

DESEMPENHO DE HÍBRIDOS *TOP CROSSES* DE LINHAGENS S₃ DE MILHO EM TRÊS LOCAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1)

ELIEL ALVES FERREIRA (2,7); MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO PATERNIANI (3*);
AILDSON PEREIRA DUARTE (4); PAULO BOLLER GALLO (5); EDUARDO SAWAZAKI (3);
JOAQUIM ADELINO DE AZEVEDO FILHO (6); PAULA DE SOUZA GUIMARÃES (2)

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho e a heterobeltiose de 27 híbridos de linhagens S₃ (parcialmente endogâmicas), oriundas de híbridos comerciais de milho, cruzadas em esquema *top cross* com o testador IA 33 (sintético-elite comercial) e a capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens. Os 27 híbridos *top crosses*, duas testemunhas comerciais e o testador foram avaliados nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007, sob delineamento de blocos casualizados com três repetições, no Centro Experimental Central – IAC (Campinas), na APTA Regional do Nordeste Paulista (Mococa) e do Vale do Paranapanema (Palmital). Foram avaliadas as seguintes características: florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (AC+Q), massa de espigas (ME) e massa de grãos corrigida para 14% de umidade (MG). Identificaram-se híbridos *top crosses* promissores, com MG iguais ou superiores às testemunhas comerciais. Os resultados comprovam que alguns híbridos *top crosses* possuem elevado potencial produtivo, com a vantagem do menor custo de produção. Ressaltaram-se linhagens S₃ com elevados valores de CGC.

Palavras-chave: *Zea mays*, top cross, linhagens S₃, heterobeltiose.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF MAIZE TOP CROSS HYBRIDS FROM S₃ LINES IN THREE ENVIRONMENTS IN SÃO PAULO STATE

The present work aimed to evaluate the performance and high parent heterosis of 27 hybrids of partially endogamic lines (S₃) obtained from commercial hybrids, using top cross schemes with testers (IA 33). Also, the general combining ability (GCA) of the lines was evaluated. The 27 top cross hybrids, two commercial checks and the tester were evaluated by complete block design with three replications, in two years (2005/2006 e 2006/2007), and three locations (Campinas, Mococa and Palmital) of São Paulo State. The evaluated traits were: plant height (AP), ear height (AE), percentage of broken and lodged plant (AC+Q), ear yield (PE) and grain yield corrected of 14% moisture (PG). Top cross hybrids of high yield performance that outperformed or did not differ from the commercial check were observed. Therefore top cross hybrids with high yield performance and with advantage of small production cost were identified. Also line S₃ with high value of GCA were observed.

Key words: *Zea mays*, top cross, S₃ lines, high parent heterosis.

(1) Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor ao Instituto Agrônomo. Recebido para publicação em 4 de janeiro de 2008 e aceito em 22 de dezembro de 2008.

(2) Curso PG/IAC, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP). E-mail: elielaf2003@yahoo.com.br; psguim@yahoo.com.br.

(3) Instituto Agrônomo (IAC), Campinas (SP). E-mail: elisa@iac.sp.gov.br (*) Autora correspondente; sawazaki@iac.sp.gov.br

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

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

(6) APTA Regional de Desenvolvimento do Leste Paulista, Caixa Postal 01, 13910-000 Monte Alegre do Sul (SP). E-mail: pololestepaulista@apta.sp.gov.br

(7) Com Bolsa de Mestrado FAPESP.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de milho do mundo, com 14 milhões de hectares e uma produção superior a 51 milhões de toneladas, e uma produtividade média de 3.648 kg ha⁻¹ (CONAB, 2007). Esta produtividade é considerada baixa quando comparada com o potencial produtivo das cultivares disponíveis no mercado, pois há relatos de produtividades superiores a 14.000 kg ha⁻¹ em condições de lavoura (ARAUJO, 2007). A baixa produtividade média no Brasil é devida ao alto número de pequenos produtores que são menos tecnificados, utilizando sementes de menor potencial produtivo (EMBRAPA, 2002; RAPOSO, 2002).

Do exposto, pode se dizer que esta baixa produtividade não é devida à falta, mas sim à não-utilização de tecnologia. Os híbridos em geral são de alto valor agregado, principalmente os simples, ficando de difícil acesso aos pequenos produtores que acabam utilizando variedades ou até mesmo variedades crioulas (RAPOSO, 2002).

Este panorama pode mudar, com novas concepções de híbridos de milho, como os de linhagens parcialmente endogâmicas (híbridos intermediários) e os de F₂ (híbridos intervários). Segundo AMORIM e SOUZA (2005), híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas são formados a partir de linhagens S₂ e S₃, ou seja, oriundas de duas ou três auto-fecundações sucessivas de uma população. Os híbridos de F₂ são provenientes do cruzamento de duas populações F₂ de híbridos comerciais (SOUZA SOBRINHO et al., 2002; AMORIM e SOUZA, 2005). Um exemplo prático deste tipo de híbrido é o IAC 8333, obtido do cruzamento de dois sintéticos derivados de híbridos simples comerciais, visando ao nicho de mercado de sementes híbridas de baixo custo (DUARTE et al., 2007).

Esses híbridos são de menor valor agregado devido ao seu menor custo de obtenção, pois, necessitam de menor número de autofecundações sucessivas, menor área para obtenção e multiplicação das linhagens, chegando mais rápido ao mercado e ainda com a vantagem de maior produtividade das linhagens, quando comparadas com os híbridos simples, triplos e duplos. CARVALHO (2004) acrescenta, ainda, a maior facilidade no manuseio das linhagens parcialmente endogâmicas. LIMA et al. (2000) obtiveram produtividades acima de 8 t ha⁻¹ para massa de espigas em populações S₀; GOOD e HALLAUER (1977) relataram que a produtividade das linhagens S₃ é 20% maior à de linhagens homocigotas.

Segundo SOUZA JÚNIOR (2001), as linhagens S₃ possuem 87,5% dos locos em homocigose, com uma variabilidade genética dentro relativamente baixa, o

que pode viabilizar o uso desse tipo de linhagem para produzir híbridos de milho em escala comercial. Embora esses híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas sejam promissores, a viabilidade de sua produção foi pouco pesquisada.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho e a heterobeltiose de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas (S₃) em cruzamentos *top crosses* com um sintético-elite comercial do programa de melhoramento de milho do IAC. Pretendeu-se, ainda, avaliar a capacidade geral de combinação das linhagens.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os híbridos *top crosses* foram obtidos através dos cruzamentos de linhagens parcialmente endogâmicas (S₃) provenientes de híbridos comerciais (HA a HU), de uma linhagem do CIMMYT (L11) e de outra linhagem do banco de germoplasma do IAC (IP 330), com um testador de base genética ampla (IA 33), um sintético derivado de híbrido simples comercial. As linhagens S₃ do programa de melhoramento do IAC foram cruzadas em *top crosses* no ano agrícola de 2004/2005, na APTA Regional do Leste Paulista, em Monte Alegre do Sul e as sementes híbridas foram armazenadas em câmara fria do Programa Milho do IAC.

Os 27 híbridos *top crosses* juntamente com as três testemunhas foram avaliados em três locais do Estado de São Paulo: Centro Experimental Central, em Campinas (latitude 22° 54'S, longitude 47° 3'W e altitude de 600 m); APTA Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista, em Mococa (latitude 21° 28'S, longitude 47° 01'W e altitude 665 m) e APTA Regional do Vale do Paranapanema, em Palmital (latitude 22° 48'S, longitude 50° 14'W e altitude 650 m) nos anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007.

Os solos de Campinas, Mococa e Palmital foram caracterizados, respectivamente, como Latossolo, Argissolo e Latossolo Vermelho distroférrico.

Foram utilizados como testemunhas: o híbrido triplo DKB 350, o híbrido IAC 8333 (híbrido de sintéticos oriundos de híbridos comerciais) e o testador IA 33.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 30 tratamentos e três repetições por experimento. Cada parcela foi constituída por duas linhas com 5 m de comprimento, espaçamento de 0,9 m entrelinhas e cinco sementes por metro linear, totalizando 50 plantas por parcela.

As sementeiras dos experimentos de Campinas e Mococa ocorreram na primeira quinzena de novembro de 2005 e 2006; em Palmital, em outubro de 2005 e 2006. As adubações de sementeira e cobertura foram realizadas de acordo com as análises de solo e os demais tratamentos culturais foram os normalmente utilizados na cultura do milho.

Foram avaliados nas análises individuais os caracteres agrônômicos: florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), porcentagem de plantas acamadas e quebradas (AC+Q) e massa de grãos (MG). Os dados de porcentagem de AC+Q foram transformados em arco seno para realizar as análises de variância.

Foram efetuadas análises de variância individuais e conjuntas de anos, considerando-se o modelo fixo. As médias foram comparadas entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade. Foi realizada a correção do estande para 50 plantas por parcela. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa Genes (CRUZ, 2007).

Ainda foram estimadas, considerando-se dois anos de avaliação, a capacidade geral de combinação (g_i), utilizando o modelo estatístico-genético:

$$Y_{ij} = m + g_i + \bar{e}_{ij}$$

sendo,

m = média geral;

g_i = efeito da capacidade geral de combinação da linhagem i ;

\bar{e}_{ij} = erro experimental médio.

O g_i foi obtido de acordo com a seguinte expressão: $g_i = \bar{c}_i - \bar{c}$

sendo,

g_i = é o efeito da capacidade geral de combinação das linhagens;

\bar{c}_i = é a média de cada híbrido;

\bar{c} = é a média geral dos híbridos *top crosses*.

e a heterobeltiose (\overline{Hb}) $\overline{Hb} = \overline{H_{tp}} - \overline{PM}$

sendo,

$\overline{H_{tp}}$ = média de cada híbrido *top crosses*;

\overline{PM} = média do pai maior, que é o testador IA33.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise conjunta, verificou-se que houve efeito da interação tratamentos x locais significativo ($P \leq 0,01$) para todos os caracteres e que

o efeito da interação tratamentos x ano foi menos expressivo ($P < 0,05$) e até não significativo para MG nos diferentes locais; portanto, a apresentação e discussão dos resultados será baseada nas médias dos caracteres nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007, por local.

Verificaram-se efeitos de tratamentos significativos ($P \leq 0,01$) para todas as características nos três locais, exceto para AC+Q em Palmital e Mococa. Em Campinas, os efeitos de anos foram significativos ($P \leq 0,01$) para FM, AP e AE e não significativo para MG. Já em Mococa e Palmital, os efeitos de anos foram significativos ($P \leq 0,01$) para todas as características avaliadas, exceto para AC+Q em Mococa e Palmital.

Os coeficientes de variação (CV%) estão dentro dos padrões normais de experimentação em milho, exceto para AC + Q, indicando boa precisão experimental dos dados e considerados baixos de acordo com a classificação proposta por SCAPIM et al. (1995).

Em Campinas (Tabela 1) e Palmital (Tabela 3), o híbrido DKB 350 levou menos dias para emitir o florescimento masculino (64,50 e 64,92 dias respectivamente), porém não diferiu de vários híbridos *top crosses* e da testemunha IAC 8333.

Em Campinas, os híbridos IA 33 x HI 9-11-1, IA 33 x HR 17-15-1 e o testador IA 33 obtiveram as menores AP (Tabela 1). Os híbridos IA 33 x HR 17-15-1 (188,00 cm) e o testador IA 33 (185,00 cm) obtiveram em Mococa, as menores AP (Tabela 2) e em Palmital, o híbrido IA 33 x HN 13-1-1 foi o que obteve a menor AP (177,08 cm), no entanto, não diferiu de três híbridos *top crosses* e dos híbridos comerciais (Tabela 3).

Já em relação à AE, os híbridos *top crosses* IA 33 x HR 17-15-1, IA 33 x HI 7-6-3, IA 33 x HI 9-11-1 e as testemunhas obtiveram em Campinas, as menores AE (Tabela 1). Em Mococa, o híbrido IA 33 x HR 17-15-1 obteve a menor AE, com 92,50 cm (Tabela 2). O híbrido IA 33 x HN 13-1-1 obteve, em Palmital, a menor AE, com 85 cm, porém, não diferiu de vários híbridos *top crosses* e das testemunhas (Tabela 3). Em geral, AP e AE foram baixos, sendo esta uma tendência dos híbridos modernos (SAWAZAKI e PATERNIANI, 2004).

Quanto ao acamamento, o híbrido IA 33 x HD 4-9-1 obteve as menores porcentagens de plantas acamadas e quebradas em Mococa (4,77%) e Palmital (0,00%), porém não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabelas 2 e 3). Já em Campinas, não ocorreram plantas acamadas e quebradas na safra de 2005/2006.

Tabela 1. Médias de florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), massa de grãos (PG) e heterobeltiose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos *top crosses* de milho e três testemunhas. Campinas (SP), safras de 2005/2006 e 2006/2007

Híbridos	FM	AP	AE	PG	Hb	
	dias	cm		kg ha ⁻¹		%
IA 33 x HA ⁽¹⁾ 1-1-1	71,00 a	197,29 a	110,83 a	9253 a	2463	27
IA 33 x HT 19-2-2	67,33 b	206,25 a	105,83 a	8002 b	1212	15
IA 33 x HG 7-6-2	68,00 b	198,02 a	101,46 b	7429 b	639	9
IA 33 x HE 5-3-2	71,42 a	191,85 b	100,19 b	9325 a	2535	27
IA 33 x HT 19-13-1	68,33 b	201,04 a	120,21 a	8992 a	2202	24
IA 33 x HG 7-6-3	71,08 a	186,46 b	92,00 c	7089 b	299	4
IA 33 x HR 17-15-1	68,50 b	176,25 c	82,71 c	7869 b	1079	14
IA 33 x HN 13-28-1	67,75 b	202,40 a	117,50 a	8066 b	1276	16
IA 33 x HU 20-11-1	69,67 a	180,83 b	97,29 b	8316 b	1526	18
IA 33 x HL 11-2-2	70,00 a	204,58 a	111,04 a	8016 b	1226	15
IA 33 x HI 9-12-2	68,67 b	205,73 a	111,15 a	7880 b	1090	14
IA 33 x HL 11-2-1	70,00 a	204,90 a	108,02 a	8097 b	1307	16
IA 33 x HB 2-6-2	66,67 c	186,04 b	100,00 b	7833 b	1043	13
IA 33 x HA 1-3-1	70,67 a	185,00 b	101,46 b	8981 a	2191	24
IA 33 x HU 20-16-1	69,50 a	192,92 b	106,88 a	8746 a	1956	22
IA 33 x HN 13-12-1	69,33 a	201,88 a	108,33 a	7946 b	1156	15
IA 33 x HD 4-9-1	66,67 c	184,17 b	98,13 b	7667 b	877	11
IA 33 x HI 9-14-1	68,00 b	210,00 a	111,15 a	8463 b	1673	20
IA 33 x HI 9-11-1	69,33 a	168,02 c	85,52 c	9069 a	2279	25
IA 33 x HL 11-4-1	71,00 a	191,25 b	101,25 b	8411 b	1621	19
IA 33 x HA 1-1-2	68,67 b	192,92 b	103,13 b	9370 a	2580	28
IA 33 x V11	66,17 c	206,15 a	100,63 b	8375 b	1585	19
IA 33 x HA 1-2-1	66,08 c	203,02 a	109,58 a	9798 a	3008	31
IA 33 x HU 20-3-1	68,67 b	183,33 b	104,79 a	8310 b	1520	18
IA 33 x IP 330	65,33 c	202,50 a	113,54 a	7439 b	649	9
IA 33 x HN 13-1-1	67,17 b	188,96 b	101,77 b	8145 b	1355	17
IA 33 x HT 19-8-1	68,33 b	220,73 a	114,79 a	8756 a	1966	22
IA 33	74,25 a	173,85 c	88,02 c	6790 b	-	-
DKB 350	64,50 c	188,96 b	102,08 b	8330 b	-	-
IAC 8333	65,67 c	184,79 b	93,33 c	7627 b	-	-
Média	68,59	194,00	103,42	8280	-	-
CV (%)	2,56	4,60	8,50	8,05	-	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott.

(¹) Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

O DKB 350 é um híbrido comercial muito utilizado pelos produtores, com boas características agrônomicas, entre elas, a resistência ao acamamento. Nestas regiões, onde foram instalados experimentos de avaliação regional de cultivares no Estado de São Paulo, a porcentagem de plantas acamadas e quebradas deste híbrido foi em média, 43% inferior em relação à média (IAC, 2007). Neste trabalho, os híbridos *top crosses* não diferiram estatisticamente do

DKB 350, mostrando boa resistência ao acamamento e quebramento do colmo.

O híbrido IA 33 x HA 1-2-1 obteve em Campinas, a melhor massa de grãos (9798 kg ha⁻¹), não diferindo de 8 híbridos *top crosses*, e sendo estatisticamente mais produtivo do que os híbridos comerciais DKB 350 (8330 kg ha⁻¹) e IAC 8333 (7627 kg ha⁻¹). Foram observados cinco híbridos

top crosses com produtividades superiores a 9000 kg ha⁻¹ (Tabela 1). Em Mococa, 13 híbridos *top crosses* não diferiram do híbrido DKB 350, porém foram superiores ao IAC 8333, ressaltando-se o híbrido *top crosses* IA 33 x HA 1-1-1, com 7659 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Em Palmital, a maior MG foi de 8363 kg ha⁻¹ (IA 33 x HA 1-1-1), não diferindo de 14 híbridos *top crosses* e do DKB 350 (7318 kg ha⁻¹) e sendo superior ao IAC 8333 (6712 kg ha⁻¹).

A produtividade média em Palmital não expressa o real potencial destes híbridos nesta localidade, pois, na safra 2005/2006 ocorreram estiagens, prejudicando o desenvolvimento da cultura. A produtividade média em 2005/2006 foi de 6079 kg ha⁻¹, já na safra 2006/2007 onde as condições climáticas foram favoráveis, a produtividade média foi de 8524 kg ha⁻¹.

Tabela 2. Médias de altura da planta (AP), altura da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (AC+Q), massa de grãos (PG) e heterobeltiose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos *top crosses* de milho e três testemunhas. Mococa (SP), em 2005/2006 e 2006/2007

Híbridos	AP	AE	AC+Q	PG	Hb	
	cm		%	kg ha ⁻¹		
IA 33 x HA ⁽¹⁾ 1-1-1	204,33 e	113,50 c	15,30 a	7659 a	2755	36
IA 33 x HT 19-2-2	227,83 a	118,67 b	36,81 a	6747 a	1843	27
IA 33 x HG 7-6-2	191,17 g	98,67 f	10,69 a	6972 a	2068	30
IA 33 x HE 5-3-2	212,50 d	111,83 c	24,33 a	6554 b	1650	25
IA 33 x HT 19-13-1	214,50 c	116,67 b	23,62 a	7103 a	2199	31
IA 33 x HG 7-6-3	197,67 f	102,17 e	12,22 a	7154 a	2250	31
IA 33 x HR 17-15-1	185,00 h	92,50 g	18,57 a	6075 b	1171	19
IA 33 x HN 13-28-1	199,17 f	102,17 e	16,43 a	6308 b	1404	22
IA 33 x HU 20-11-1	193,17 g	102,50 e	8,15 a	7529 a	2625	35
IA 33 x HL 11-2-2	230,17 a	123,50 a	12,38 a	5936 b	1032	17
IA 33 x HI 9-12-2	211,83 d	109,83 d	18,78 a	6917 a	2013	29
IA 33 x HL 11-2-1	198,50 f	111,33 c	17,94 a	5618 b	714	13
IA 33 x HB 2-6-2	205,50 e	107,17 d	4,14 a	6325 b	1421	22
IA 33 x HA 1-3-1	206,00 e	110,17 d	15,20 a	7107 a	2203	31
IA 33 x HU 20-16-1	208,33 e	108,50 d	14,85 a	7578 a	2674	35
IA 33 x HN 13-12-1	198,17 f	96,17 f	13,96 a	5594 b	690	12
IA 33 x HD 4-9-1	207,17 e	108,33 d	4,77 a	6405 b	1501	23
IA 33 x HI 9-14-1	225,00 b	119,17 b	15,99 a	7322 a	2418	33
IA 33 x HI 9-11-1	199,83 f	113,17 c	18,24 a	7568 a	2664	35
IA 33 x HL 11-4-1	216,00 c	113,50 c	19,42 a	6372 b	1468	23
IA 33 x HA 1-1-2	211,67 d	109,17 d	16,90 a	6471 b	1567	24
IA 33 x V11	204,33 e	113,50 c	24,00 a	6142 b	1238	20
IA 33 x HA 1-2-1	212,83 d	111,83 c	16,47 a	7080 a	2176	31
IA 33 x HU 20-3-1	212,00 d	112,00 c	10,39 a	7321 a	2417	33
IA 33 x IP 330	207,83 e	106,00 d	15,24 a	6460 b	1556	24
IA 33 x HN 13-1-1	189,67 g	96,50 f	17,13 a	6101 b	1197	20
IA 33 x HT 19-8-1	216,00 c	108,50 d	8,89 a	6344 b	1440	23
IA 33	188,00 h	101,83 e	11,68 a	4904 b	-	-
DKB 350	197,50 f	109,50 d	9,00 a	7756 a	-	-
IA 8333	207,33 e	109,67 d	22,97 a	6210 b	-	-
Média	205,97	108,60	15,82	6654	-	-
CV (%)	1,00	2,10	36,4	8,71	-	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott.

(¹) Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

Tabela 3. Médias de florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (AC+Q), peso de grãos (PG) e heterobeltiose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos *top crosses* de milho e três testemunhas. Palmital (SP), safras de 2005/2006 e 2006/2007

Híbridos	FM	AP	AE	AC+Q	PG	Hb	
	dias	cm	cm	%	kg ha ⁻¹		%
IA 33 x HA ⁽¹⁾ 1-1-1	67,25 c	207,83a	105,00 b	5,50 a	8363 a	2815	34
IA 33 x HT 19-2-2	66,25 d	201,25 a	101,25 b	4,77 a	8017 a	2469	31
IA 33 x HG 7-6-2	66,33 d	204,50 a	105,83 b	1,50 a	7029 b	1481	21
IA 33 x HE 5-3-2	67,25 c	207,25 a	98,67 b	10,00 a	7671 a	2123	28
IA 33 x HT 19-13-1	65,75 e	206,67 a	117,50 a	6,03 a	7614 a	2066	27
IA 33 x HG 7-6-3	66,42 d	195,83 b	105,00 b	2,38 a	6979 b	1431	21
IA 33 x HR 17-15-1	65,58 e	202,50 a	92,58 b	5,52 a	7536 a	1988	26
IA 33 x HN 13-28-1	65,75 e	211,67 a	118,33 a	6,55 a	7365 a	1817	25
IA 33 x HU 20-11-1	67,75 c	202,50 a	112,92 a	0,74 a	7987 a	2439	31
IA 33 x HL 11-2-2	67,75 c	225,00 a	122,50 a	4,51 a	7320 a	1772	24
IA 33 x HI 9-12-2	65,08 e	215,42 a	128,75 a	6,54 a	7687 a	2139	28
IA 33 x HL 11-2-1	68,75 b	217,50 a	120,83 a	3,68 a	7188 b	1640	23
IA 33 x HB 2-6-2	67,00 c	207,50 a	107,50 b	1,87 a	6711 b	1163	17
IA 33 x HA 1-3-1	68,25 b	201,67 a	100,92 b	1,50 a	8155 a	2607	32
IA 33 x HU 20-16-1	68,25 b	212,50 a	117,08 a	3,38 a	7761 a	2213	29
IA 33 x HN 13-12-1	66,17 d	207,50 a	107,50 b	1,92 a	6850 b	1302	19
IA 33 x HD 4-9-1	66,67 d	189,17 b	95,83 b	0,00 a	6578 b	1030	16
IA 33 x HI 9-14-1	65,75 e	220,00 a	125,00 a	2,53 a	7547 a	1999	26
IA 33 x HI 9-11-1	67,42 c	195,83 b	102,50 b	4,89 a	7809 a	2261	29
IA 33 x HL 11-4-1	67,00 c	209,92 a	112,83 a	5,69 a	6792 b	1244	18
IA 33 x HA 1-1-2	65,25 e	212,50 a	112,50 a	3,68 a	7114 b	1566	22
IA 33 x V11	66,50 d	202,50 a	96,17 b	10,02 a	7769 a	2221	29
IA 33 x HA 1-2-1	66,00 d	215,00 a	119,17 a	1,89 a	7685 a	2137	28
IA 33 x HU 20-3-1	67,25 c	200,67 a	117,08 a	1,87 a	7015 b	1467	21
IA 33 x IP 330	66,67 d	201,67 a	116,67 a	3,29 a	6523 b	975	15
IA 33 x HN 13-1-1	65,67 e	177,08 b	85,00 b	3,01 a	7182 b	1634	23
IA 33 x HT 19-8-1	66,75 d	212,50 a	110,50 a	2,69 a	7218 b	1670	23
IA 33	70,00 a	202,08 a	105,83 b	1,81 a	5548 b	-	-
DKB 350	64,92 e	185,83 b	95,83 b	4,32 a	7318 a	-	-
IA 8333	65,00 e	190,83 b	103,33 b	7,93 a	6712 b	-	-
Média	66,68	204,76	108,68	4,00	7301	-	-
CV (%)	0,89	5,46	8,82	108,50	8,41	-	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott.

(¹) Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

Destacaram-se em Campinas, os híbridos IA 33 x HA 1-1-1, IA 33 x HA 1-2-1, IA 33 x HA 1-1-2, IA 33 x HE 5-3-2 e IA 33 x HI 9-11-1 com produtividades de grãos superiores a 9000 kg ha⁻¹ (Tabela 1). Em Mococa, nos híbridos IA 33 x HA 1-1-1, IA 33 x HI 9-11-1, IA 33 x HU 20-16-1 e IA 33 x HU 20-11-1 a MG foi superior a 7500 kg ha⁻¹ e AP inferior a 210 cm (Tabela 2). Em Palmital, os híbridos IA 33 x HA 1-1-

1, IA 33 x HT 19-2-2 e IA 33 x HA 1-3-1 se destacaram com produtividades superiores a 8000 kg ha⁻¹ e AP inferiores a 210 cm (Tabela 3). Esses resultados evidenciam que plantas de porte baixo podem ter elevado potencial produtivo.

Os resultados referem-se aos híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas (S₃) com um testador de base genética ampla, obtendo custo de

produção menor quando comparados a híbridos de linhagens homocigotas e maior uniformidade, em relação a variedades e híbridos intervarietais, sendo mais acessíveis ao pequeno produtor. RAPOSO (2002) relatou que há uma dificuldade de pequenos produtores adquirirem sementes híbridas devido ao seu alto custo. Esta tecnologia é uma maneira de facilitar o acesso destes produtores a sementes de maior potencial produtivo.

Neste trabalho, obtiveram-se híbridos *top crosses* com elevado potencial produtivo, com produtividades semelhantes ou superiores às testemunhas comerciais. Estes resultados evidenciam o alto potencial produtivo dos híbridos a partir de

linhagens S₃, corroborando com os resultados obtidos por SOUZA JÚNIOR (1995), CABRERA (2001) e SALIN NETO et al. (2004), que relataram a viabilidade da produção de híbridos de milho utilizando-se linhagens parcialmente endogâmicas (S₃). Segundo CABRERA (2001), as integridades genéticas de tais linhagens foram mantidas após cinco gerações de manipulação.

CARVALHO et al (2003) avaliaram 135 híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas (S₂), oriundos de três populações de híbridos simples comerciais e verificaram que não houve diferenças significativas das testemunhas (os parentais).

Tabela 4. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i's) para peso de grãos (PG), de 27 linhagens de milho. Campinas, Mococa e Palmital (SP), safras de 2005/2006 e 2006/2007

Linhagens	Campinas			Mococa			Palmital			Média
	kg ha ⁻¹									
HA ⁽¹⁾ 1-1-1	896			964			975			945
HT 19-2-2	-355			52			629			109
HG 7-6-2	-928			277			-359			-337
HE 5-3-2	968			-141			283			370
HT 19-13-1	635			408			226			423
HG 7-6-3	-1268			459			-409			-406
HR 17-15-1	-488			-620			148			-320
HN 13-28-1	-291			-387			-23			-234
HU 20-11-1	-41			834			599			464
HL 11-2-2	-341			-759			-68			-389
HI 9-12-2	-477			222			299			15
HL 11-2-1	-260			-1077			-200			-512
HB 2-6-2	-524			-370			-677			-524
HA 1-3-1	624			412			767			601
HU 20-16-1	389			883			373			548
HN 13-12-1	-411			-1101			-538			-683
HD 4-9-1	-690			-290			-810			-597
HI 9-14-1	106			627			159			297
HI 9-11-1	712			873			421			669
HL 11-4-1	54			-323			-596			-288
HA 1-1-2	1013			-224			-274			172
V11	18			-553			381			-51
HA 1-2-1	1441			385			297			708
HU 20-3-1	-47			626			-373			69
IP 330	-918			-235			-865			-673
HN 13-1-1	-212			-594			-206			-337
HT 19-8-1	399			-351			-170			-41

(¹) Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

Os híbridos de linhagens S_2 obtiveram produtividades de massa de espigas despalhadas superiores a 12 t ha^{-1} . GAMA et al. (2003) e CARVALHO et al. (2004), obtiveram resultados satisfatórios com híbridos oriundos de linhagens S_2 . AMORIM e SOUZA (2005) avaliaram 163 híbridos de populações S_0 oriundas de três híbridos simples comerciais, obtendo produtividade de grãos acima de 13 t ha^{-1} , mas não superando a testemunha de melhor produtividade. Com a mesma filosofia, SOUZA SOBRINHO et al. (2002) compararam o desempenho de híbridos duplos oriundos de gerações F_1 e F_2 de híbridos simples comerciais e constataram que são semelhantes tanto em relação ao seu desempenho produtivo quanto à variabilidade existente dentro deles.

Na tabela 4, constataram-se as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) para MG, das linhagens de milho. Considerando-se que as linhagens foram cruzadas com um testador de base genética ampla (IA 33), foram estimados os efeitos da capacidade geral de combinação (VENCOVSKY, 1978).

Na média, os valores da CGC variaram de 683 kg ha^{-1} (HN 13-12-1) a 945 kg ha^{-1} (HA 1-1-1); as linhagens HA 1-1-1, HA 1-3-1, HA 1-2-1 e HU 20-16-1 se destacaram com CGC superiores a 500 kg ha^{-1} . As linhagens HA 1-1-1, HA 1-3-1 e HI 9-11-1 obtiveram elevados valores de CGC em todos os locais, sendo menos influenciadas pelos ambientes. Em contrapartida, nas linhagens HE 5-3-2, HA 1-1-2 e HU 20-3-1 houve forte influência dos ambientes, com elevada CGC em um local e negativo em outro. Na linhagem HA 1-2-1 observou-se forte influência dos ambientes, porém, não obteve valores negativos. Em Campinas, a linhagem HA 1-2-1 se destacou com uma CGC de 1441 kg ha^{-1} ; a linhagem HA 1-1-1 se destacou em Mococa e Palmital, com CGC de 964 kg ha^{-1} e 975 kg ha^{-1} respectivamente.

Na literatura, constataram-se resultados que corroboram com os obtidos no presente trabalho. CARVALHO et al. (2004), avaliando um dialelo circulante com 20 progênies endogâmicas S_2 , obtiveram valores de CGC de até 5070 kg ha^{-1} para massa de espigas despalhadas. Resultados semelhantes foram observados por CARVALHO et al. (2003) e ELIAS et al. (2000). Já FUZATO (2003) avaliou 100 linhagens S_1 , verificando valores de CGC referentes à massa de espigas superiores a 1200 kg ha^{-1} .

Os valores das estimativas da heterobeltiose (Hb) em Campinas, Mococa e Palmital estão representadas nas tabelas 1, 2 e 3 respectivamente. Foram observados elevados

valores de Hb nos três locais, e o híbrido IA 33 x HA 1-2-1 se destacou em Campinas, com Hb de 31% (3008 kg ha^{-1}). Já em Mococa e Palmital, o híbrido IA 33 x HA 1-1-1 obteve os maiores valores de Hb, com 36% (2755 kg ha^{-1}) e 34% (2815 kg ha^{-1}), respectivamente. Em geral, observou-se que o híbrido IA 33 x HA 1-1-1 obteve elevadas estimativas de Hb nos três locais. Por outro lado, observou-se no híbrido IA 33 x HG 7-6-3 forte interação com os locais, obtendo elevada Hb em Mococa (31%) e queda para 4% em Campinas.

Os valores elevados da heterobeltiose dos híbridos *top crosses* concordam com os resultados analisados na literatura. SANTOS et al. (2001) avaliaram 144 híbridos oriundos do cruzamento de 72 acessos da América do Sul e do Norte com dois testadores de base genética ampla (BR 105 e BR 106). Verificaram efeitos de heterobeltiose entre -28% e 26% em relação ao testador BR 105 e para o BR 106 entre -35% e 17%, sendo semelhante ao resultado constatado por GAMA et al. (1982), que obtiveram valores de até 20,7%.

4. CONCLUSÕES

1. Híbridos *top crosses* de linhagens parcialmente endogâmicas de milho têm elevado potencial produtivo, semelhante ou superior às testemunhas comerciais, e podem ser uma opção aos produtores rurais.
2. O híbrido IA 33 x HA 1-1-1 é destaque entre os mais produtivos e tem elevada heterobeltiose nos três locais de avaliação.
3. Destacaram-se as linhagens HA 1-1-1, HA 1-3-1 e HI 9-11-1, com valores positivos e elevados de capacidade de combinação, nos três locais de avaliação.
4. Híbridos simples comerciais são boas opções para a obtenção de linhagens de milho.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de Mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E.P.; SOUZA, J.C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S_0 de híbridos simples comerciais. *Bragantia*, Campinas, v.64, n. 3, p.561-567, 2005.

- ARAUJO, C. **Concurso de produtividade de milho atinge mais de 14 toneladas por hectare em Minas**. 2007. Disponível em: <(http://www.cnpms.embrapa.br> Acesso em 24 de setembro de 2007.
- CABRERA, A.C. **Uso de linhagens parcialmente endogâmicas S₃ para a produção de híbridos simples de milho**. 2001. 134f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba.
- CARVALHO, A.D.F.; SOUZA, J. C.; RIBEIRO, P.H. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos Estados de Roraima e Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.8, p.985-990, 2003.
- CARVALHO, A.D.F. **Capacidade de combinação de linhagens parcialmente endogâmicas obtidas de híbridos comerciais de milho**. 2004. 66f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, A.D.F.; SOUZA, J.C.; RAMALHO, M.A.P. Capacidade de combinação de progênies parcialmente endogâmica obtidas de híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.414-428, 2004.
- CRUZ, C.D. Programa Genes-Versão Windows: **Aplicativo computacional em Genética e Estatística**. Versão 2007.0.0. Viçosa: UFV, 2007.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (2006/2007)**. Brasília, 24p., 2007.
- DUARTE, A.P.; SAWAZAKI, E.; CANTARELLA, H.; FANTIN, G.M.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Cultura do Milho. In: DUARTE, A.P. (Ed.) **Dois décadas da Estação Experimental de Agronomia - Apta Médio Paranapanema: Histórico, presente e futuro**. Campinas: Instituto Agrônomo – IAC, 2007. p. 79-90.
- ELIAS, H.T.; CARVALHO, S.P.; ANDRE, C.G.M. Comparação de testadores na avaliação de famílias S₂ de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1135-1142, jun.2000.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2002. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/importancia.htm>. Acesso em 21/9/2006.
- FUZATTO, S.R. **Dialelo parcial circulante interpopulacional em milho (*Zea mays* L.)**: Efeito do(s) número(s) de cruzamentos. 2003. 154 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GAMA, E.E.G.; SANTOS, M.X.; FERRÃO, R.G.; MEIRELES, W.F.; PACHECO, C.A.P.; PARENTONI, S.N.; GUIMARÃES, P.E.O. Potencial genético de um sintético de milho de grão duro para formação de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.615-619, 2003.
- GAMA, E.E.G.; VIANA, R.T.; NASPOLINI FILHO, V.; MAGNAVACA, R. Heterosis for four characters in nineteen populations of maize. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Giza, v.13, p.69-80, 1982.
- GOOD, R. L.; HALLAUER, A. R. Inbreeding depression in maize by selfing and full-sibbing. **Crop Science**, Madison, v.17, n.6, p.935-940, 1977.
- IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO. **Avaliação regional de cultivares do Estado de São Paulo (2006/2007)**. Campinas, 2007.
- LIMA, M. W. O. P.; SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Procedimentos para a escolha de populações de milho para a extração de linhagens. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.153-158, 2000.
- RAPOSO, F. V. **Seleção recorrente recíproca em populações derivadas de híbridos simples de milho**. 2002. 106f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras.
- SALIN NETO, A.A.M.; RIBEIRO, H.E.P.; SOUZA, J.J.R.; ROSA, S.F.N. da. Desempenho produtivo de híbridos de milho de endogamia parcial (S₃ X S₃) em nove locais do estado de Goiás. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Mato Grosso, 2004. (CD-Rom)
- SANTOS, M.X.; POLLAK, L.M.; CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.P.; GAMA, E. E. G.; GUIMARÃES, P. E. O.; ANDRADE, R. V. de. Heterotic responses of tropical elite maize accessions from latin America with Brazilian testers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 767-775, 2001.
- SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Evolução dos cultivares de milho no Brasil. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. 20.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v.1, 2004. p.13-53.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.
- SOUZA JÚNIOR, C.L. Avaliação de híbridos de linhagens S₃ de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS/ENGOPA/EMBRAPA/UFG/EMATER, 1995. p.95.
- SOUZA JÚNIOR, C.L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.159-200.
- SOUZA SOBRINHO, F. de; RAMALHO, M.A.P.; SOUZA J.C. de. Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.1, p. 70-76, 2002.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p. 122-195.