

Capacidade Combinatória de Populações de Milho Branco Avaliadas em Dois Locais do Estado de São Paulo

Sara Regina Silvestrin Rovaris¹, Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto Paterniani², Eduardo Sawazaki³ e Felipe Augusto Ludovico⁴

¹Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical - Instituto Agrônomo (IAC). Campinas (SP) e-mail: sara_rsr@yahoo.com.br (Bolsista Fapesp) ^{2,3} IAC Centro de Grãos e Fibras, Campinas (SP) e-mail: elisa@iac.sp.gov.br e sawazaki@iac.sp.gov.br; ⁴estagiário IAC. Centro de Grãos e Fibras, Campinas(SP), e-mail: fal_quimico@hotmail.com

Resumo – No melhoramento de populações, a utilização dos cruzamentos dialélicos torna possível estimar informações quantitativas importantes a respeito dos genótipos em estudo, como as estimativas da capacidade de combinação e heterose, através da avaliação dos híbridos intervartetais obtidos. Este trabalho teve por objetivos avaliar híbridos de populações F₂ de milho branco quanto aos caracteres agrônômicos, estimar a capacidade combinatória. Avaliaram-se 14 híbridos de populações F₂ de milho branco, utilizando dois híbridos comerciais como testemunhas, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições em dois locais do Estado de São Paulo, em Campinas e Tatuí, na safra 2011/12. Os caracteres avaliados foram: massa de grãos (MG), peso hectolitrico (PH), altura de planta (AP) e porcentagem de plantas acamadas e quebradas (AC e QB). Houve diferença significativa para os cruzamentos para praticamente todos os caracteres avaliados. As melhores estimativas da CGC foram observadas no cruzamento das populações: Murano e IAC 33 consideradas as mais promissora para aumentar MG e reduzir AP, sendo esta última a qual apresentou também a melhor CEC. Os cruzamentos apresentaram médias de produção de 97% em relação ao PG das testemunhas, evidenciando seu potencial produtivo, alta estimativa de CGC e CEC e as melhores médias.

Palavras-chave: *Zea mays* L., top-cross, milho canjica e melhoramento de população.

Introdução

A produção de milhos do tipo “especiais” envolve milho verde comum, milho verde doce, milho pipoca e o milho branco para canjica, são aqueles que não são cultivados para a produção de grãos secos, como commodity.

Esta crescente produção no Brasil ocorre devido ao valor agregado ao produto gerando assim maiores lucros ao agricultor. O milho canjica é comercializado em sacos de 30 quilos ou em embalagens de 500 gramas em supermercados. Entretanto, o valor comercial de uma saca de milho canjica (de 30 quilos) é superior a uma saca de 60 quilos do milho grão comum, o que proporciona uma considerável vantagem econômica para o produtor (A GRANJA, 2012).

Segundo Sawazaki et al. (2008) o milho branco tem nichos de mercado que são muito importantes em determinadas regiões do Brasil, sendo utilizado para obtenção de canjica, farinha e amido. A produção de milho branco em São Paulo é destinada principalmente para obtenção de canjica e se concentra na região sul do Estado, tendo o município de Quadras como a “capital” do milho Branco. Entre os principais Estados produtores de milho branco

são Paraná e São Paulo destacando-se os municípios de: Londrina, Irati e Pato Branco no Paraná, e Quadra, Tatuí e Itapetininga em São Paulo (CONAB, 2009).

Para aumentar a produção de milho branco destinado a canjica o programa de melhoramento de milho do Instituto Agronômico em Campinas (IAC) vem desenvolvendo híbridos mais produtivos, utilizando os métodos de cruzamentos dialélicos, que permitem estimar parâmetros genéticos úteis, na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres.

Os cruzamentos dialélicos parciais foram sugeridos por Kempthorne e Curnow (1961), a partir de observações com vistas ao excessivo número de cruzamentos necessários para a formação de um dialelo completo. Essas técnicas de cruzamentos em esquema dialélico parcial vem sendo utilizada em milho para avaliações e fornecimento de informações úteis nos cruzamentos intervarietais.

O estudo de cruzamentos intervarietais possibilita a investigação da heterose e de sua utilização pela seleção dos melhores cruzamentos. Possibilita, ainda, a orientação de síntese de compostos e o conhecimento e o tipo da magnitude da variabilidade genética populacional, bem como a estimação de vários parâmetros genéticos associados aos caracteres quantitativos, indispensáveis ao melhoramento (BARRIGA e VENCOVSKY, 1973).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os híbridos top crosses resultantes do cruzamento entre sete populações de milho branco com dois testadores quanto ao peso de grãos, peso hectolítrico, altura de planta e porcentagem de plantas acamadas e quebradas e estimar a capacidade combinatória apresentada pelas populações envolvidas.

Material e Métodos

Na safra de 2010/2011 foi realizado um cruzamento dialélico parcial (7 x 2) entre sete populações de milho branco: P1= IAC 33 branco, P2=IAC 8333 branco, P3=F₂ DKB 990, P4=IAC Pérola Piracicaba, P5= F₂ B 670, P6=AL Bianco e P7=F₂ do híbrido triplo Murano; e dois híbridos comerciais utilizados como testadores, T1=IPR 119 (híbrido duplo) e T2=IPR 127 (híbrido simples).

Os experimentos de avaliação dos 14 híbridos resultantes do cruzamento dialélico parcial foram conduzidos na safra de 2011/12 no Centro Experimental IAC em Campinas e em e no centro de desenvolvimento APTA em Tatuí no Estado de São Paulo, utilizando os híbridos IPR 119 e IPR 127 como testemunhas, totalizando 16 tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e parcela de seis linhas de 5,0 m espaçadas a 0,85 m em Campinas e 0,8 m em Tatuí, sendo a parcela útil constituída por duas linhas centrais. Os caracteres avaliados foram massa de grãos

(MG): massa em kg ha⁻¹ corrigido a 14,5% de umidade, peso hectolitrico (PH) em quilos, altura de planta (AP) em centímetros e % de plantas acamada + quebrada (AC + QB) transformadas $\sqrt{(x+1)}$.

Realizaram-se análises de variância individuais e conjunta considerando o modelo fixo, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 1999) e as estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) dos híbridos foi calculada pelo programa GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e Discussão

A análise conjunta do experimento dos 14 híbridos e duas testemunhas comerciais detectou diferença significativa entre tratamentos e entre locais ($p < 0,01$), para os caracteres estudados, indicando a existência de variabilidade genética entre os tratamentos. O efeito da interação tratamentos x locais não foi significativo para os caracteres e, evidenciando que os tratamentos apresentam o mesmo desempenho nos locais onde foram avaliados.

As médias para MG, PH, AP e AC + QB, dos cruzamentos avaliados nos dois locais, encontram-se na Tabela 1, juntamente com resultado do teste Tukey ($p < 0,05$).

Os melhores top crosses foram: P7 x T2 com maior média de MG (9.110 Kg ha⁻¹), denotando ser um híbrido produtivo com boa densidade de grãos (PH = 78,3 kg), porte médio de planta (AP = 233 cm) e baixa porcentagem de AC +QB (0,4%), seguido do P1 x T2, com médias altas para os caracteres relacionados a produtividade (MG = 9.032 Kg ha⁻¹ e PH =77,9 Kg).

O top-cross P4 x T2 apresentou a média mais baixa para MG (6791 Kg ha⁻¹) e as médias mais altas para AP (283 cm) e AC + QB (27,2%), denotando ser um híbrido pouco produtivo, de porte alto muito suscetível ao acamamento e quebramento das plantas.

O resultado das análises dialélicas individuais (Tabela 2) apresenta diferença significativa ($p < 0,01$) para os top-crosses nos dois locais para os caracteres de MG e AP, denotando que os híbridos apresentam desempenho diferentes e que não se constituem em um grupo homogêneo. Para CGC I e CGC II foi observado significância dos efeitos de capacidade geral de combinação tanto entre os parentais do grupo 1 (IPR 119 e IPR 127) como do grupo 2 (populações) para MG apenas em Tatuí, e diferença significativa ($p < 0,01$) para AP nos dois locais, demonstrando que os híbridos apresentam desempenho diferente para MG e AP nos cruzamentos.

A CEC de G1 x G2 apresentou significância ($p < 0,01$) para MG e AP nos dois locais, sugerindo que há efeito de dominância nos cruzamentos. Segundo Hallauer & Miranda Filho (1988), o efeito de parentais está relacionado aos componentes aditivos das médias, e o da heterose relaciona-se aos componentes de dominância.

Os efeitos de CGC correspondem aos efeitos do comportamento das populações F_2 per se e são estimados pelos desvios das populações, em relação a média das populações incluídas nos cruzamentos. As maiores estimativas de CGC para MG foram de 802 kg ha^{-1} , na população P7 e de 485 kg ha^{-1} para a P1, sendo que as mesmas populações também apresentaram CGC negativas para AP, respectivamente de $-20,73 \text{ cm}$ e $-9,53 \text{ cm}$, demonstrando que a participação destas populações em cruzamentos pode elevar a produtividade e diminuir o porte de plantas. Para PH, a maior estimativa de CGC foi observada na população P2 de $0,7 \text{ kg}$, e a menor estimativa de CGC para AC + QB de $-0,04\%$, evidenciando que a participação desta população em cruzamentos irá contribuir na densidade dos grãos e diminuir a % de plantas acamadas e quebradas.

A população P4 apresentou as piores estimativas para todos os caracteres estudados, destacando a de MG que foi de -1019 kg ha^{-1} e AP de 22 cm , demonstrando que esta população não é a menos indicada para a participação em cruzamentos.

De acordo com Cruz e Regazzi (2001), uma baixa estimativa de CGC, positiva ou negativa, indica que o valor da capacidade geral de combinação do genitor, obtida com base em suas combinações híbridas, não difere muito da média geral das demais populações avaliadas. Se os valores de CGC são altos, positivos ou negativos, há indício de que o genitor em questão é muito superior ou inferior aos demais genitores do dialelo, com relação ao desempenho médio das progênes.

Apresentaram maiores estimativas da heterose específica (s_{ij}) contribuindo para aumento da MG e para diminuição de AP os cruzamentos: P6 x T2 e P3 x T2, e apenas para o aumento de MG o cruzamento P1 x T2 (Tabela 4).

Conclusões

Conforme os resultados apresentados os top-crosses mais promissores foram P7 x T2 e P1 x T2, os quais apresentaram as maiores médias e as melhores estimativas da CGC, denotando seu potencial produtivo e a sua contribuição para reduzir AP. O top-cross P1 x T2 também se destacou-se por apresentar a melhor estimativa da CEC, como também CGC para os caracteres em estudo.

De maneira geral os top-crosses apresentaram produção de 97% em relação à produção das testemunhas, denotando comportamento promissor para continuar programa de melhoramento com estas populações.

Agradecimentos

À FAPESP pela concessão da bolsa de Doutorado, e ao Dr. Marcio A. Ito e Dr. Waldo Alejandro Ruben Lara Cabezas, pela execução do experimento em Tatuí.

Literatura Citada

A GRANJA. <http://www.edcentaurus.com.br/materias/granja.php?id=3708>. Acesso em: 28/05/2012.

BARRIGA, P.; VENCOVSKY, R. Heterose da produção de grãos e outros caracteres agrônômicos em cruzamentos intervarietais de milho. *Ciência e Prática*, São Paulo, v.25, p.880-885, 1973.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=criterioSafras1&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos. Acesso em: 30/05/2012.

CRUZ, C.D. Programa genes, versão Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, UFV. 2001. 648p.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, v. 22, p. 439-452, 1966.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v.1, 2 ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

FERREIRA, D. F. SisVar: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0. Lavras: DEX/ UFLA, 1999. Software estatístico.

KEMPTHORNE, O. e CURNOW, R.N. The partial diallel crosses. *Biometrics*, Raleigh, v.17,n.2,p-229-250, 1961.

SAWAZAKI, E.; RAMOS JUNIOR, E.U.; ITO, M. A.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A. P.; AZEVEDO FILHO, J.A. Capacidade combinatória de variedades e híbridos de milho branco. Resumo expandido. XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Londrina, 2008.

Tabela 1. Médias da massa de grãos em quilogramas por hectare (MG), peso hectolitrico (PH) em quilos, altura de planta (AP) em centímetros e porcentagem de plantas acamadas +e quebradas de duas testemunhas e de quatorze cruzamentos em Campinas e Tatuí-SP. Safra 2011/12.

Testemunhas	MG	PH	AP	AC + QB
	Kg ha ⁻¹	Kg	Cm	• (%+1)
IPR 127	7.134 ab	76,2 b	243 b	5,1 b
IPR 119	9.075 a	78,4 a	279 a	7,6 a
Top-crosses				
IAC 33 x IPR 127	9.032 a	77,9 ab	252 bc	8,9 abc
IAC 8333 x IPR 127	7.984 ab	77,6 ab	257 bc	3,4 bc
DKB 990 F ₂ x IPR 127	8.683 ab	77,0 ab	252 abc	1,3 c
IAC Pérola Piracicaba x IPR 127	6.791 b	77,6 ab	283 ab	27,2 abc
B 670 F ₂ x IPR 127	8.296 ab	77,8 ab	281 ab	14,0 abc
Murano x IPR 127	9.110 a	78,3 ab	233 abcde	0,4 c
Al Bianco x IPR 127	6.907 ab	77,0 b	262 bc	9,8 abc
IAC 33 x IPR 119	8.092 ab	76,9 ab	254 bc	4,2 abc
IAC 8333 x IPR 119	8.578 ab	78,3 ab	267 cd	12,3 abc
DKB 990 F ₂ x IPR 119	7.899 ab	76,4 ab	261 bc	5,5 abc
IAC Pérola Piracicaba x IPR 119	7.325 ab	77,4 ab	286 a	25,1 abc
B 670 F ₂ x IPR 119	7.983 ab	76,6 ab	284 ab	26,3 ab
Murano x IPR 119	8.648 ab	77,1 ab	251 abc	2,5 c
Al Bianco x IPR 119	7.748 ab	77,3 ab	254 bc	9,8 abc
DMS (Tukey a 5%)	751,52	2,61	24,43	0,03
Médias Geral	8.104	77,3	261	1,7
Médias dos híbridos	8.077	77,3	263	1,8
Média das testemunhas	8.295	76,8	250	1,1

Tabela 2. Análises dialélicas individuais para as variáveis massa de grãos (MG) em Kg ha⁻¹, peso hectolitrico (PH) em Kg, altura de planta (AP) em centímetros e porcentagem de plantas acamadas + quebradas (AC e QB) transformadas $\sqrt{(x+1)}$, realizada em Campinas e Tatuí. Safra 2011/2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios (QM)							
		MG ¹		PH		AP		AC+ QB	
		Kg ha ⁻¹		Kg		Cm		%	
Ambientes		Campinas	Tatuí	Campinas	Tatuí	Campinas	Tatuí	Campinas	Tatuí
Cruzamentos	13	2782,67*	4077,39**	1,54	4,90	790,40**	1386,17**	0,00009	0,002185
CGC I	1	1510,54	3215,93**	0,0	9,61	332,42**	582,17**	0,00028	0,00080
CGC II	6	2359,97	7845,74**	1,25	5,32	1508,60**	2583,17**	0,00105	0,044
CEC G1 x G2	6	3417,40*	452,61**	2,08	3,70	148,53**	323,18**	0,00005	0,00031
Resíduo	39	1271,21	56,07	850098,68	142,53	1,30**	0,00008	1,20962	0,00046
Médias		7128,18	9025,62	76,25	78,37	244	280	0,8	2,7

¹; QM x 10³

** Significativo a 1 % de probabilidade ao teste F.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) para massa de grãos (MG), peso hectolitrico (PH), altura de planta (AP) e porcentagem de plantas acamadas + quebradas (AC_QB) para o dialelo parcial de sete populações de milho branco com 2 testadores, avaliadas em Campinas e Tatuí-SP. Safra 2011/2012.

CGC				
	MG	PH	AP	AC + QB
Grupo I	Kg ha ⁻¹	Kg	Cm	• (%+1)
T1	-37,7	-0,27	2,8	0,002
T2	37,7	0,21	-2,8	-0,002
Grupo II				
P1	485,5	0,01	-9,5	-0,006
P2	204,1	0,71	-0,6	-0,004
P3	214,3	-0,71	-6,4	-0,011
P4	-1019,0	0,11	21,9	0,021
P5	62,6	-0,19	20,1	0,014
P6	-749,4	-0,26	-4,6	-0,001
P7	801,9	0,34	-20,7	-0,013

Tabela 4. Estimativas dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) para massa de grãos (MG) e altura de planta (AP) para os quatorze cruzamentos do dialelo parcial entre populações de milho branco avaliadas em Campinas e Tatuí-SP. Safra 2011/2012.

CEC		
Cruzamentos	MG	PH
	Kg ha ⁻¹	Kg
P1 x T2	432,2	1,8
P2 x T2	-335,0	-2,1
P3 x T2	354,2	-2,0
P4 x T2	-304,9	1,1
P5 x T2	118,7	1,2
P6 x T2	458,6	-6,4
P7 x T2	193,4	-6,5
P6 x T1	-458,6	6,4
P1 x T1	-432,2	-1,8
P2 x T1	335,0	2,1
P3 x T1	-354,2	2,0
P4 x T1	304,9	-1,1
P5 x T1	-118,7	-1,2
P7 x T1	-193,4	6,5