

DESEMPENHO DE HÍBRIDOS TRIPLOS DE MILHO OBTIDOS DE TOP CROSSES EM TRÊS LOCAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO ⁽¹⁾

MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO PATERNIANI ^(2*); REGINALDO ROBERTO LÜDERS ^(2,3);
AILDSON PEREIRA DUARTE ⁽⁴⁾; PAULO BOLLER GALLO ⁽⁵⁾; EDUARDO SAWAZAKI ⁽²⁾

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a capacidade de combinação e obter híbridos triplos superiores, 30 linhagens do programa de melhoramento de milho do Instituto Agrônomo (IAC) foram cruzadas em esquemas *top crosses* com dois testadores (híbridos simples experimentais). Os 60 híbridos *top crosses*, os testadores e duas testemunhas foram avaliados em dois ensaios (TC1 e TC2), sob delineamento de blocos casualizados com três repetições, na safra 2001/2002, em Campinas (Centro Experimental do IAC), Mococa (Pólo Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista/APTA) e Palmital (Pólo Regional de Desenvolvimento do Vale do Paranapanema/APTA). Os seguintes caracteres foram avaliados: altura da planta (AP) e da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (Ac+Que), massa de espigas (ME) e massa de grãos corrigida para 14% de umidade (MG). A capacidade de combinação foi estimada apenas para MG, de acordo com o Método 2 de Griffing. Pelos resultados constatou-se que tanto os efeitos da Capacidade Geral de Combinação (CGC) como os da Capacidade Específica de Combinação (CEC) foram importantes nesse dialeto. As linhagens que se destacaram quanto à CGC para MG nos três locais foram: L 126, L 111, IP 330 e SLP 103, podendo ser utilizadas para síntese de populações-base em programas de seleção recorrente e para programas de híbridos. Algumas linhagens tiveram elevadas estimativas de g_i em locais específicos, como L 3 e L 161 em Palmital; IP 4035 em Mococa e AL 326 e L 14 em Campinas. Visando maximizar o rendimento potencial dos híbridos em cada ambiente, a escolha das linhagens poderá ser feita de acordo com a capacidade de combinação dentro de cada local.

Palavras-chave: *Zea mays*, capacidade combinatória, *top cross*, híbridos triplos.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF MAIZE TRIPLE CROSS-WAY HYBRIDS IN THREE ENVIRONMENTS IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL

The objectives of this investigation were to study the combining ability of 30 lines of the maize breeding program of the Instituto Agronomico, São Paulo State, Brazil, in top crosses schemes, aiming at to identify lines for developing high yield triple cross hybrids with two testers (single cross hybrids). The 60 top crosses along with two checks were evaluated in 2001/2002, in two experiments, named TC1 and TC2, following a randomized complete block design with three replicates, over three locations:

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 27 de outubro de 2005 e aceito em 14 de agosto de 2006.

⁽²⁾ Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras, Instituto Agrônomo (IAC), Av. Barão de Itapura, n.1481, 13020-902 Campinas (SP). E-mail: elisa@iac.sp.gov.br, * Autora correspondente; sawazaki@iac.sp.gov.br, rrluders@iac.sp.gov.br.

⁽³⁾ Bolsista da FAPESP.

⁽⁴⁾ Pólo Regional de Desenvolvimento do Médio Paranapanema (APTA), Caixa Postal 263, 19800-000, Assis (SP). E-mail: aildson@femagnet.com.br.

⁽⁵⁾ Pólo Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista (APTA), Caixa Postal 58, 13730-970, Mococa (SP). E-mail: polonordestepaulista@aptaregional.sp.gov.br .

Campinas (Centro Experimental Central), Mococa (Pólo Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista/APTA) e Palmital (Pólo Regional de Desenvolvimento do Vale do Paranapanema/APTA). The traits evaluated were: Plant height (AP) and ear height (AE), percentage of lodged and broken plants (Ac + Que), ear yield (PE) and grain yield corrected to 14% moisture (PG). The combining ability of the lines to PG was estimated according to Griffing's Method 2. The results showed that both effects CGC and CEC were important in the 2 x 30 diallel. The lines L 126, L 111, SLP 103 and IP 330 were outstanding as to the combining ability for PG in the three locations, being usefull for synthesis of base population in recurrent selection programs or for hybrid programs for broad adaptation. On the other hand, some lines showed high gi estimates in specific locations, such as L 3 and L 161 in Palmital; IP 4035 in Mococa, AL 326 and L 14 in Campinas. Thus, to maximize the hybrid yield potential for each location, the choice of lines must be made with CGC effects within each location.

Key words: combining ability, top cross, triple cross-way hybrids.

1. INTRODUÇÃO

O vigor de híbrido representa, sem dúvida, uma das maiores contribuições práticas da Genética à agricultura mundial. O conceito de heterose, definido há mais de um século, continua sendo aplicado principalmente na cultura do milho, onde a produção de híbridos se desenvolveu de maneira ímpar e vem dominando o mercado de sementes. O desempenho de um híbrido é resultado da capacidade de combinação das linhagens envolvidas nos cruzamentos. A capacidade geral de combinação (CGC) é associada principalmente a efeitos aditivos dos genes, enquanto a capacidade específica de combinação (CEC) é determinada por efeitos de dominância e epistasia (SPRAGUE e TATUM, 1942).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos melhoristas de milho que trabalham com híbridos de linhagens foi e continua sendo a avaliação das linhagens genitoras quanto à capacidade de combinação. Na prática, os dialélicos completos limitam o número de linhagens a serem utilizadas, requerendo muito esforço nas polinizações manuais para obtenção de todos os cruzamentos desejados. Para contornar o problema, melhoristas têm optado pelo método de *top crosses* proposto por DAVIS (1924) para testar linhagens em programas de milho híbrido, o qual consiste em avaliar o mérito relativo de um grande número de linhagens em cruzamentos com testadores, eliminando as de desempenho agrônômico inferior, tornando mais racional e eficiente o programa de híbridos (NURMBERG et al., 2000).

Segundo MIRANDA FILHO e VIÉGAS (1987) a utilização de híbrido simples como testador é um processo muito empregado, pois permite avaliar um número grande de linhagens, fornece informações de uso mais imediato e possibilita a obtenção de híbridos triplos superiores.

A interação genótipo por ambiente é um fator de extrema importância e uma expressiva fonte de variação em ensaios de híbridos de milho. Há

evidências de que a variância das estimativas de CGC e CEC podem interagir com locais e anos e que a CEC inclui desvios de dominância e epistasia, além de uma porção significativa da interação genótipo por ambiente (ROJAS e SPRAGUE, 1952). SPRAGUE e EBERHART (1977) recomendam duas repetições por local e três a cinco ambientes para avaliações de cruzamentos de milho, porque a interação de efeitos aditivos por ambiente é um fator significativo na manifestação da variância fenotípica. O aumento no número de ambientes reduz o erro e a interação de efeitos aditivos por ambiente, enquanto o aumento no número de repetições somente reduz a contribuição do erro na variância fenotípica (EBERHART et al., 1995).

O presente trabalho pretende avaliar o desempenho dos híbridos triplos de milho e estimar a capacidade combinatória das linhagens em esquemas *top crosses*, em três locais de condições climáticas e edáficas distintas do Estado de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trinta linhagens, listadas na tabela 1, provenientes de germoplasma de clima temperado (CIMMYT) e tropical (do programa de melhoramento de milho do IAC) foram cruzadas em esquemas *top crosses* com dois testadores de base genética restrita (IAC 21 e IAC 101.121). Os 60 híbridos (híbridos simples) resultantes juntamente com as testemunhas comerciais (AGN 2012 e BR 3123) foram avaliados em dois ensaios denominados TC 1 e TC 2, em 2001/2002, no Centro Experimental Central, em Campinas (latitude 22° 54' S longitude 47° 3' W e altitude de 600 m); nas Unidades de Pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios de Mococa (latitude 21° 28' S longitude 47° 01' W e altitude 665 m) (em) e de Palmital (latitude 22° 48' S longitude 50° 14' W e altitude 501 m). Os solos de Campinas, Mococa e

Palmital foram caracterizados, respectivamente, como Latossolo, Argissolo e Latossolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, nos três locais. Cada parcela foi constituída de duas linhas de 5 m espaçadas de 0,90 m entre linhas (0,80 m em Palmital) e 0,20 m entre plantas. As datas de plantio foram 10/11/01, 20/11/02 e 5/11/01 e de colheita 15/4/02, 5/5/02 e 8/3/02, respectivamente, em Campinas, Mococa e Palmital. Para adubação de plantio e cobertura utilizou-se a fórmula 8-28-16 na dose 250 kg ha⁻¹ e 150 kg de sulfato de amônio em Campinas; 400 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 e 200 kg ha⁻¹ de 20-05-20 em Mococa; 300 kg ha⁻¹ 8-28-16 + Zn e 100 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio em Palmital.

Os caracteres avaliados foram: florescimento masculino (FM); altura da planta (AP); altura da espiga (AE); porcentagem de plantas acamadas e quebradas (Ac+Que); massa de espigas (ME) e massa de grãos corrigida para 14% de umidade (MG).

Efetuarão-se análises de variância individuais e conjunta e utilizou-se o teste de Tukey a 5% para comparações de médias. Para análise genética e obtenção das estimativas da capacidade geral de combinação das linhagens, utilizou-se apenas a massa de grãos, considerou-se o dialélico parcial 2 x 30 e adotou-se a adaptação do Método 4 do modelo de Griffing (1956) para dialélico parcial descrito por CRUZ e REGAZZI (1994), utilizando-se o programa Genes (CRUZ,1997).

Tabela 1. Linhagens de milho utilizadas nos cruzamentos *top crosses*

n.º	Denominação	Procedência	Origem	Tipo de grão	Cor do grão
1	L 3	CIMMYT	Pop. 24	Semiduro	Amarelo
2	L 4	CIMMYT	Pop. 24	Dentado	Amarelo
3	L 5	CIMMYT	Pop. 26	Duro	Laranja
4	L 6	CIMMYT	Pop. 26	Duro	Laranja
5	L 8	CIMMYT	Pop. 28	Dentado	Amarelo
6	L 9	CIMMYT	Pop. 36	Dentado	Laranja
7	L 10	CIMMYT	Pop. 36	Dentado	Amarelo
8	L 13	CIMMYT	Pop. 26	Duro	Laranja
9	L 14	CIMMYT	Pop. 27	Duro	Laranja
10	L 15	CIMMYT	Pop. 27	Dentado	Amarelo
11	L 111	CIMMYT	Pop. 26	Duro	Laranja
12	L 117	CIMMYT	Pop. 24	Dentado	Amarelo
13	L 126	CIMMYT	Pop. 27	Semidentado	Amarelo
14	L 130	CIMMYT	Across 7543	Semiduro	Laranja
15	L 156	CIMMYT	Pop. 36	Semidentado	Laranja
16	L 160	CIMMYT	Pop. 28	Dentado	Amarelo
17	L 161	CIMMYT	Pop. 26	Semiduro	Laranja
18	L 162	CIMMYT	Pop. 26	Dentado	Amarelo
19	L 168	CIMMYT	Pop. 24	Semidentado	Amarelo
20	L 169	CIMMYT	Pop. 26	Dentado	Amarelo
21	L 170	CIMMYT	Pop. 27	Duro	Laranja
22	L 171	CIMMYT	Pop. 28	Dentado	Amarelo
23	AL 218	IAC	Cateto	Duro	Laranja
24	AL 326	IAC	Cateto	Duro	Laranja
25	AL 11	IAC	Cateto	Duro	Laranja
26	AL 628	IAC	Cateto	Duro	Laranja
27	IP 330	IAC	Tuxpeno	Dentado	Amarelo
28	SLP 103	IAC	San Louis Potossy	Duro	Laranja
29	IP 701	IAC	Tuxpeno	Dentado	Amarelo
30	IP 4035	IAC	Tuxpeno	Dentado	Amarelo

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância do TC 1, houve efeitos significativos ($P < 0,01$) de locais e híbridos para todos os caracteres avaliados. O efeito da interação híbrido x local (H x L) foi significativo ($P < 0,01$) para FM, Ac + Que, ME e MG. Já para o TC 2, foram detectados efeitos de híbridos significativos ($P < 0,01$) para todos os caracteres, mas o efeito de locais foi significativo para FM, Ac+Que, ME e

MG. O efeito da interação foi significativo a ($P < 0,01$) apenas para FM e para ME e MG ($P < 0,05$).

A média de MG dos cruzamentos nos três locais variou de 6.744 a 8.654 kg ha⁻¹ no TC 1 e de 7.123 a 8.845 kg ha⁻¹ no TC 2. Os híbridos em geral foram precoces, observando-se valores de altura da planta e da espiga inferiores aos dos híbridos comerciais, principalmente em cruzamentos com linhagens de germoplasma temperado (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Médias de florescimento masculino (FM), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), porcentagem de plantas acamadas+quebradas (Ac+Que), massa de espigas (ME) e massa de grãos (MG) corrigida para 14,0% de umidade, de 30 híbridos triplos experimentais do *top cross* 1, das testemunhas e do testador 1. Campinas, Mococa e Palmital (SP), safra 2001/2002

Híbridos triplos	FM	AP	AE	Ac+Que	ME	MG
	dias	cm		%	kg ha ⁻¹	
IAC 21 x L 3	58,44	228	132	4,66	10577	8133
IAC 21 x L 4	59,22	236	130	5,40	10362	7916
IAC 21 x L 5	56,33	249	136	4,14	9855	7647
IAC 21 x L 6	55,78	231	132	4,74	10137	8061
IAC 21 x L 8	58,44	218	116	4,62	8678	6845
IAC 21 x L 9	56,78	216	120	4,50	8860	7143
IAC 21 x L 10	56,22	214	108	3,00	9517	8019
IAC 21 x L 13	55,89	223	115	3,67	9447	7517
IAC 21 x L 14	59,56	243	135	5,36	10255	7734
IAC 21 x L 15	58,33	252	138	4,85	9275	7172
IAC 21 x L 111	56,33	247	131	5,11	10473	8331
IAC 21 x L 117	58,67	235	120	2,57	9873	7568
IAC 21 x L 126	57,44	245	142	3,38	10634	8486
IAC 21 x L 130	57,67	228	128	4,02	10255	8161
IAC 21 x L 156	56,22	239	127	3,51	10815	8625
IAC 21 x L 160	55,89	231	129	4,41	9286	7428
IAC 21 x L 161	56,22	237	131	4,95	9648	7679
IAC 21 x L 162	56,56	233	128	5,04	9429	7281
IAC 21 x L 168	56,44	238	133	6,79	9185	7373
IAC 21 x L 169	56,33	234	128	5,35	9075	7240
IAC 21 x L 170	57,00	226	119	4,53	9155	7327
IAC 21 x L 171	56,78	213	120	5,68	8675	6744
IAC 21 x AL 218	56,44	233	129	5,20	9220	7390
IAC 21 x AL 326	57,67	248	136	5,21	10376	8285
IAC 21 x AL 11	57,67	243	134	3,96	10193	8186
IAC 21 x AL 628	57,56	255	155	6,49	10287	8654
IAC 21 x IP 330	57,44	244	141	3,63	11149	8651
IAC 21 x SLP 103	59,33	251	143	4,12	10778	8382
IAC 21 x IP 701	58,11	248	138	4,64	10425	8086
IAC 21 x IP 4035	57,56	239	137	5,31	10519	8340
IAC 21	58,00	222	120	4,65	9018	7247
IAC101.121	59,56	242	145	2,20	9137	7036
AGN 2012	58,11	227	126	2,62	11145	8900
BR 3123	58,33	237	140	2,36	11824	9332
Média	57,4	235,39	130,71	4,43	9927	7850
D.m.s (5%)	1,55	20,84	15,71	22,08	1660	1298
C.V. (%)	1,49	4,88	6,62	58,51	9,22	9,11

Tabela 3. Médias de florescimento masculino (FM), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e porcentagem de plantas acamadas+quebradas (Ac+Que), massa de espigas (ME) e massa de grãos (MG) corrigida para 14,0% de umidade, de 30 híbridos triplos experimentais do *top cross 2*, das testemunhas e do testador 2. Campinas, Mococa e Palmital (SP), safra 2001/2002

Híbridos triplos	FM	AP	AE	Ac+Que	ME	MG
	dias	cm	cm	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
IAC 101.121 x L 3	59,56	242	144	2,78	10447	7948
IAC 101.121 x L 4	58,89	246	141	2,86	11031	8349
IAC 101.121 x L 5	57,67	248	146	2,11	9910	7742
IAC 101.121) x L 6	57,11	250	148	3,45	9733	7602
IAC 101.121 x L 8	59,00	243	145	2,86	9503	7320
IAC 101.121 x L 9	58,67	234	142	4,19	10635	8161
IAC 101.121 x L 10	57,00	239	135	2,38	10691	8845
IAC 101.121 x L 13	56,44	233	134	3,12	9928	7874
IAC 101.121 x L 14	59,00	261	150	2,57	10202	7939
IAC 101.121 x L 15	58,56	253	146	2,59	10610	8183
IAC 101.121 x L 111	58,00	257	149	3,66	10818	8304
IAC 101.121 x L 117	59,33	246	134	2,02	10084	7777
IAC 101.121 x L 126	59,89	247	145	2,79	10978	8656
IAC 101.121 x L 130	56,89	243	144	2,34	9339	7287
IAC 101.121 x L 156	56,89	241	137	2,23	9826	7746
IAC 101.121 x L 160	56,33	238	139	3,49	10317	8441
IAC 101.121 x L 161	58,44	243	146	2,28	10224	8149
IAC 101.121 x L 162	56,44	229	119	3,68	8711	7177
IAC 101.121 x L 168	57,56	240	149	3,67	9887	7619
IAC 101.121 x L 169	58,11	246	150	3,07	8904	7123
IAC 101.121 x L 170	57,00	239	137	3,21	9482	7258
IAC 101.121 x L 171	57,44	236	146	2,88	9630	7363
IAC 101.121 x AL 218	57,78	261	151	2,97	10489	8207
IAC 101.121 x AL 326	58,44	260	154	4,60	10515	7893
IAC 101.121 x AL 11	60,67	261	157	3,64	10094	7798
IAC 101.121 x AL 628	60,11	272	172	4,01	10026	7735
IAC 101.121 x IP 330	60,78	254	148	3,58	10151	7996
IAC 101.121x SLP 103	60,56	285	186	2,67	10406	8195
IAC 101.121 x IP 701	60,56	256	155	2,55	10047	7711
IAC 101.121 x IP 4035	60,22	267	161	3,65	9671	7786
IAC 21	57,33	225	121	3,67	9258	7280
IAC 101.121	60,67	251	153	3,48	9604	7509
AGN 2012	57,22	233	124	2,11	11180	8969
BR 3123	59,22	241	141	1,54	10804	8973
Média	58,46	247,71	145,58	2,95	10092	7909
D.m.s (5%)	1,82	22,10	17,93	16,20	1784	1432
C.V. (%)	1,72	4,92	6,79	53,0	9,74	9,99

Destacaram-se com produtividades próximas às das testemunhas comerciais os seguintes híbridos triplos no TC1: IAC 21 x AL 628, IAC 21 x IP 330, IAC 21 x L 156 e IAC 21 x L 126, IAC 21 x SLP 103, IAC 21 x IP 4035 e IAC 21 x L111. No TC2, ressaltaram-se: IAC 101.121 x L 10, IAC 101.121 x L 126, IAC 101.121 x L 160, IAC 101.121x L 4, IAC 101.121 x L 111 e IAC 101.121 x SLP 103.

Os híbridos tiveram produtividade relativa diferente nos diferentes locais (interação genótipo x ambiente significativa), por isso os resultados da produtividade de grãos são apresentados por testador e por local (Tabela 4). Esses resultados concordam com os de Gama et al. (2003), que afirmam que híbridos de base genética mais estreita têm maior interação genótipo por ambiente do que germoplasma de base genética mais ampla.

Tabela 4. Médias de massa de grãos (MG) corrigida para 14,0% de umidade, de 30 híbridos triplos experimentais dos *top crosses* 1 (testador IAC 21) e 2 (testador IAC 101.121), das testemunhas e dos testadores em três locais do Estado de São Paulo. Safra 2001/2002

Linhagens	Campinas		Mococa		Palmital	
	IAC 21	IAC101.121	Testadores		IAC 21	IAC101.121
			IAC 21	IAC101.121		
kg ha ⁻¹						
L 3	7813	6374	8392	8996	8192	8474
L 4	7962	7049	7488	9778	8299	8220
L 5	7099	6514	8743	8674	7098	8038
L 6	7540	6081	8450	9228	8192	7496
L 8	6244	5987	7427	8238	6864	7736
L 9	6737	7242	7757	9118	6934	8122
L 10	7945	7539	8234	10694	7879	8302
L 13	7016	6630	8608	8535	6927	8456
L 14	7838	7406	7720	8873	7642	7537
L 15	7159	7276	7024	9305	7334	7967
L 111	8380	7364	9000	9362	7612	8185
L 117	7168	6946	8352	8616	7183	7767
L 126	7517	7068	8739	10051	9202	8850
L 130	8258	6540	8458	7920	7766	7402
L 156	7994	7394	9908	8344	7972	7500
L 160	7348	7239	7761	9151	7176	8934
L 161	7459	6857	7477	8759	8099	8831
L 162	7395	6116	7411	7887	7038	7527
L 168	6261	6562	8116	8596	7743	7699
L 169	6404	5626	8213	8124	7103	7618
L 170	6669	5974	8034	8193	7277	7608
L 171	7180	6810	6714	7814	6338	7466
AL 218	6525	7534	7932	8702	7713	8386
AL 326	8122	7796	8934	8352	7798	7530
AL 11	7811	7257	9207	8140	7539	7997
AL 628	7943	7050	9721	8128	8300	8029
IP 330	8366	7704	9800	8059	7797	8226
SLP 103	7460	7327	8425	10030	9260	7227
IP 701	7884	6808	8295	8865	8080	7460
IP 4035	8025	6464	9480	9338	7514	7555
IAC 21	7645	6045	6828	7671	7268	8124
IAC101.121	6667	6546	7480	8063	6959	7918
AGN 2012	8437	8370	10364	10568	7899	7968
BR 3123	9893	9115	9292	9240	8811	8563
Média	7534	6959	8346	8806	7670	7962
D.m.s (5%)	2378	2331	2360	2638	2281	2762
C.V. (%)	9,6	10,2	8,6	9,2	9,1	10,6

Na tabela 5, está apresentado o resumo da análise dialélica 2 x 30 para massa de grãos, com efeitos significativos para cruzamentos, ambiente e interação cruzamento x ambiente. O efeito significativo de cruzamentos ($P < 0,01$) deve-se aos efeitos significativos da CGC do grupo II (linhagens) e da CEC, não havendo efeitos significativos da CGC entre os testadores, provavelmente decorrente de certa similaridade genética entre os testadores, ambos de germoplasma temperado. Pela significância da CGC verifica-se que as linhagens diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo linhagens com maior possibilidade de formar híbridos mais produtivos.

A CEC significativa indica que alguns híbridos tiveram desempenho superior ou inferior ao previsto pela CGC. A interação cruzamentos x local foi altamente significativa, devida aos efeitos significativos de CGC I x Local e CEC x local, não havendo interação entre os efeitos da CGC II (linhagens) x local. Portanto, a capacidade de combinação relativa das linhagens do Grupo II não se alterou nos diferentes locais, evidenciando-se a interação da capacidade específica (desvios de dominância) x local.

Tabela 5. Resumo da análise de variância conjunta de massa de grãos, do dialelo 2 x 30, em três locais do Estado de São Paulo. Safra 2001/2002

Fonte de variação	G.L.	Q.M.
Cruzamento	59	2148929,0**
CGC I	1	481536,0
CGC II	29	2877298,75**
CEC	29	1478055,75*
Ambiente	2	87661620,42**
Cruzamento x Ambiente	118	1002151,67**
CGC I X Ambiente	2	13628598,42**
CGC II X Ambiente	58	693504,74
CEC X Ambiente	58	875403,89**
Erro combinado	348	580189,67
Média Geral	7843	

*: significativo a $P < 0,05$ pelo Teste F.

** : significativo a $P < 0,01$ pelo Teste F.

Pelos resultados verifica-se que ambos os efeitos, da CGC e da CEC, foram importantes neste dialelo. Os Quadrados Médios referentes à CGC do Grupo II (linhagens) e CEC foram altamente significativos ($P < 0,01$), o que indica a presença de efeitos aditivos e não-aditivos na variância genotípica destes cruzamentos, para MG. Os efeitos gênicos

aditivos e não aditivos corresponderam a 66,06% e 33,94%, respectivamente. GAMA et al. (1992) verificaram valores de 49% e 41%, para efeitos aditivos e não aditivos para ME, em dialelo entre populações de milho; Ribeiro et al. (2002) avaliaram o desempenho de populações de milho em cruzamentos dialélicos e obtiveram efeitos aditivos mais pronunciados para as variáveis FM, AP, AE e MG, embora o efeito da interação também tenha sido significativo. NASS et al. (2000) obtiveram contribuições dos efeitos da CGC e CEC de 56 e 44%, para ME, em um dialelo de 10 linhagens, na média de três ambientes.

SAWAZAKI et al. (2002), trabalhando com milho pipoca também notaram valores significativos de CGC e CEC para as variáveis AP, AE e MG, indicando predominância de efeitos aditivos para os três caracteres. GAMA et al. (2003), ao contrário, observaram maiores efeitos da capacidade específica de combinação para ME em um dialelo de linhagens do sintético de milho CMS 53. De acordo com HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), efeitos de dominância são mais relevantes para rendimento de grãos do que para outros caracteres de milho.

Os resultados do presente trabalho, de maiores efeitos da capacidade geral de combinação, concordam com PATERNIANI (2003), sugerindo que linhagens já extensivamente melhoradas em ambientes distintos tenham maior contribuição de efeitos aditivos na manifestação de PE e PG.

Altas estimativas de g_i , em valores absolutos ocorrem, em geral, para genótipos cujas frequências de alelos são consistentemente maiores ou menores que a frequência média dos alelos favoráveis em todos os genótipos testados. Tais efeitos são indicativos da importância dos genes predominantemente aditivos em seus efeitos (SPRAGUE e TATUM, 1942).

As linhagens que se destacaram quanto à capacidade combinatória positiva e elevada nos três locais foram: L 126, L 111, IP 330 e SLP 103, podendo ser utilizadas para síntese de populações-base em programas de seleção recorrente e para programas de híbridos visando à adaptação em vários ambientes. Já algumas linhagens tiveram elevadas estimativas de g_i em locais específicos, como L 3 e L 161 em Palmital; IP 4035 em Mococa e AL 326 e L 14 em Campinas (Tabela 6). Assim, concordando com NASS et al. (2000), para maximizar o rendimento potencial dos híbridos em cada ambiente, a escolha das linhagens para programas de híbridos poderá ser feita de acordo com a capacidade de combinação dentro de cada local.

Tabela 6. Estimativas dos efeitos da capacidade de combinação (g_i) para massa de grãos de 30 linhagens de milho em três locais do Estado de São Paulo. Safra 2001/2002

Linhagens	g_i		
	Campinas	Mococa	Palmital
	kg ha ⁻¹		
L 3	-74,17	132,98	532,73
L 4	337,83	71,98	459,23
L 5	-361,17	147,48	-232,27
L 6	-356,67	277,98	43,73
L 8	-1052,17	-728,52	-500,27
L 9	-178,17	-123,52	-272,27
L 10	574,33	902,98	290,23
L 13	-344,67	10,98	-108,77
L 14	454,33	-274,52	-210,77
L 15	49,83	-396,52	-149,77
L 111	704,33	619,48	98,23
L 117	-110,17	-77,02	-325,27
L 126	124,83	833,98	1225,73
L 130	231,83	-372,02	-216,27
L 156	526,33	564,98	-64,27
L 160	125,33	-105,02	254,73
L 161	-9,67	-443,02	664,73
L 162	-412,17	-912,02	-517,77
L 168	-756,17	-205,02	-79,27
L 169	-1152,17	-392,52	-439,77
L 170	-846,17	-447,52	-357,77
L 171	-172,67	-1297,02	-898,27
AL 218	-138,17	-244,02	249,23
AL 326	791,33	82,48	-136,27
AL 11	366,83	112,48	-32,27
AL 628	328,83	363,48	364,23
IP 330	867,33	363,49	211,23
SLP 103	225,83	666,48	443,23
IP 701	178,33	18,98	-30,27
IP 4035	76,83	847,98	-265,77
Erro (Gi)	290,74	295,14	310,86
Erro (Gj-Gj')	418,20	424,53	447,14

4. CONCLUSÕES

1) Obtiveram-se 13 híbridos triplos (20% dos híbridos experimentais testados) promissores, em ambos os ensaios *top crosses*, com elevada produtividade e que não diferiram da média das testemunhas comerciais, indicando elevado potencial das linhagens selecionadas para o programa de híbridos de milho.

2) As melhores combinações híbridas foram: IAC 21x AL 628 e IAC 21 x IP 330 no TC1 e IAC 101.121 x L 10 no TC2, nos três locais.

3) Ambos os testadores discriminaram satisfatoriamente as linhagens e produziram híbridos triplos produtivos, destacando-se o testador IAC 101.121 pelas menores taxas de acamamento e quebraamento nos híbridos.

4) Os efeitos da CGC e da CEC foram importantes nos cruzamentos das linhagens com os testadores, com predominância de efeitos aditivos na manifestação de MG.

5) As linhagens que se destacaram quanto à capacidade combinatória (g_i) positiva e elevada nos três locais para MG foram: L 126, L 111, IP 330 e SLP 103, podendo ser utilizadas para síntese de populações-base em programas de seleção recorrente e para programas de híbridos visando à alta produtividade e adaptação em vários ambientes.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 380p.
- CRUZ, C.D. **Aplicativo computacional em Genética e Estatística**. Programa Genes. Viçosa: UFV, 1997. 442p.
- DAVIS, R.L. Report of the plant breeder. **Puerto Rico Agricultural Experimental Station Annual Reporter**, Puerto Rico, p.14-15, 1924.
- EBERHART, S.A.; SALHUANA, W.; SEVILLA, R.; TABA, S. Principles for tropical maize breeding. **Maydica**, Bergamo, v. 40, p. 339-355, 1995.
- GAMA, E.E.G.; GUIMARÃES, P.E.; MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S.N.; PACHECO, C.A.P. Avaliação das capacidades geral e específica de combinação em sete populações de milho da América Latina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p. 1167-1172, 1992.
- GAMA, E.E.G.; MEIRELES, W.F.; GUIMARÃES, P.E.; FERRÃO, R.G.; PARENTONI, S.N.; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X.; OLIVEIRA, A.C. Combining ability of inbred lines derived from a yellow flint maize synthetic CMS53. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.97-102, 2003.
- GRIFFING, J.B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity**, London, v.10, p.31-50, 1956.

- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative Genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1988.
- MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Eds). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p.277-326.
- NASS, L.L.; LIMA, M.; VENCOVSKY, R; GALLO, P.B. Combining ability of maize inbred lines evaluated in three environments in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p. 129-134, 2000.
- NURMBERG, P.L.; SOUZA, J.C.; RAMALHO, M.A.P.; RIBEIRO, P.H.E. Desempenho de híbridos simples como testadores de linhagens de milho em top crosses. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2000, Goiânia. **Resumos...** (CD-Rom)
- PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; SAWAZAKI, E.; DUDIENAS, C.; GALLO, P.B. Diallel crosses among maize lines with emphasis on resistance to foliar diseases. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, p. 381-385, 2000.
- RIBEIRO, P.H.E.; SOUZA, J.C.; RAMALHO, M.A.P. Desempenho de populações de milho em cruzamento dialélicos avaliados em três estados da região norte do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumo expandido...** Florianópolis, 2002. (CD-Rom)
- ROJAS, B.A.; SPRAGUE, G.F. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with location and years. **Agronomy Journal**, Madison, v.44, p. 462-466, 1952.
- SAWAZAKI, E.; GALLO, P.B.; CASTRO, J.L. de; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; SILVA, R.M.; LUDERS, R.R. Capacidade combinatória de genótipos locais e híbridos exóticos de milho pipoca avaliados em um dialelo parcial. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24., 2002, Florianópolis. **Resumo expandido...** Florianópolis, 2002. (CD-Rom)
- SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v.34, n.10, p.923-932, 1942.
- SPRAGUE, G.F.; EBERHART, S. A. Corn breeding. In: SPRAGUE, W. F. (Ed.). **Corn and Corn Improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1977. p. 335-336.