2013), que avaliaram linhagens elite e híbridos simples comerciais, respectivamente, em diferentes ambientes.

Houve efeito significativo da interação 'CGC x locais' para todos os caracteres (Tabela 2), sugerindo que a seleção de genitores com base na CGC deve ser direcionada para cada ambiente. A interação 'CEC x locais' foi não significativa apenas para a produção de grãos (Tabela 2), o que pressupõe que as estimativas da CEC para AACPC e AACPF devam ser interpretadas separadamente para cada local, pois houve resposta diferenciada dos efeitos

não aditivos das combinações híbridas frente às variações ambientais.

O teste de Scott Knott permitiu a formação de três grupos de médias de produção de grãos em Guarapuava e em Candói. O genitor de pior desempenho foi o CD304, o qual foi incluído no grupo de genótipos menos produtivos em ambos os locais (Tabela 3).

Em relação aos efeitos da CGC na produção de grãos, cinco genitores apresentaram estimativas positivas em ambos os locais (SG6015, P30K64, P30B39, GNZ2004 e 2B688) (Tabela 4), indicando que são superiores aos demais genitores do dialelo com relação ao desempenho médio das combinações híbridas. Em contrapartida, sete genitores apresentaram estimativas negativas em ambos os locais e o híbrido CD304 apresentou a estimativa negativa de maior magnitude (Tabela 4).

As oito combinações híbridas classificadas no grupo de maior produção de grãos em ambos os locais (Tabela 3) têm como pelo menos um dos genitores híbrido que apresenta estimativas de CGC positivas de elevada magnitude nos dois ambientes (Tabela 4).

Entre os cruzamentos que envolvem dois genitores com estimativas positivas da CGC em ambos os locais (Tabela 4), destacaram-se as combinações híbridas P30B39 x SG6015 e P30K64 x GNZ2004, que foram classificadas no grupo de genótipos com maior produção de grãos (Tabela 3) e cujas estimativas da CEC foram positivas e de elevada magnitude (Tabela 5). Ainda, os genitores P30B39, P30K64 e SG6015 foram classificados no grupo de genótipos mais produtivos (Tabela 3). Elevados valores da CEC indicam que efeitos não aditivos estão envolvidos no controle genético da produção de grãos e que populações geradas a partir desses genitores podem ser úteis

TABELA 3. Valores médios de produção de grãos - PG (kg ha⁻¹), área abaixo da curva de progresso da cercosporiose - *Cercospora zeaе-maydis* (AACPC) e da ferrugem comum - *Puccinia sorghi* (AACPF) dos 18 genitores e dos 81 cruzamentos avaliados em Guarapuava e em Candói, PR, avaliados na safra 2009/2010. Guarapuava: Unicentro, 2010.

Genótipo	PG (kg ha ⁻¹)		AACPC		AACPF	
	Guarapuava	Candói	Guarapuava	Candói	Guarapuava	Candói
P30R50	11.834 a A	11.896 a A	17.17 b	3.46 f	64.79 e	567.49 c
P30F53	10.646 b A	11.558 a A	48.47 b	5.13 f	71.41 e	577.22 c
P30B39	12.184 a A	13.134 a A	23.58 b	4.18 f	24.51 e	160.64 g
P30K64	12.189 a A	12.312 a A	10.61 b	3.48 f	180.50 d	261.01 f
P30P34	10.963 a A	10.553 b A	113.84 a	6.40 f	79.02 e	473.10 d
AG8021	11.108 a A	12.419 a A	35.74 b	4.68 f	85.85 e	356.62 e
AG5011	10.587 b A	10.912 b A	36.52 b	8.03 f	128.14 d	241.15 g
Garra	11.061 a A	11.201 b A	27.82 b	10.65 f	139.93 d	193.70 g
Attack	10.613 b B	12.387 a A	83.35 a	42.20 b	90.64 e	91.43 h
CD304	8.174 c A	9.122 c A	129.69 a	9.96 f	102.34 e	322.28 e
CD308	10.798 b A	10.911 b A	54.62 b	23.00 d	108.03 e	391.94 d
SG6010	9.332 c B	11.050 b A	59.93 b	47.62 b	140.16 d	276.66 f
SG6015	12.423 a A	12.214 a A	16.55 b	18.64 e	24.51 e	92.20 h
2B688	11.518 a A	11.944 a A	11.01 b	14.96 e	161.92 d	137.08 h
GNZ2004	10.324 b A	10.761 b A	61.66 b	25.11 d	80.97 e	98.25 h
AS1560	11.368 a A	12.085 a A	59.07 b	3.89 f	454.02 a	801.66 a
AS1551	10.850 b B	12.484 a A	42.98 b	20.87 e	13.05 e	264.72 f
AS1572	11.704 a A	12.520 a A	6.99 b	11.81 e	32.50 e	546.01 c
P30R50 X P30F53	6.953 c A	7.104 d A	109.93 a	5.49 f	158.24 d	873.61 a
P30R50 x AG8021	10.764 b A	10.553 b A	54.30 b	5.78 f	175.76 d	608.28 b
P30R50 X Attack	9.793 c B	12.058 a A	83.40 a	34.46 c	56.64 e	372.08 e
P30R50 X CD304	8.550 c B	11.240 b A	99.28 a	5.01 f	79.25 e	481.75 d
P30R50 X CD308	8.867 c B	11.464 a A	63.65 b	5.30 f	359.39 b	452.17 d
P30R50 X SG6010	10.117 b A	11.150 b A	114.30 a	5.41 f	140.81 d	431.43 d
P30R50 X GNZ2004	11.007 a A	12.204 a A	51.52 b	32.09 c	172.01 d	325.27 e
P30R50x AS1551	10.088 b A	11.569 a A	175.02 a	10.30 f	108.31 e	657.17 b
P30R50 x AS 1572	8.480 c B	11.389 b A	126.48 a	4.46 f	88.47 e	672.54 b
P30F53 x AG5011	8.933 c A	10.293 b A	27.82 b	2.38 f	201.43 d	481.62 d
P30F53 X CD308	10.574 b A	11.657 a A	41.59 b	41.18 b	32.43 e	370.23 e
P30F53 x SG6015	11.952 a A	12.487 a A	43.12 b	4.65 f	94.86 e	370.83 e

P30F53 x 2B688	10.054	b	B	12.561	a	A	86.36	a	23.72	d	55.16	e	300.55	f
P30F53 x GNZ2004	10.228	b	A	10.660	b	A	42.26	b	20.87	e	142.33	d	197.77	g
P30F53 x AS1560	10.228	b	A	10.660	b	A	24.62	b	2.33	f	153.28	d	715.46	b
P30F53 x AS1551	10.904	b	A	10.911	b	A	63.95	b	31.26	c	174.00	d	550.32	c
P30F53 x AS1572	10.285	b	A	10.815	b	A	41.43	b	4.96	f	76.71	e	556.11	c
P30B39 x AG5011	9.807	c	A	11.245	b	A	24.74	b	5.16	f	101.68	e	357.59	e
P30B39 x Attack	10.015	b	B	12.965	a	A	56.41	b	16.06	e	137.59	d	216.20	g
P30B39 x CD 308	10.271	b	B	12.272	a	A	58.03	b	8.46	f	109.67	e	250.69	f
P30B39 x SG6015	11.835	a	B	13.933	a	A	24.16	b	20.06	e	92.56	e	179.81	g
P30B39 x 2B688	10.232	b	B	13.298	a	A	53.24	b	7.03	f	38.84	e	161.15	g
P30B39 x GNZ 2004	10.411	b	A	11.762	a	A	43.33	b	11.21	e	106.11	e	166.62	g
P30B39 x AS1560	9.968	b	A	10.225	b	A	39.81	b	13.65	e	124.44	d	390.87	d
P30B39 x AS1551	10.225	b	B	12.106	a	A	131.89	a	62.95	a	112.61	e	350.09	e
P30B39 x AS1572	9.139	c	B	10.971	b	A	39.07	b	4.62	f	76.52	e	332.26	e
P30K64 x Attack	10.713	b	B	13.849	a	A	34.28	b	18.47	e	88.28	e	233.24	g
P30K64 x CD 304	9.869	c	B	11.575	a	A	26.66	b	9.80	f	114.90	d	260.50	f
P30K64 x CD 308	10.345	b	B	11.998	a	A	14.65	b	4.84	f	100.68	e	412.31	d
P30K64 x SG 6015	11.137	a	A	12.184	a	A	16.55	b	3.51	f	82.87	e	212.77	g
P30K64 x 2B688	10.713	b	B	12.447	a	A	27.29	b	6.94	f	51.34	e	296.20	f
P30K64 x GNZ 2004	11.141	a	B	13.083	a	A	28.68	b	14.69	e	78.60	e	183.00	g
P30K64 x AS1560	10.550	b	A	11.193	b	A	32.45	b	3.26	f	169.56	d	468.24	d
P30K64 x AS1551	9.829	c	A	11.320	b	A	85.26	a	11.82	e	203.26	d	430.60	d
P30K64 x AS1572	9.834	c	A	10.974	b	A	30.24	b	3.40	f	57.50	e	472.03	d
P30P34 x AG 8021	8.441	c	B	11.705	a	A	123.98	a	6.48	f	49.72	e	575.60	c
P30P34 x Attack	10.099	b	B	12.402	a	A	58.72	b	16.92	e	64.97	e	206.62	g
P30P34 x CD 304	9.486	c	A	10.900	b	A	63.21	b	9.00	f	101.08	e	422.54	d
P30P34 x CD 308	10.106	b	B	11.797	a	A	47.43	b	8.76	f	260.85	c	540.83	c
P30P34 x 2B688	9.467	c	B	11.318	b	A	42.80	b	10.10	f	106.29	e	425.74	d
P30P34 x GNZ 2004	11.042	a	A	12.371	a	A	44.21	b	6.57	f	133.40	d	156.03	g
P30P34 x AS1560	10.304	b	A	9.641	c	A	16.92	b	3.11	f	145.25	d	673.93	b
P30P34 x AS1551	10.215	b	B	12.362	a	A	124.90	a	6.10	f	125.83	d	579.67	c
P30P34 x AS1572	9.005	c	A	8.727	c	A	105.32	a	4.95	f	71.08	e	520.83	c
AG 8021 x AG 5011	8.777	c	B	10.718	b	A	41.48	b	2.88	f	101.08	e	282.03	f
AG8021 x Garra	10.378	b	B	11.956	a	A	25.76	b	16.18	e	83.72	e	367.31	e
AG8021 x SG6015	10.440	b	A	11.420	b	A	29.14	b	15.07	e	129.95	d	174.07	g
AG8021 x 2B688	9.748	c	B	11.953	a	A	59.00	b	8.23	f	41.22	e	229.07	g

AG8021 x AS1560	10.015	b	B	11.597	a	A	29.28	b	7.38	f	135.69	d	386.38	d
AG8021 x AS1551	8.806	c	A	9.279	c	A	27.56	b	2.91	f	192.33	d	529.35	c
AG8021 x AS1572	9.886	c	A	11.024	b	A	10.50	b	3.82	f	151.68	d	494.49	c
AG 5011 x Attack	10.219	b	B	12.392	a	A	41.29	b	6.32	f	68.86	e	269.90	f
AG 5011 x CD 304	9.160	c	A	9.846	c	A	46.64	b	8.52	f	95.86	e	370.27	e
AG 5011 x CD 308	9.464	c	A	9.789	c	A	35.46	b	5.50	f	161.80	d	285.04	f
AG 5011 x SG 6010	8.936	c	B	10.711	b	A	49.00	b	4.75	f	78.07	e	275.78	f
AG 5011 x GNZ 2004	10.507	b	A	10.717	b	A	50.94	b	42.86	b	73.77	e	184.13	g
AG5011 x AS1572	10.197	b	A	11.295	b	A	16.48	b	2.37	f	153.00	d	429.76	d
Garra x Attack	9.353	c	B	11.564	a	A	48.37	b	21.17	e	76.15	e	188.33	g
Garra x CD 304	8.509	c	B	10.968	b	A	78.95	a	17.19	e	75.64	e	386.15	d
Garra x CD 308	9.145	c	A	10.646	b	A	35.27	b	4.75	f	120.37	d	401.43	d
Garra x SG 6010	9.041	c	A	10.277	b	A	80.27	a	11.01	e	66.73	e	327.26	e
Garra x GNZ 2004	10.665	b	A	11.871	a	A	51.15	b	58.50	a	120.94	d	201.62	g
Garra x AS 1560	9.678	c	A	10.951	b	A	41.87	b	8.84	f	0.97	e	326.85	e
Garra x AS 1551	10.541	b	B	12.206	a	A	59.02	b	15.00	e	152.15	d	284.86	f
Garra x AS 1572	9.971	b	A	11.339	b	A	23.19	b	4.82	f	55.39	e	353.10	e
Attack x SG 6015	9.571	c	B	12.482	a	A	53.17	b	5.97	f	112.40	e	95.09	h
Attack x 2B688	9.286	c	B	12.483	a	A	85.30	a	6.82	f	50.04	e	185.64	g
Attack x AS 1560	10.750	b	A	11.243	b	A	32.17	b	4.58	f	103.47	e	360.74	e
CD 304 x SG 6015	11.184	a	A	12.013	a	A	35.02	b	7.54	f	106.01	e	214.90	g
CD 304 x 2B688	9.675	c	A	10.982	b	A	41.92	b	14.35	e	45.18	e	342.08	e
CD 304 x AS 1560	9.067	c	B	10.727	b	A	50.64	b	11.44	e	145.74	d	559.12	c
CD 304 x AS 1551	8.955	c	B	11.315	b	A	170.85	a	6.90	f	213.86	d	459.90	d
CD 308 x SG 6015	10.089	b	B	12.096	a	A	25.85	b	14.17	e	139.81	d	180.18	g
CD 308 x 2B688	9.872	c	B	11.531	a	A	27.38	b	28.09	d	84.09	e	210.60	g
SG6010 x SG6015	10.438	b	A	11.776	a	A	35.92	b	9.56	f	134.67	d	158.61	g
SG6010 x 2B688	10.358	b	A	11.612	a	A	39.12	b	19.86	e	70.25	e	230.64	g
SG 6010 x GNZ 2004	9.469	c	B	11.886	a	A	64.37	b	31.62	c	331.87	b	112.60	h
SG6010 x AS1560	9.469	c	B	11.886	a	A	51.99	b	10.67	f	115.25	d	500.74	c
SG6010 x AS1551	8.963	c	B	11.349	b	A	87.47	a	16.12	e	167.19	d	318.93	e
SG6010 x AS1572	9.446	c	B	11.731	a	A	68.33	b	24.08	d	67.73	e	419.81	d
SG 6015 x GNZ 2004	11.313	a	A	12.325	a	A	14.02	b	7.12	f	146.41	d	100.59	h
DKB 330	9.657	c	B	11.243	b	A								
Média geral	10.104		B	11.493		A								

no melhoramento interpopulacional para a obtenção de linhagens que, ao serem cruzadas, poderão gerar híbridos mais heteróticos (Hallauer, 1990).

Com relação à capacidade de combinação dos híbridos quanto ao progresso da severidade da cercosporiose e da ferrugem comum, houve efeito significativo da CGC e da CEC para AACPC e AACPF (Tabela 2), o que evidencia a existência de variabilidade para efeitos gênicos aditivos e não aditivos. Engelsing et al. (2011) avaliaram híbridos de linhagens em três locais no estado de Santa Catarina, Goiás e Minas Gerais e também verificaram efeito significativo da CGC e da CEC para severidade de cercosporiose.

De acordo com os componentes quadráticos (Tabela 2), houve predomínio pronunciado dos efeitos gênicos aditivos para a AACPF e maior equilíbrio entre os efeitos aditivos e não aditivos para a AACPC. Alguns trabalhos mostram que a ação gênica aditiva (CGC) tem predominância sobre os efeitos não aditivos (CEC), evidenciando a contribuição de cada genitor sobre a resistência a doenças foliares. No entanto, a CEC negativa assume importância ao mostrar as melhores combinações visando a maior resistência (Cromley et al., 2002; Silva et al., 2001). Os trabalhos de Sanches et al. (2011) e de Nihei & Ferreira (2012) relatam que os efeitos não aditivos foram os que proporcionaram maior resistência à ferrugem tropical (*Physopella zae*) e à ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), respectivamente.

Em relação aos efeitos da CGC para a severidade da cercosporiose (AACPC), observaram-se estimativas negativas para 11 genitores em Guarapuava e nove em Candói (Tabela 4), onde os híbridos P30K64, AG8021, AG5011, SG6015, AS1560 e AS1572 manifestaram contribuição gênica para redução do caráter, indicando que são

promissores para o melhoramento visando a aumentar a resistência à cercosporiose.

Para a CEC da AACPC, destacaram-se as combinações híbridas P30K64 x CD308, AG8021 x AS1551, AG8021 x AS1572 e SG6015 x GNZ2004, por apresentarem CEC negativa em ambos os locais (Tabela 5) e pelo menos um dos genitores com CGC negativa (Tabela 4), demonstrando que os híbridos P30K64, AG8021, AS1572 e SG6015 possuem potencial para utilização no melhoramento visando a maior resistência à cercosporiose. Ressalta-se que o genitor SG6015 apresentou estimativas da CGC positivas para a produção de grãos e negativas para a AACPC e a AACPF em ambos os locais (Tabela 4).

Foi verificado efeito significativo da CGC e da CEC para a AACPD (Tabela 2). Para a CGC, foram obtidas estimativas negativas para os híbridos P30B39, AG5011, Attack e SG6015 em ambos os locais (Tabela 4), demonstrando que populações derivadas desses híbridos podem ser usadas em programas de melhoramento, visando a aumentar a resistência à ferrugem comum (*P. sorghi*). Silva et al. (2001) avaliaram nove linhagens de milho em cruzamento dialélico e encontraram diferenças significativas para efeitos de CGC, de ambientes e da interação CGC x ambientes, para *Puccinia polysora*, e destacaram três linhagens que apresentaram CGC negativa.

Quanto à CEC da AACPF, as combinações híbridas que se destacaram foram P30B39 x SG6015, P30B39 x AS1560, AG5011 x CD308, Attack x AS1560, CD308 x SG6015 e SG6010 x SG6015, que tiveram valores negativos de CEC (Tabela 5) e pelo menos um dos genitores com CGC negativa tanto em Guarapuava, quanto em Candói (Tabela 4), demonstrando a possibilidade de geração

de populações promissoras para o melhoramento visando a maior resistência à ferrugem comum. Ressalta-se que a combinação P30B39 x SG6015 também se destacou quanto à CEC, bem como quanto à CGC dos genitores para a produção de grãos.

sanidade da planta. Os híbridos comerciais avaliados apresentam potencial para obtenção de populações base para melhoramento do milho visando a obter altas produtividades e maiores resistências à cercosporiose e à ferrugem comum.

Conclusão

A análise dialélica mostrou-se eficiente para identificar os melhores híbridos e as combinações que associam produção de grãos e características de

Agradecimentos

Ao CNPq e à Fundação Araucária, pelo auxílio financeiro, e à Capes, pela bolsa de mestrado à primeira autora.

TABELA 4. Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação (g.) para produção de grãos (PG), área abaixo da curva de progresso da cercosporiose - *Cercospora zea-maydis* (AACPC) e da ferrugem comum - *Puccinia sorghi* (AACPF) de 18 híbridos de milho avaliados em dialelo circulante ($p = 18$; $s = 9$) na safra 2009/2010. Unicentro, 2010.

Genitor	Produção de grãos (PG)		AACPC		AACPF	
	Guarapuava	Candói	Guarapuava	Candói	Guarapuava	Candói
P 30R50	-83,1	-323,6	21,5	-4,2	-14,4	166,4
P 30F53	-76,8	-269,0	1,7	0,3	-7,4	125,1
P 30B39	326,1	694,1	-1,9	0,2	-40,0	-71,3
P 30K64	553,5	566,4	-20,3	-5,8	28,2	-15,0
P 30P34	50,6	-398,2	19,9	-5,6	-29,9	93,1
AG8021	-234,2	24,2	-8,0	-3,5	-0,6	16,3
AG5011	-172,5	-627,3	-14,8	-5,2	-2,8	-23,9
Garra	28,6	-192,8	-9,0	1,0	19,1	-50,9
Attack	-141,3	735,7	9,7	7,6	-24,5	-123,7
CD304	-877,6	-637,2	23,6	-0,9	-2,3	8,1
CD308	-233,3	-239,4	-6,9	3,5	44,1	0,7
SG6010	-680,3	-138,9	12,1	6,7	9,8	-43,3
SG6015	915,9	611,8	-21,4	-2,9	-56,0	-134,3
2B688	180,1	366,6	-9,8	0,7	15,5	-93,5
GNZ2004	290,2	296,0	-4,3	11,4	7,9	-161,8
AS1560	247,5	-324,6	-13,2	-5,4	102,4	166,5
AS1551	-22,5	97,3	29,9	5,6	-30,9	44,5
AS1572	-70,8	-241,6	-8,3	-3,5	-17,9	97,2

TABELA 5. Estimativas dos efeitos de capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ij}) da produção de grãos (PG), da área abaixo da curva de progresso da cercosporiose - *Cercospora zea-maydis* (AACPC) e da ferrugem comum - *Puccinia sorghi* (AACPF) de 81 combinações híbridas de milho avaliadas em dialelo circulante em Guarapuava e em Candói, PR, na safra 2009/2010. Guarapuava: Unicentro, 2010.

Cruzamento	PG	AACPC		AACPF	
		Guarapuava	Candói	Guarapuava	Candói
P30R50 x P30F53	-3.465,0	33,6	-3,	73,7	229,0
P30R50 x AG 8021	-31,8	-12,1	0,53	3,7	72,5
P30R50 x ATTACK	30,9	-0,8	18,0	-4,5	-23,5
P30R50 x CD 304	142,2	1,1	-2,8	20,9	-45,7
P30R50 x CD 308	-332,7	-3,9	-6,9	-40,7	-67,9
P30R50 x SG 6010	571,6	27,6	-10,0	-13,5	-44,6
P30R50 x GNZ 2004	753,1	-18,6	11,9	-14,8	-32,2
P30R50 x AS 1551	146,7	70,5	-4,1	35,6	93,2
P30R50 x AS 1572	-483,2	60,3	-0,7	27,8	55,8
P30F53 x AG 5011	-604,3	-12,0	-5,6	-7,4	27,4
P30F53 x CD 308	812,5	-6,2	24,3	-39,5	-108,5
P30F53 x SG 6015	782,6	9,7	-5,7	6,1	27,0
P30F53 x 2B688	454,6	41,5	9,6	32,6	-83,8
P30F53 x GNZ 2004	403,9	-8,1	-3,8	6,8	-118,4
P30F53 x AS 1560	-115,7	-16,8	-5,6	-71,6	70,8
P30F53 x AS 1551	7,28	-20,7	12,2	22,5	27,6
P30F53 x AS 1572	97,7	-4,9	-4,8	29,2	-19,2
P30B39 x AG 5011	-559,1	-11,3	-2,8	-7,7	99,9
P30B39 x ATTACK	-232,1	-4,3	-4,7	40,4	58,3
P30B39 x CD 308	173,9	13,9	-8,2	-35,3	-31,6
P30B39 x SG 6015	841,1	-5,4	9,7	33,0	32,5
P30B39 x 2B688	450,2	12,0	-6,9	-0,78	-26,8
P30B39 x GNZ 2004	-299,5	-3,3	-13,4	42,5	46,8
P30B39 x AS 1560	-1.032,0	2,0	5,8	-106,4	-57,2
P30B39 x AS 1551	157,8	50,9	44,0	54,6	23,9
P30B39 x AS 1572	-782,7	-3,5	-5,0	6,6	-46,5
P30K64 x ATTACK	647,3	-8,0	3,6	-31,8	19,0
P30K64 x CD 304	-1,75	-29,5	3,5	-37,3	-85,6
P30K64 x CD 308	-164,9	-11,0	-5,8	103,6	73,6
P30K64 x SG 6015	-332,5	5,3	-0,7	-33,3	9,2
P30K64 x 2B688	255,6	4,5	-0,9	50,4	51,8
P30K64 x GNZ 2004	305,3	0,4	-3,9	5,5	6,9

P30K64 x AS 1560	-234,4	13,1	1,4	-11,0	-36,2
P30K64 x AS 1551	-707,3	22,6	-1,0	-52,2	48,1
P30K64 x AS 1572	-530,5	5,9	-0,2	-16,5	36,8
P30P34 x AG 8021	-555,1	59,0	2,6	-20,9	113,1
P30P34 x ATTACK	270,4	-23,9	1,9	25,1	-115,7
P30P34 x CD 304	229,1	-33,3	2,5	-4,6	-31,8
P30P34 x CD 308	664,7	-18,6	-2,0	-26,9	93,9
P30P34 x 2BL88	-575,8	-20,3	2,0	68,7	73,1
P30P34 x GNZ 2004	947,1	-24,4	-12,1	-17,3	-128,2
P30P34 x AS 1560	-728,9	-42,7	1,1	-59,2	61,2
P30P34 x AS 1551	431,0	21,9	-6,9	19,4	89,0
P30P34 x AS 1572	-1.595,0	40,7	1,1	4,9	-22,5
AG 8021 x AG 5011	-556,7	11,4	-1,3	20,9	-63,3
AG 8021 x GARRA	612,5	-10,1	5,6	44,8	48,9
AG 8021 x SG 6015	-494,4	5,6	8,4	-0,4	-60,8
AG 8021 x 2B688	-96,8	23,9	-2,0	8,3	-46,6
AG 8021 x AS 1560	356,2	-2,3	3,2	-2,5	-149,4
AG 8021 x AS 1551	-1.732,0	-47,3	-12,2	115,7	115,5
AG 8021 x AS 1572	-77,9	-26,0	-2,1	-27,2	27,9
AG 5011 x ATTACK	604,9	-6,5	-9,0	51,4	64,6
AG 5011 x CD 304	-112,5	-15,0	1,6	38,0	33,0
AG 5011 x CD 308	-465,5	4,2	-5,7	-14,0	-44,7
AG 5011 x SG 6010	-232,1	-1,2	-9,7	40,8	-9,8
AG 5011 x GNZ 2004	11,36	17,2	23,6	1,9	16,9
AG 5011 x AS 1572	323,9	-13,2	-1,8	-19,5	3,5
GARRA x ATTACK	-594,1	-5,2	-0,5	-50,4	10,0
GARRA x CD 304	-172,6	11,4	3,9	-50,0	76,0
GARRA x CD 308	-682,5	-1,7	-12,8	259,2	98,7
GARRA x SG 6010	-421,3	24,2	-9,8	29,2	68,6
GARRA x GNZ 2004	279,1	11,5	33,0	32,3	61,4
GARRA x AS 1560	-262,5	11,2	0,1	-130,2	-141,6
GARRA x AS 1551	567,2	-14,8	-4,7	-35,7	-61,6
GARRA x AS 1572	-57,6	-12,3	-5,7	-25,3	-46,1
ATTACK x SG 6015	-708,3	11,8	-11,7	10,5	0,2
ATTACK x 2B688	-505,1	32,4	-14,5	0	49,9
ATTACK x AS 1560	-0,5	-17,2	-10,6	-75,4	-35,0
CD 304 x SG 6015	888,6	-20,1	-1,6	-8,9	-11,9
CD 304 x 2B688	-171,9	-24,8	1,5	-13,4	74,5
CD 304 x AS 1560	34,7	-12,6	4,7	54,2	31,4

CD 304 x AS 1551	222,7	64,2	-10,9	-29,5	54,1
CD 308 x SG 6015	-431	1,2	0,5	-16,4	-39,1
CD 308 x 2B688	-230,9	-8,8	10,8	-34,5	-49,4
SG 6010 x SG 6015	-21,8	-7,7	-7,2	-17,7	-16,6
SG 6010 x 2B688	253,8	-16,1	-0,6	-22,5	14,5
SG 6010 x GNZ 2004	-428,7	3,6	0,4	38,2	-35,1
SG 6010 x AS 1560	347,1	0,1	-3,6	-57,6	24,5
SG 6010 x AS 1551	-402,5	-7,5	-9,3	-47,7	-35,2
SG 6010 x AS 1572	416,7	11,6	7,8	94,4	12,9
SG 6015 x GNZ 2004	28,7	-13,1	-14,3	-21,0	43,8

Referências

- AGROCERES. **Guia Agroceres de sanidade**. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 72 p
- AGUIAR, C. G.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SILVÉRIO, L.; ANDRADE, C. A. de B. Análise dialética de linhagens de milho na safrinha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1731-1737, 2004.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990.
- CROMLEY, J. M. D.; HALLAUER, A. R.; MARTINSON, C. A. Inheritance of gray leaf spot resistance in corn. **Journal of the Iowa Academy of Science**, Cedar Falls, v. 109, n. 1, p. 25-29, 2002.
- CRUZ, D. C. **Programa Genes-** Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2007. 394 p.
- ENGELSING, M. J.; ROZZETTO, D. S.; COIMBRA, J. L. M.; ZANIN, C. G.; GUIDOLIN, A. F.. Capacidade de combinação em milho para resistência a *Cercospora zaeae-maydis*. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 232-241, 2011.
- FERREIRA, F. M.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; PACHECO, C. A. P.; SILVA, C. H. O.; CRUZ, C. D. Efficiency of circulant diallels as compared to complete diallels for the estimation of general and specific combining ability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 145-151, 2004.
- GUIMARÃES, P. S.; PATERNIANI, M. E. A. G.; LÜDERS, R. R.; SOUZA, A. P.; LABORDA, P. R.; OLIVIERA, K. M. Correlação da heterose de híbridos de milho com divergência genética entre linhagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p. 811-816, 2007.
- HALLAEUR, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468 p.
- HALLAUER, A. R. Methods used in developing maize inbreed lines. **Maydica**, Bergamo, v. 35, p. 1-16, 1990.
- LEMONS, M. A.; GAMA, E. E. G.; MENEZES, D.; SANTOS, V. F.; TABOSA, J. N.; MORAIS, M. S. L. Emergência em campo de híbridos simples de milho superdoce de um cruzamento dialélico. **Horticultura Brasileira**, Brasília,

- DF, v. 20, n. 2, p. 158-162, 2002.
- MACHADO, J. C. **Estabilidade de produção e da capacidade de combinação em híbridos de milho**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.
- NIHEI, T. H.; FERREIRA, J. M. Análise dialélica de linhagens de milho com ênfase na resistência a doenças foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 3, p. 369-377, 2012.
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBINI, D. F. Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, 2013.
- PFANN, A. Z.; FARIA, M. V.; ANDRADE, A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, C. M. D. R.; BRIGHENTTI, R. M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialélico circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 635-641, 2009.
- REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. Ed. Lages: Graphel, 2004. 144 p.
- SANCHES, R. E.; SCAPIM, C. A.; TESSMANN, D. J.; VIEIRA, R. A.; RODOVALHO, M. A.; MILANI, K. F. Genetic analysis of tropical rust resistance in popcorn lines. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 967-971, 2011.
- SANTOS, F. M. C.; FERREIRA, E. A.; GALLO, P. B.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Análise dialélica de híbridos simples de milho visando à obtenção de híbridos F_2 . **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 4, n. 1, p. 31-45, 2013.
- SILVA, H. P.; 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**, Campinas, v. 58, n. 4, p. 777-783, 2001.
- SILVA, O. C.; SCHIPANSKI, C. A. **Manual de identificação e manejo das doenças do milho**. 2.ed. Castro: Fundação ABC. 2007. 116 p.
- TROYER, A. F. O. Breeding early corn. In: **Specialty corns**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 342-396.
- VEIGA, R. D.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha dos genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1395-1406, 2000.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.
- VIEIRA, R. A.; TESSMANN, D. J.; SCAPIM, C. A.; HATA, F. T.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R. Genetic resistance of new popcorn hybrids to foliar diseases. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 9, p. 140-146, 2009.