

PRODUTIVIDADE E CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS DE MILHO SOB REGIMES HÍDRICOS DISTINTOS

Frederico Ozanan Machado Durães¹, Antônio Carlos de Oliveira, Manoel Xavier dos Santos, Elto Eugênio Gomes e Gama, e Cláudia Teixeira Guimarães

¹ Pesquisador, Dr., Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, Brasil. Correio eletrônico: fduraes@cnpms.embrapa.br

Dentre os estresses ambientais, seca é a maior fonte de instabilidade de rendimento de grãos de milho em áreas tropicais (Durães *et al.* Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, São Carlos, v.5. n.1. p. 1-120. Jan./Fev. 1993, e Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 23. Uberlândia, 2000. Resumos. ABMS;CNPMS. Maio, 2000). O período compreendido entre a emergência dos estilo-estigmas e a extrusão de anteras com a conseqüente liberação de grãos de pólen é denominado IFMF (Durães *et al.* Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 20., Goiânia, 1994. Resumos. ABMS;EMGOPA;EMBRAPA;UFG;EMATER-GO. 1994). Para o milho, o IFMF (intervalo entre florescimentos masculino e feminino, em dias) é considerado um eficaz indicador fenotípico de tolerância ao déficit hídrico (Durães *et al.* Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, São Carlos, v.5. n.1. p. 1-120. Jan./Fev. 1997). Baixo valor de IFMF indica um sincronismo no florescimento, que traduz uma adaptação a um dado estresse e está associado ao rendimento de grão sobre condições adversas. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o potencial genético para rendimento de grãos de seis linhagens de milho com alto grau de endogamia, oriundas do programa de melhoramento visando tolerância à seca, da Embrapa Milho e Sorgo, e comparar seus F_1 's e recíprocos com outros seis genótipos-testemunhas melhorados para rendimento.

Área e condições experimentais. Solo LEm, álico, fase "cerrado", na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG (coord. geográficas: 19°28' latitude sul, longitude 44°15'08" W.GrW, altitude 732 m). Clima de savana, tipo Aw (Köppen). Durante o período experimental (nov/99 a mar/2000), a imposição do estresse hídrico foi possível devido ao período de estiagem (*veranico*) que ocorreu durante a fase de florescimento da cultura.

Genótipos. F_1 's e seus recíprocos de seis linhagens com alto grau de endogamia, S8 (programa de melhoramento de milho para tolerância à seca, da Embrapa Milho e Sorgo) e seis genótipos comerciais (em substituição às linhagens parentais).

Condições de cultivo. Dois ensaios foram implantados, simultaneamente, a pleno solo (LEm corrigido), em parcelas de 4 linhas de 4,0m de comprimento, no espaçamento de 0,9m x 0,2m, com parcela útil de 2 linhas de 3,0m, com preparo convencional. Delineamento: blocos ao acaso, com 3 repetições. Tratamentos de irrigação: Experimento I – com irrigação plena, durante todo o ciclo da cultura, e Experimento II, irrigação plena com supressão de água 10 dias antes/depois do florescimento.

Fitomassa e rendimento de grãos. Os rendimentos de grãos (a 13% de umidade) de subparcelas com bordadura foram medidos pela colheita manual de uma área de 5,4m² (3m x 1,8m) por parcela de F_1 's. Para os seis genótipos-testemunhas, os dados foram colhidos e analisados à parte da análise de dialelo.

Análise estatística. A capacidade de combinação entre as linhagens, para o caráter rendimento de grãos, foi avaliada com base no Modelo de Griffing (Heredity, 10:31-50, 1956 e Aust. J. Biol. Sci., 9: 463-93. 1956), para efeitos fixos (Modelo I) de acordo com o Método 3 [$n(n-1)/2$ F_1 's e recíprocos]. A análise dos dados foi realizada utilizando-se o programa Genes (Cruz, C.D. Programa Genes. Viçosa: UFV, 1997. 442 p).

Sistemas de cruzamentos em dialelo

A seleção de genótipos com capacidade de adaptação a regimes hídricos diferenciados é uma estratégia importante para o melhoramento. Portanto, em condições de estresse abiótico (p.ex., hídrico) busca-se avaliar e selecionar genótipos bem adaptados e tolerantes à seca, bem como com produtividades altas e estáveis. A avaliação de linhagens endogâmicas em combinações híbridas procura contribuir com informações sobre o potencial genético das linhagens e o desenvolvimento de híbridos de alta produtividade. O método de cruzamento em dialélico dá oportunidade para uma determinação exata da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) (Sprague, G.F. & Tatum, L.A. J. Amer. Soc. Agron. 34:923-32, 1942.).

Análise de Variância. Os resultados da ANAVA referem-se aos experimentos estabelecidos em dois sistemas de regime hídrico suplementar, relacionados ao caráter produção (rendimento de grãos):

Experimento 1 – Com Irrigação Plena Durante o Ciclo de Cultivo

Sob irrigação plena, os efeitos para tratamentos, entre híbridos (F_1 's) e CGC e CEC, foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, mas não significativo para os recíprocos. Entre os genótipos-testemunhas não houve diferença significativa.

Observaram-se diferenças significativas para efeito da CGC de híbridos, ao nível de 1% de probabilidade para produção de grãos, mostrando que a linhagem L4- L6.1.1 apresentou maior valor de CGC (602,8), e as linhagens L6- L8.3.1 (-22,6) e L1- L1170 (-79,9) os menores valores de CGC (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa dos efeitos da capacidade de combinação geral (C.G.C, na diagonal) e específica (C.E.C.) em 6 linhagens (acima da diagonal) de milho e seus recíprocos (abaixo da diagonal), para rendimento de grãos (kg/ha), sob regimes hídricos distintos. Ano agrícola 1999/2000. Sete Lagoas, MG, Brasil. Abril/2001.

Fem.\Masc.	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Irrigação Plena						
L1- L1170	(-79,92)	-334,80	213,35	-197,51	141,21	177,75
L2- L1147	-44,70	(-228,10)	305,03	-206,69	492,04	-255,57
L3- L13.1.2	110,35	397,15	(185,10)	-28,94	-467,16	-22,27
L4- L6.1.1	141,50	2,15	-75,50	(602,82)	83,48	349,66
L5- L10.1.1	82,85	-15,20	-276,20	-162,85	(-457,26)	-249,56
L6- L8.3.1	-268,30	228,50	-141,70	-50,65	62,65	(-22,65)
Supressão da Irrigação durante o Florescimento						
L1- L1170	(40,21)	-495,33	89,06	228,25	-58,30	236,32
L2- L1147	221,85	(-293,43)	185,20	130,39	121,29	58,46

L3- L13.1.2	-269,65	262,15	(180,39)	-261,43	181,32	-194,15
L4- L6.1.1	181,65	-274,85	126,85	(551,50)	-120,44	23,24
L5- L10.1.1	-365,15	355,50	41,65	138,70	(-381,75)	-123,86
L6- L8.3.1	-304,00	298,50	-90,00	-192,20	-153,15	(-96,93)

Também, observaram-se diferenças significativas para efeito da CEC de híbridos, ao nível de 1% de probabilidade para produção de grãos, resultando nas melhores combinações para F_1 's (L2 x L5, 492,0; L4 x L6, 349,7; L2 x L3, 305,0). Observa-se a boa performance de combinação, embora não significativamente diferente do F_1 , do recíproco L3 x L2 (397,2). Na análise de variância, a diferença não significativa para o efeito de recíprocos significa o não efeito materno nos cruzamentos para o caráter estudado, sob irrigação plena.

O coeficiente de variação foi considerado aceitável para a característica rendimento de grão (Tabela 2). A média dos genótipos-testemunhas foi significativamente superior à média dos F_1 's. Isto devido à escolha prévia de materiais genéticos melhorados (comerciais ou experimentais), para controle. Para a característica rendimento de grãos, os híbridos F_1 's apresentaram médias variando significativamente entre 5105,3 kg/ha (L6 x L4) a 3109,3 kg/ha (L3 x L5) e entre os genótipos-testemunhas, as médias variaram significativamente entre 5296,3 kg/ha (C4- HS 93H) a 4147,3 kg/ha (C6- BRS 2114).

Experimento 2 – Com Supressão de Irrigação no Florescimento

Com supressão de irrigação no florescimento, os efeitos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para tratamentos, entre híbridos (F_1 's) e CGC, entre testemunhas vs F_1 's, e a 5% entre testemunhas; entretanto, não foram diferentes significativamente para os efeitos CEC e entre recíprocos.

Observaram-se diferenças significativas para efeito da CGC de híbridos, ao nível de 1% de probabilidade para produção de grãos, mostrando que a linhagem L4- L6.1.1 apresentou maior valor de CGC (551,5), em ambos os experimentos, e as linhagens L1- L1170 (40,2) e L6- L8.3.1 (-96,9) baixos valores de CGC (Tabela 1). Não foram observadas diferenças significativas para efeito de CEC entre F_1 's e também para efeito de recíprocos, significando performance similares de combinação entre as linhagens estudadas, sob o estresse hídrico imposto no florescimento. Observa-se, entretanto, uma tendência de melhor performance para as combinações de F_1 's (L1xL6, L1xL4, L2xL3, L2xL4 e L2xL5) e dos recíprocos (L5xL2, L6xL2 e L3xL2).

O C.V. de 20,35%, superior ao C.V. do experimento com supressão de irrigação no florescimento, foi considerado aceitável para a característica rendimento de grão (Tabela 2). Para a característica rendimento de grãos, os híbridos F_1 's apresentaram médias variando significativamente entre 3459,3 kg/ha (L1xL4) a 1487,3 kg/ha (L2xL1) e entre genótipos-testemunhas, as médias variaram significativamente entre 3526 kg/ha (C1- HS 28I) a 2004 kg/ha (C5- BRS 3060).

A média de rendimento de grãos dos genótipos-testemunhas foi significativamente superior à média dos F_1 's, nos dois ambientes. Entre as testemunhas, observou-se um maior rendimento

de grãos (*per se* e médio) entre os genótipos precoces em relação aos de ciclo normal. Em média, a mesma tendência para os genótipos-testemunhas foi observada no experimento com irrigação plena.

No experimento com irrigação plena, o rendimento médio entre os genótipos-testemunhas foi 13,6% superior ao rendimento médio dos híbridos F_1 's, e de 16,1% superior, no experimento com supressão de água no florescimento. Em média, no experimento com supressão de água no florescimento, o rendimento de grãos foi reduzido de 38,6% e de 40,4%, para testemunhas e híbridos F_1 's, respectivamente. Entretanto, o rendimento de grãos de cerca de 50% e de 25% dos genótipos F_1 's foi superior aos rendimentos das testemunhas, respectivamente, sob irrigação plena e com supressão de irrigação no florescimento (*Tabela 2*).

Tabela 2. Rendimento médio de grãos (kg/ha, a 13% de umidade) de 6 genótipos-testemunhas e híbridos F_1 's de milho, cultivados em dois regimes hídricos diferenciados (com irrigação plena durante o ciclo e com supressão de irrigação no florescimento). Ano Agrícola 1999/2000. Sete Lagoas, MG, Brasil. Abril/ 2001.

Genótipo		Condições				
Background	Identificação	Irrigação Plena	Produção Relativa	Supressão da Irrigação	Produção Relativa	% Redução na produção
Testemunhas	HS 28I	4779	153,72	3526	237,12	26,22
	BRS 3101	4782	153,81	2903	195,23	39,29
	HD 951128	4851	156,03	3412	229,46	29,66
	HS 93H	5296	170,34	2899	194,96	45,26
	BRS 3060	4791	154,10	2004	134,77	58,17
	BRS 2114	4147	133,39	2839	190,92	31,54
	Média	4774 a	153,55	2931 a	197,11	38,60

F_1's e Recíprocos	L1170 x L1147	3437	110,55	1931	129,86	43,82
	L1170 x L13.1.2	4554	146,48	2498	167,99	45,15
	L1170 x L6.1.1	4592	147,70	3459	232,62	24,67
	L1170 x L10.1.1	3812	122,61	1693	113,85	55,59
	L1170 x L8.3.1	3932	126,47	2333	156,89	40,67
	L1147 x L1170	3527	113,44	1487	100,00	57,84
	L1147 x L13.1.2	4784	153,88	2792	187,76	41,64

L1147 x L6.1.1	4295	138,15	2571	172,90	40,14
L1147 x L10.1.1	3916	125,96	2259	151,92	42,31
L1147 x L8.3.1	3847	123,74	2424	163,01	36,99
L13.1.2 x L1170	4333	139,37	3037	204,24	29,91
L13.1.2 x L1147	3990	128,34	2268	152,52	43,16
L13.1.2 x L6.1.1	4808	154,65	3055	205,45	36,46
L13.1.2 x L10.1.1	3109	100,00	2479	166,71	20,26
L13.1.2 x L8.3.1	4123	132,61	2257	151,78	45,26
L6.1.1 x L1170	4309	138,60	3096	208,20	28,15
L6.1.1 x L1147	4291	138,02	3121	209,89	27,85
L6.1.1 x L13.1.2	4959	159,50	2801	188,37	37,57
L6.1.1 x L10.1.1	4191	134,80	2646	177,94	26,13
L6.1.1 x L8.3.1	5004	160,95	2743	184,47	38,13
L10.1.1 x L1170	3646	117,27	2423	162,95	33,54
L10.1.1 x L1147	3947	126,95	1548	104,10	60,78
L10.1.1 x L13.1.2	3662	117,79	2396	161,13	34,57
L10.1.1 x L6.1.1	4517	145,29	2368	159,25	47,58
L10.1.1 x L8.3.1	3458	111,23	1702	114,46	50,78
L8.3.1 x L1170	4468	143,71	2941	197,78	34,18
L8.3.1 x L1147	3390	109,04	1827	122,86	46,11
L8.3.1 x L13.1.2	4407	141,75	2437	163,89	44,70
L8.3.1 x L6.1.1	5105	164,20	3128	210,36	38,73
L8.3.1 x L10.1.1	3333	107,20	2008	135,04	39,75
Média	4125 b	133	2458 b	165,27	40,52
C.V. (%)	11,21		20,35		
LSD (a =0,050)	772,6		840,6		

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de híbridos simples tão produtivos quanto os genótipos-testemunhas reflete o bom potencial das linhagens selecionadas para a obtenção de híbridos de alta produtividade. O rendimento de grãos de cerca de 50% e de 25% dos genótipos F_1 's foi superior aos rendimentos das testemunhas, respectivamente, sob irrigação plena e com supressão de irrigação no florescimento.

Com irrigação plena, a estimativa da capacidade geral de combinação aponta o melhor efeito para a linhagem L6.1.1. Para o efeito da capacidade específica de combinação de híbridos F_1 's, resultou nas melhores combinações para F_1 's (L1147xL10.1.1; L6.1.1xL8.3.1; L1147xL13.1.2 e o recíproco L13.1.2xL1147).

O efeito da CGC de híbridos, para o caráter produção de grãos, mostrou que a linhagem L6.1.1 apresentou maior valor de CGC, em ambos os experimentos (com irrigação plena e com supressão de irrigação no florescimento), e as linhagens L1170 e L8.3.1, baixos valores de CGC. Não houve efeito significativo da CEC entre F_1 's e também para efeito de recíprocos entre as linhagens estudadas, sob o estresse hídrico imposto no florescimento. A média de rendimento de grãos dos genótipos-testemunhas foi significativamente superior à média dos F_1 's, nos dois ambientes.

Entre os genótipos-testemunhas, observou-se um maior rendimento de grãos (*per se* e médio) entre os genótipos precoces em relação aos de ciclo normal. Em média, observou-se o inverso, com irrigação plena.

