

Avaliação da Capacidade Combinatória de Dois Sintéticos de Milho Quanto à Absorção de Fósforo e Zinco.

XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002 - Florianópolis - SC

MEIRELLES, W.F.1, VASCONCELLOS, C.A., GAMA, E.E.G., PARENTONI, S.N., GUIMARÃES, P.E.O., PACHECO, C.A.P., SANTOS, M. X., PITTA, G.V.E. e OLIVEIRA, A.C.

Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, Sete Lagoas, MG, CEP 35.701-970 |
walter@cnpso.embrapa.br

Palavras-chave: *Zea mays* L., nutrientes, eficiência, dialélico, capacidade de combinação

Introdução

A seleção de genótipos mais tolerantes às deficiências nutricionais do solo tem merecido atenção desde o início da expansão agrícola nos cerrados brasileiros. Nestes solos o fósforo (P) se apresenta em baixos níveis, é pouco disponível para as plantas e sofre interação com diversos fatores, como alumínio tóxico e disponibilidade de água (Alves *et al.*, 1999). Como o P é o elemento que constitui a segunda maior exigência nutricional pela cultura do milho, logo após o nitrogênio, os trabalhos de pesquisa foram estimulados a desenvolverem genótipos mais eficientes na absorção e utilização deste nutriente. Considerando que cerca de 80% do P é exportado para os grãos e a quantidade deste que é absorvida está correlacionada positivamente com o rendimento em solos mais deficientes (Tanaka e Yamaguchi, 1984; Parentoni *et al.*, 2000), a avaliação do P absorvido ajuda na seleção de materiais promissores para produtividade nos programas de melhoramento. Isto pode contribuir para que se possa fazer a cultura produzir bem, sem a necessidade de aumentar tanto o nível de P no solo (Barber, 1992; Brewbaker, 1985).

De maneira similar o zinco (Zn) tem sua importância, pois possui funções essenciais no metabolismo da planta e é o micronutriente que mais limita a produção do milho no Brasil, principalmente na região dos cerrados (Büll, 1993; Coelho e França, 1995)

Assim, objetivou-se neste trabalho obter informações da ação gênica, utilizando cruzamentos dialélicos com linhagens de dois sintéticos de milho, para a absorção de fósforo e zinco, bem como comparar e detectar linhagens e combinações híbridas mais eficientes na utilização destes nutrientes.

Material e Métodos

Trinta e seis cruzamentos entre 9 linhagens S₄ do Sintético CMS 53 (grãos duros) e 45 cruzamentos entre 10 linhagens S₄ do Sintético CMS 61 (grãos dentados) foram obtidos num esquema dialélico para avaliação quanto a eficiência na utilização de P e Zn. As sementes foram semeadas em canteiros contendo solo devidamente preparado e a adubação formulada foi incorporada a 10 cm de profundidade, contendo dois níveis de P e Zn, ou seja, o correspondente a 20 e 2 ppm de P e 0,5 e 0% de Z. Estas concentrações foram consideradas como níveis alto e baixo, respectivamente, para efeito deste estudo. Semanalmente foram aplicadas em cobertura 2 g da fórmula 20-0-20 por m² de canteiro. Em cada canteiro foram feitas 100 linhas espaçadas de 12 cm. Em cada linha foram semeadas 11 sementes de cada

material. Assim, cada material teve no mínimo 3 plantas por nível de P e Zn. O delineamento experimental utilizado foi o blocos casualizados, com três repetições. Foram avaliadas as linhagens parentais e o cruzamentos intrapopulacionais, totalizando 45 e 55 tratamentos para os sintéticos CMS 53 e o CMS 61, respectivamente. Após 25 dias da semeadura, as plântulas foram coletadas para determinação dos teores de P e Zn na matéria seca (MS), de acordo com a metodologia de Bataglia *et al.*, 1983. As análises preliminares para quantificação dos conteúdos de P e Zn em mg elemento/grama de matéria seca, foram realizadas pelo SAS System e as análises de variância dos oito dialelos foram efetuadas separadamente pelo programa GENES, segundo o método II de Griffing (1956), modelo fixo.

Resultados e Discussão

As médias gerais para teores de fósforo(P) e zinco (Zn) na matéria seca, nos dois níveis de concentração disponíveis no solo dos canteiros encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Médias gerais de 3 repetições para duas concentrações de fósforo e zinco (alto e baixo) contidos na matéria seca de dois sintéticos de milho em mg por grama de matéria seca. Sete Lagoas, MG. 2001.

Nível de concentração do nutriente (mg.g MS ⁻¹)	Sintéticos	
	CMS 53 (duro)	CMS 61 (dentado)
P alto	45,3	32,5
P baixo	13,8	14,2
Zn alto	0,72	0,52
Zn baixo	0,29	0,29

Os valores encontrados indicam uma similaridade de comportamento das médias dos dois sintéticos quanto à absorção dos dois elementos no nível mais baixo de concentração, em relação ao nível mais alto. A análise de variância inicial mostrou alta significância para efeitos de tratamentos para os dois sintéticos nos dois níveis de P e Zn, exceto no nível baixo de P do sintético CMS 53, que não apresentou significância (Tabela 2).

Tabela 2: Comparação de níveis de probabilidade e significância (Pr > F) entre os QM de tratamentos para absorção de dois níveis de fósforo e zinco, das análises preliminares obtidas de dois sintéticos de milho, em blocos casualizados com 3 repetições. Sete Lagoas, MG. 2001.

F. V.	Sintéticos	
	CMS 53(duro)	CMS 61(dentado)
QM Genótipos em P alto	0,0086 **	<0,0001 ***
QM Genótipos em P baixo	0,2262 ns	0,0004 ***
QM Genótipos em Zn alto	0,0002 ***	<0,0001 ***
QM Genótipos em Zn baixo	<0,0001 ***	<0,0001 ***

** Pr < 1% ; *** Pr < 0,1%; ns = não significativo

Este resultado, pode indicar o quanto é difícil discriminar entre os tratamentos com baixo nível do elemento P no solo, o que dificulta o trabalho de seleção nesta situação. Por outro lado, as altas significâncias observadas nas outras situações sugerem a ocorrência de variabilidade dentro dos materiais em estudo para absorção de P e Zn.

A análise de variância desdobrada nos seus componentes de capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, mostrou significância para quase todas as situações analisadas (Tabela 3), exceto para o sintético CMS 53 no nível baixo de P, que já não havia mostrado significância para a fonte de variação tratamentos na análise preliminar.

Tabela 3: Quadrados Médios das CGC e CEC envolvendo os pais e F₁'s, para absorção de P e Zn em dois sintéticos de milho. Sete Lagoas, MG. 2001.

	QM	
	CMS 53 (duro)	CMS 61 (dentado)
CGC P alto	625,3485 **	162,5450 **
CEC P alto	333,9142 *	130,1158 ***
CGC P baixo	27,8998 ns.	59,6474 *
CEC P baixo	46,5830 ns.	48,6799 **
CGC Zn alto	0,3114 ***	0,0556 **
CEC Zn alto	0,0824 *	0,0710 ***
CGC Zn baixo	0,0229 **	0,0227 **
CEC Zn baixo	0,0174 ***	0,0221 ***

** Pr < 1% ; *** Pr < 0,1%; ns = não significativo

Os QM significativos obtidos sugerem uma alta variabilidade genética para os caracteres estudados nos dois sintéticos, o que é desejável para os trabalhos de melhoramento (Gama *et al.*, 2000; Meirelles *et al.*, 2000).

Foram obtidas também as estimativas dos componentes quadráticos associadas a capacidade geral e específica de combinação (Tabela 4).

Tabela 4: Estimativas dos componentes quadráticos associadas à capacidade geral (ϕ_g) e específica (ϕ_s) de combinação para absorção de fósforo e zinco de dois sintéticos de milho. Sete Lagoas, MG. 2001.

Doses	Sintéticos			
	CMS 53 (duro)		CMS 61 (dentado)	
	ϕ_z	ϕ_s	ϕ_z	ϕ_s
P alto	37,56	121,69	9,29	79,08
P baixo	-0,72	10,78	3,01	25,19
Zn alto	0,02	0,03	0,003	0,05
Zn baixo	0,001	0,01	0,001	0,01

Houve um predomínio completo para o componente associado a CEC (ϕ_s), em relação ao componente associado a CGC (ϕ_g), o que evidencia a importância de efeitos não-aditivos na absorção de P (Parentoni *et al.*, 2000; Gama *et al.*, 2000) e Zn nestes dois sintéticos, independentemente das doses avaliadas. Com base no comportamento médio dos parentais e cruzamentos em que eles participam estimou-se os efeitos da capacidade geral de combinação (g_i) para os dois sintéticos, CMS 53 e CMS 61, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativas dos efeitos de g_i para absorção de P e Zn (em mg. g MS⁻¹) em dois níveis, para os sintético CMS 53 e CMS 61, envolvendo 9 e 10 parentais, respectivamente. Sete Lagoas, MG. 2001.

Efeitos	CMS 53 (duro)				CMS 61 (dentado)			
	P alto	P baixo	Zn alto	Zn baixo	P alto	P baixo	Zn alto	Zn baixo
g1	6,82	0,94	0,1708	0,0265	1,38	0,44	0,0486	0,0293
g2	- 4,29	- 0,09	- 0,0530	- 0,0228	- 0,03	1,10	- 0,0230	- 0,0004
g3	- 1,54	0,12	0,0816	0,0316	- 5,00	- 1,22	- 0,0820	- 0,0392
g4	- 6,01	- 0,94	- 0,0949	- 0,0249	1,48	2,47	0,0179	0,0251
g5	- 1,61	- 0,66	- 0,0621	- 0,0088	- 0,35	- 0,52	- 0,0137	- 0,0259
g6	- 1,36	- 0,32	- 0,0728	- 0,0142	- 0,43	- 2,17	0,0215	- 0,0248
g7	4,25	0,83	0,0327	0,0180	2,58	0,59	0,0555	0,0242
g8	- 1,18	- 1,31	- 0,0950	- 0,0350	1,79	- 0,21	- 0,0135	- 0,0176
g9	4,92	1,43	0,0926	0,0296	- 0,24	0,25	- 0,0040	0,0183
g10					- 1,17	- 0,72	- 0,0073	0,0110

Para o sintético CMS 53 os progenitores que mais se destacaram foram L1, L9 e L7 para P e L1, L3 e L9 para Zn nos dois níveis de concentração (Tabela 5), podendo ser escolhidos para futuros trabalhos de melhoramento intrapopulacional.

As estimativas dos efeitos de capacidade específica de combinação (s_{ij}) para o sintético CMS 53 (Tabela 6) mostraram como superiores as combinações L7xL9 e L8xL9 (P alto) e L3xL9 e L5xL7 (P baixo) e para absorção de Zn os cruzamentos L7xL9 (Zn alto) e L3xL9 (Zn baixo).

Tabela 6: Estimativas dos efeitos de s_{ij} para absorção de P e Zn (em mg. g MS⁻¹), em dois níveis, para os sintéticos CMS 53 e CMS 61, envolvendo 9 e 10 linhagens de milho e seus F₁'s, respectivamente. Sete Lagoas, MG. 2001.

Efeito	CMS 53(duro)				CMS 61(dentado)			
	P alto	P baixo	Zn alto	Zn baixo	P alto	P baixo	Zn alto	Zn baixo
$s_{(1,2)}$	14,4091	- 2,1686	0,1276	- 0,0173	0,9024	- 2,2294	- 0,0592	- 0,0729
$s_{(1,3)}$	8,3822	- 1,3791	0,1520	0,0046	4,1896	1,1980	0,1145	0,0697
$s_{(1,4)}$	10,1028	1,3619	0,1098	0,0236	1,7804	0,3501	0,1297	0,0524
$s_{(1,5)}$	- 1,5228	- 2,3896	0,0219	- 0,0272	- 3,1261	1,3960	0,0370	0,0584
$s_{(1,6)}$	- 14,5040	1,4831	- 0,2162	0,0342	0,8258	5,7736	0,2130	0,1386
$s_{(1,7)}$	- 1,8217	1,2797	0,0868	0,0302	- 4,8166	4,0614	- 0,0374	0,0509
$s_{(1,8)}$	0,9099	2,0374	0,0160	0,0006	- 4,4432	- 2,9731	- 0,0910	- 0,0819
$s_{(1,9)}$	0,1852	4,8160	0,0162	0,0149	- 6,4884	1,5414	- 0,2084	- 0,0174
$s_{(1,10)}$					8,8820	1,7420	0,0861	0,0088
$s_{(2,3)}$	8,9065	0,5448	0,2644	0,0436	0,0992	- 3,3249	- 0,0721	- 0,0471
$s_{(2,4)}$	- 3,9632	2,6938	- 0,0540	0,0515	- 5,4879	- 1,3611	- 0,1523	- 0,0368
$s_{(2,5)}$	11,3918	3,9027	0,1797	0,0320	1,5092	5,2581	0,2016	0,1635
$s_{(2,6)}$	2,0930	5,6146	0,0703	0,0683	1,6634	1,3857	- 0,0815	- 0,0139
$s_{(2,7)}$	- 1,1174	2,2497	0,0391	0,0358	0,1394	8,6925	0,0586	0,1258
$s_{(2,8)}$	- 16,6114	- 1,3854	- 0,2076	- 0,0036	- 4,5656	0,1807	- 0,0778	- 0,0091
$s_{(2,9)}$	- 9,9158	2,9072	- 0,1497	0,0248	2,6816	4,4192	0,0822	0,0473
$s_{(2,10)}$					- 10,2444	- 6,6022	- 0,1785	- 0,1478
$s_{(3,4)}$	- 3,4698	- 0,2542	- 0,0936	0,0042	- 4,8370	- 5,7131	- 0,0934	- 0,0788
$s_{(3,5)}$	0,4235	0,0205	0,0550	0,0103	- 1,6442	1,6735	- 0,0326	0,0134
$s_{(3,6)}$	- 3,7349	- 0,5370	0,0172	- 0,0014	- 2,4024	0,8482	- 0,1208	- 0,0612
$s_{(3,7)}$	- 8,8653	0,8093	- 0,1395	0,0722	- 0,7634	2,8569	0,1234	0,1059
$s_{(3,8)}$	- 8,6197	1,2481	- 0,1326	0,0191	- 5,9050	- 5,3140	- 0,1111	- 0,0862
$s_{(3,9)}$	- 8,4301	6,0853	- 0,1101	0,1585	- 7,1962	- 2,5785	- 0,1242	- 0,0720
$s_{(3,10)}$					- 4,2588	0,7625	- 0,1443	- 0,0793
$s_{(4,5)}$	0,4128	4,7359	- 0,0472	0,0955	- 8,5313	2,5636	- 0,1260	0,0674
$s_{(4,6)}$	2,9523	0,0391	0,1116	0,0253	- 18,3639	- 5,9925	- 0,3948	- 0,1848
$s_{(4,7)}$	2,5916	0,7786	- 0,0598	- 0,0045	5,4355	- 1,5600	- 0,0201	- 0,0925
$s_{(4,8)}$	- 6,4738	1,9686	- 0,1085	0,0050	6,4532	10,1275	0,0534	0,1071
$s_{(4,9)}$	7,1505	2,4846	0,1938	0,0417	7,7534	6,3227	0,0245	0,0090
$s_{(4,10)}$					2,5740	2,4806	0,0761	0,0232
$s_{(5,6)}$	- 14,3183	- 1,1816	- 0,1949	- 0,0255	3,7073	2,7321	- 0,0520	0,0057
$s_{(5,7)}$	3,2423	5,7716	0,0411	0,1173	0,9506	- 1,9197	- 0,0027	- 0,0718

S(3,7)	-0,8855	0,8855	-0,1555	0,0722	-0,7854	2,8589	0,1254	0,1859
S(3,8)	-8,6197	1,2481	-0,1326	0,0191	-5,9050	-5,3140	-0,1111	-0,0862
S(3,9)	-8,4301	6,0853	-0,1101	0,1585	-7,1962	-2,5785	-0,1242	-0,0720
S(3,10)					-4,2588	0,7625	-0,1443	-0,0793
S(4,5)	0,4128	4,7359	-0,0472	0,0955	-8,5313	2,5636	-0,1260	0,0674
S(4,6)	2,9523	0,0391	0,1116	0,0253	-18,3639	-5,9925	-0,3948	-0,1848
S(4,7)	2,5916	0,7786	-0,0598	-0,0045	5,4355	-1,5600	-0,0201	-0,0925
S(4,8)	-6,4738	1,9686	-0,1085	0,0050	6,4532	10,1275	0,0534	0,1071
S(4,9)	7,1505	2,4846	0,1938	0,0417	7,7534	6,3227	0,0245	0,0090
S(4,10)					2,5740	2,4806	0,0761	0,0232
S(5,6)	-14,3183	-1,1816	-0,1949	-0,0255	3,7073	2,7321	-0,0520	0,0057
S(5,7)	3,2423	5,7716	0,0411	0,1173	0,9506	-1,9197	-0,0027	-0,0718
S(5,8)	15,0816	2,7192	0,1882	0,0544	-0,5240	0,1528	-0,0082	-0,0387
S(5,9)	5,7352	-2,2466	0,1325	-0,0242	2,1572	-0,7814	0,0887	0,0152
S(5,10)					1,8879	-4,2201	-0,0640	-0,1071
S(6,7)	4,9218	2,0029	-0,0145	0,0153	0,8804	-4,1738	-0,0350	-0,0679
S(6,8)	10,1342	0,2208	0,0760	0,0014	-5,7142	-1,9834	-0,0278	-0,0116
S(6,9)	10,3434	1,7994	0,1284	0,0506	14,0277	-3,0249	0,3007	-0,0159
S(6,10)					-4,7383	-1,7532	-0,1089	-0,0257
S(7,8)	11,9344	2,0196	0,2115	0,0628	14,7702	-0,7072	0,3334	0,0670
S(7,9)	17,3520	0,7354	0,3407	0,0097	-7,9520	-1,3634	-0,1677	-0,0231
S(7,10)					-5,1257	-1,6734	-0,0450	-0,0058
S(8,9)	17,3293	-0,6766	0,1522	-0,0077	0,4197	-3,1442	-0,0239	-0,0355
S(8,10)					0,9544	0,6288	-0,0476	0,0363
S(9,10)					5,6366	2,7646	0,2609	0,1724

Neste sintético nota-se que para absorção de ambos elementos, P e Zn, duas combinações se destacam como promissoras para o nível de concentração alto (L7xL9) e baixo (L3xL9).

Pode ser visto que no sintético CMS 53 as linhagens L7 e L9 não só mostraram-se promissoras *per se* como também em cruzamento (L7xL9) para a obtenção de híbridos com maior resposta à absorção no nível mais alto de P no solo. Em níveis baixos deste nutriente deve ser dada prioridade para o cruzamento L3xL9.

Com relação ao sintético CMS 61, baseado nas estimativas dos efeitos g_i , os parentais de maior destaque foram L7 e L4 para absorção de P e L7 e L1 para absorção de Zn nos dois níveis de concentração (Tabela 5).

Em um programa de seleção recorrente intrapopulacional estes parentais podem ser os preferidos. As estimativas dos efeitos de S_{ij} para o CMS 61 encontram-se na Tabela 6.

As melhores combinações para absorção de fósforo foram L7xL8 e L6xL9 (P alto) e L4xL8 e L2xL7 (P baixo). Para absorção de Zn as melhores foram L7xL8 e L6xL9 (Zn alto) e L9xL10 e L2xL5 (Zn baixo). Aqui também houve uma concordância entre resultados, à semelhança do que ocorreu com o CMS 53: os dois melhores cruzamentos (L7xL8 e L6xL9) para absorção no nível alto de concentração também o foram para os dois elementos. No nível baixo de concentração dos elementos não ocorreu boa similaridade de resultados entre os melhores cruzamentos específicos. A linhagem mais promissora *per se* para a absorção de P foi a L7 e a melhor combinação foi L7xL8 no nível mais alto do nutriente. Ou seja, o melhor cruzamento teve a participação da linhagem de melhor CGC e isto se repetiu também para o nível mais baixo de P, pois a linhagem de melhor CGC (L4) estava no melhor cruzamento (L4xL8).

Para absorção de Zn no nível alto a melhor linhagem *per se* foi a L7, a qual participou também na melhor combinação (L7xL8). Já para o nível mais baixo deste nutriente o parental de melhor CGC foi a linhagem L1 e o melhor cruzamento em que ela aparece ficou na terceira posição do ranking, mostrando maiores efeitos não-aditivos do que nas situações anteriores. Isto também pode ser visto no cruzamento L9xL10, que foi a melhor combinação para absorção de zinco no nível baixo, onde estavam envolvidas duas linhagens com valores apenas intermediários para CGC. De maneira geral houve boa correspondência entre linhagens de melhor CGC e sua participação nos cruzamentos específicos mais promissores. O bom desempenho de algumas linhagens parentais e a superioridade de seus cruzamentos

indicam que é possível o melhoramento para encontrar plantas mais adaptadas às condições naturais do solo, podendo-se utilizar inclusive do cruzamento entre linhagens promissoras dos dois sintéticos.

Referências Bibliográficas

- ALVES, V. M. C.; BAHIA Fº, A.F.C.; VASCONCELLOS, C.A.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E.; PRATES, H.T.; PARENTONI, S.N. Mechanisms of phosphorus efficiency in maize-Embrapa Maize and Sorghum experience. In: WORKSHOP ON IMPROVING PHOSPHORUS ACQUISITION EFFICIENCY IN MARGINAL SOILS. Sete Lagoas, MG, october,17-22, 1999.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A M.C., TEIXEIRA, J. P.F., FURLANI, P R., GALLO, J R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 43p. (IAC. Boletim Técnico, 78.
- BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de fósforo sob condições de estresse ambiental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA. 1, 1992, Belo Horizonte. **O milho em perspectiva**.: anais. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS/CIMMYT/UNDP, 1995. p.223-238.
- BREWBAKER, J.L. The tropical environment for maize cultivation. In: BRANDONILI, A.; SALAMINI, F. **Breeding strategies for maize production improvement in the tropics**. Firenze: FAO, 1985. p.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H., (Ed.).**Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. POTAFOS, 1993. p.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G.E. Nutrição e adubação. 2ed. aum. In: POTAFOS. (Piracicaba, SP) **Seja o doutor do seu milho**. Piracicaba: 1995. p.1-9.
- GAMA, E.E.G. et al. Comportamento de linhas endogâmicas da população de milho CMS 61 quanto a eficiência na utilização de fósforo no solo. IN: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia, MG. **A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados**: resumos expandidos. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Universidade Federal de Uberlândia, 2000, CD-ROM.
- MEIRELLES, W.F. et al. Avaliação da capacidade de combinação entre linhas do Sintético SIN 53 em solo com baixo nível de fósforo. Resumo Expandido. **XXIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Uberlândia, MG, 2000
- PARENTONI, S.N. et al. **Eficiência na utilização de fósforo em genótipos de milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia, MG. **A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados**: resumos expandidos. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Universidade Federal de Uberlândia, 2000, CD-ROM.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. **Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz**. Chapingo: Colegio de Postgraduados, 1984. 120p.