

Uso de Testadores Adaptados à Safrinha para a Avaliação da Capacidade de Combinação de Linhagens de Milho

Edson Bolson¹, Fernando Rafael Alves Ferreira¹ e Luiz Rafael Clovis¹

¹ Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, edson.bolson@yahoo.com, nando_fraf@hotmail.com, luizrafaelclovis@hotmail.com.

RESUMO - A capacidade de combinação dos genótipos disponíveis para cruzamentos é o principal critério para determinar as possibilidades dos programas de melhoramento de milho voltados para o desenvolvimento de híbridos. O objetivo desse trabalho foi estimar a capacidade de combinação de 47 linhagens de milho desenvolvidas pela Universidade Estadual de Maringá. Foram utilizados como testador dois híbridos comerciais adaptados à safrinha (P30K75 e AG9010). O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com duas repetições, em quatro locais. Foram avaliadas as seguintes características: (i) rendimento de grãos, florescimento feminino e masculino e tolerância ao estresse hídrico. A linhagem 21 se destacou pela alta capacidade geral de combinação para rendimento de grãos nos quatro ambientes. Nas linhagens 4, 37, 38, 39 e 47 foram constatados \hat{g}_i relevantes para rendimento de grãos no mínimo em dois ambientes, inclusive sob condições de estresse hídrico, e para florescimento. As estimativas de capacidade específica de combinação e das médias observadas, as combinações AG9010 x linhagem 37 e 30K75 x linhagem 18 tiveram destaque e as linhagens 18 e 37 foram indicadas como testadoras de novas linhagens oriundas dos testadores.

Palavras-chave: *Zea mays*, rendimento de grãos, segunda safra, *topcrosses*.

Introdução

Nos dias atuais, a cultura do milho exerce importância fundamental no agronegócio, estimando-se que a produção mundial se aproxime de 811 milhões de toneladas na safra 2010/2011 (IGC, 2011). A safrinha também referida como segunda safra, produzindo cerca de 19 milhões de toneladas no ano de 2010 (CORRÊA et. al. 2010). Esse volume corresponde a 36,3% do total produzido no país. Tal dimensão é igualmente proporcional aos desafios particulares de ambiente típico da safrinha, tais como risco de geadas, déficit hídrico e diminuição do fotoperíodo. Frente a esse cenário, fica evidente a importância de programas de melhoramento voltados exclusivamente a seleção de linhagens e híbridos adaptados ao cultivo na safrinha.

Com a proposta de estimar a capacidade de combinação de linhagens de milho para rendimento de grãos, florescimento e tolerância ao estresse hídrico, o uso de *topcrosses* com dois híbridos adaptados à safrinha - 30K75 e AG9010 - foram avaliados em locais representativos para a safrinha, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Com o objetivo de identificar as linhagens mais promissoras para um programa de desenvolvimento de híbridos para a safrinha.

Material e Métodos

Quarenta e sete linhagens S_6 de milho, desenvolvidas pela Universidade Estadual de Maringá, Paraná, foram utilizadas neste estudo (**Tabela 1**). Estas linhagens foram cruzadas com dois híbridos simples modificados (P30K75/Pioneer e AG9010/Agrocere), utilizados como testadores. Os híbridos *topcrosses*, entre os testadores P30K75 e AG9010 com as linhagens, foram obtidos por meio de lotes isolados de despendoamento, instalados à campo na Fazenda Experimental de Iguatemi, pertencente à Universidade Estadual de Maringá.

Cada experimento contou com 48 tratamentos, casualizados em delineamento experimental de blocos completos, e com duas repetições. Os experimentos foram instalados em quatro diferentes locais, dotados de diferentes características edafoclimáticas, e representativos das principais regiões de cultivo do milho safrinha, em Floresta-PR, São Miguel do Iguacu-PR, Ibirarema-SP e Rio Brilhante-MS (**Tabela 1**). As avaliações dos experimentos analisaram as seguintes características: (i) rendimento de grãos: obtida pela aferição da massa de grãos produzidos em cada parcela, realizada em colheitadeira adaptada aos experimentos e com balança de precisão e determinador de umidade; (ii) florescimento feminino e masculino: foram anotadas as datas, em número de dias após o plantio; (iii) tolerância ao estresse hídrico: foram atribuídas notas de 1 a 5 seguindo o modelo proposto por Banziger, M. et. al(2000), quando os experimentos estavam no estágio fenológicos entre R_3 e

R₄, sendo que as notas menores referiram-se à genótipos com melhor aparência sob as condições de estresse. As avaliações de florescimento deram-se em Floresta-PR, enquanto as notas de tolerância ao estresse hídrico foram atribuídas no experimento de Ibirarema-SP. Neste ambiente, não foram registradas precipitações para os 28 dias antecedentes à avaliação de tolerância, permitindo tais inferências.

Para cada testador, foi realizada ainda a análise de variância conjunta para o rendimento de grãos e as estimativas de componentes de variância se deram por meio das esperanças de quadrados médios dos modelos utilizados para a análise de variância: a) Componente de variância genética (individual), b) Componente de variância genética (conjunta), c) Componente de variância da interação genótipos × ambientes, d) Componente de variância residual, e) Herdabilidade média (sentido amplo), f) Coeficiente de variância genética (CV_g), g) Coeficiente de variação experimental (CV_e), h) Relação entre os coeficientes de variação genética e experimental (CV_g/CV_e).

Na seqüência, as médias dos *topcrosses* com ambos os testadores e as estimativas de quadrado médio das análises individuais de variância foram utilizadas para as análises dialélicas, conforme o modelo proposto por GRIFFING (1956) e adaptado aos cruzamentos dialélicos parciais por GERALDI & MIRANDA FILHO (1988).

Resultados e Discussão

As análises individuais de variância para os *topcrosses* e para as linhagens *per se*, bem como as estimativas de alguns parâmetros genéticos e fenotípicos, são apresentadas nas **Tabelas 2 e 3**.

Foi notório que o testador AG9010 deteve alta heterose com as linhagens vindas dos híbridos 30F53, 30F98, DAS422 e SPEED, todos híbridos de empresas diferentes da que desenvolveu o híbrido utilizado como testador. No mesmo sentido, o testador 30K75 deteve

alta heterose com as linhagens 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20 e 22, todas provenientes do híbrido DKB747 (Dekalb). Nesse sentido é provável que os testadores detém base genética distinta, essas combinações podem representar grupos heteróticos contrastante.

As médias gerais de rendimento de grãos variam para os diferentes experimentos, a saber: 7.116 em Floresta-PR; 6.886 em São Miguel do Iguacu-PR; 6.244 em Rio Brilhante-MS; e 3648 em Ibirarema-SP. O ambiente de Ibirarema-SP se caracterizou como um ambiente de estresse hídrico, inclusive com notáveis reflexos na média de rendimento de grãos deste ambiente, próxima a média nacional. Nesse sentido, a variável rendimento de grãos de tal ambiente é a real medida da tolerância dos *topcrosses* e, por conseguinte, das linhagens. Assim, foi possível estabelecer a relação entre a avaliação visual da tolerância ao estresse hídrico dos *topcrosses* e a capacidade inata dos mesmos de tolerar o estresse em termos de rendimento de grãos. A média de rendimento das linhagens *per se* foi de 3.189,76 ha⁻¹.

Para florescimento a variabilidade genética das linhagens *per se* com $\sigma^2_g = 17,56$ (d)² e 22,09 (d)² (florescimento masculino e feminino). As linhagens *per se* apresentaram, respectivamente, médias de 67,41 dias para o florescimento masculino e 68,89 dias para florescimento feminino.

Com o testador 1 destacaram-se as linhagens 11, 13, 14, 18, 19, 20 e 22. Já com o testador 2, os maiores destaques foram os cruzamentos com as linhagens 35, 37 e 39. As linhagens que obtiveram destaque na análise da CEC com o testador 1 (30K75) são originadas de híbridos de Empresas diferentes do testador. Da mesma forma, as linhagens que obtiveram destaque quando cruzadas com o testador 2 (AG9010) também são provenientes de híbridos de Empresa diferente do testador. Esse contexto leva a conclusão que esses cruzamentos são provenientes de grupos heteróticos distinto por explorar a heterose o que é comprovado com o alto rendimento obtido com ambos testadores, quando comparados com o rendimento das linhagens *per se*.

Conclusões

A linhagem 21 apresentou alta capacidade geral de combinação para rendimento de grãos nos quatro ambientes, sendo apropriada para melhoramento de populações através de retrocruzamentos pela sua estabilidade.

As linhagens 4, 38, 39 e 47, foram destacadas por apresentar capacidade geral de combinação favorável para rendimento de grãos sob condições de estresse hídrico. Já as linhagens 38, 39 e 47 tiveram destaque por apresentar capacidade geral de combinação favorável para rendimento em mais de um local e para florescimento precoce.

As combinações AG9010 x 37 e 30K75 x 18 obtiveram capacidades específicas de combinação destacadas para as características estudadas. Essas linhagens foram indicadas como testadoras para novas linhagens oriundas dos próprios testadores.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, S. et.al. **Anuário brasileiro do milho**. Santa Cruz do Sul, 2010 128p.

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 2, p. 419-430, 1988.

GRIFFING, A. R. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. **Australian Journal of Biological Science**, Victoria, v. 9, p. 463-493, 1956.

IGC – International Grains Council. **World market**. Disponível em: <http://www.igc.org.uk/en/Default.aspx>. Acessado em: 26, fevereiro, 2011.

Tabela 1. Origem das linhagens utilizadas nos *topcrosses* e informações pertinentes aos locais dos experimentos.

Denominação das linhagens	Origem genética	Tipo de híbrido	Denominação das linhagens	Origem genética	Tipo de híbrido
7-H3.1	AG8088/Agroceres	simples	54-H20.3	Tork/Syngenta	simples
8-H3.2	AG8088/Agroceres	simples	55-H20.3	Tork/Syngenta	simples
11-H5.2	Avant/Syngenta	simples	57-H21.1	AG9090/Agroceres	simples
18-H9.1	DKB350/Dekalb	triplo	59-H23.1	A2560	simples
19-H9.1	DKB350/Dekalb	triplo	60-H23.1	A2560	simples
20-H11.1	Flash/Syngenta	simples	62-H23.2	A2560	simples
21-H11.1	Flash/Syngenta	simples	63-H23.2	A2560	simples
22-H11.1	Flash/Syngenta	simples	64-H23.2	A2560	simples
24-H12.2	AG6018/Agroceres	triplo	67-H25.1	Strike/Syngenta	simples
29-H13.3	Premium/Syngenta	simples	69-H26.1	30F33/Pioneer	simples
34-H17.1	DKB747/Dekalb	duplo	71-H26.2	30F33/Pioneer	simples
35-H17.1	DKB747/Dekalb	duplo	73-H28.1	DKB440/Dekalb	simples
36-H17.2	DKB747/Dekalb	duplo	75-H29.2	30F98/Pioneer	simples
37-H17.2	DKB747/Dekalb	duplo	79-H31.1	DAS422/Dow Agr.	simples
39-H17.3	DKB747/Dekalb	duplo	83-H33.1	Speed//Syngenta	simples
40-H17.3	DKB747/Dekalb	duplo	84-H6.1	Fort//Syngenta	simples
41-H17.3	DKB747/Dekalb	duplo	85-H6.2	Fort/Syngenta	simples
42-H17.4	DKB747/Dekalb	duplo	86-H6.3	Fort/Syngenta	simples
43-H17.4	DKB747/Dekalb	duplo	87-H6.4	Fort/Syngenta	simples
44-H17.4	DKB747/Dekalb	duplo	91-H4.4	CD303/Coodetec	simples
46-H17.5	DKB747/Dekalb	duplo	93-H34.2	DAS2C599/Dow Agr.	simples
50-H17.6	DKB747/Dekalb	duplo	94-H34.3	DAS2C599/Dow Agr.	simples
51-H20.1	Tork/Syngenta	simples	96-H-34.5	DAS2C599/Dow Agr.	simples
52-H20.2	Tork/Syngenta	simples			

Local	Região do respectivo estado	Altitude no local (m)	Data de semeadura	Densidade de semeadura (pl ha ⁻¹)
São Miguel do Iguçu-PR	Oeste	307	13/02/2010	62,5 mil
Floresta-PR	Centro-norte	490	27/02/2010	62,5 mil
Rio Brillhante-MS	Sudoeste	290	13/03/2010	62,5 mil
Ibirarema-SP	Sudoeste	470	19/03/2010	62,5 mil

Tabela 2. Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características avaliadas nos híbridos *topcrosses*.

Fontes de variação	gl	Quadrados médios						
		Rendimento de grãos				Florescimento		DRTR
		IBI	RBR	SMI	FLO	FLO	IBI	
		(kg ha ⁻¹)				masculino (d)	feminino (d)	
Testador 1 (30K75)								
Blocos	1	181473,9	848378,5	803188,9	2177224,0	0,27	0,00	0,10
<i>Topcrosses</i>	46	543745,5*	1191757,0*	1151479,2*	1378337,8*	5,87*	6,40*	3,10*
Resíduo	46	136569,4	351956,1	557841,4	544153,1	0,66	0,72	0,83
Média		3681,8	6218,2	6712,1	7223,6	64,1	64,5	3,4

Cont...

Cve		10,0	9,5	11,1	10,2	1,3	1,3	27,3
$\hat{\sigma}^2_f$		271872,7	595878,5	575739,6	689168,9	2,93	3,20	1,55
$\hat{\sigma}^2_g$		203588,0	419900,4	296818,9	272076,5	2,60	2,84	1,13
\hat{h}^2		0,75	0,70	0,52	0,60	0,89	0,89	0,73
CVg		12,3	10,4	8,1	8,9	2,5	2,6	31,8
CVg/Cve		1,2	1,1	0,7	0,9	2,0	2,0	1,7
<u>Testador 2 (AG9010)</u>								
Blocos	1	2414361,7	46063,6	23191,7	208445,7	0,17	0,01	7,75
Topcrosses	46	681974,9*	1599674,9*	3235847,6*	2571762,2*	2,64*	2,24*	2,10*
Resíduo	46	122210,3	406784,3	374571,6	821993,9	0,65	0,75	0,78
Média		3615,6	6270,6	7060,3	7008,8	60,4	60,8	3,9
Cve		9,7	10,2	8,7	12,9	1,3	1,4	22,4
$\hat{\sigma}^2_f$		340987,4	799837,4	1617923,8	1285881,1	1,32	1,12	1,05
$\hat{\sigma}^2_g$		279882,2	596445,3	1430638,0	874884,1	1,00	0,75	0,67
\hat{h}^2		0,82	0,75	0,88	0,68	0,75	0,67	0,63
CVg		14,6	12,3	16,9	13,3	1,7	1,4	20,8
CVg/Cve		1,5	1,2	2,0	1,0	1,2	1,0	0,9

IBI = Ibirarema-SP; RBR = Rio Brillhante-MS; SMI = São Miguel do Iguçu-PR; FLO = Floresta-PR

FM = Florescimento masculino; FF = Florescimento feminino

DRTR = Resistência ao estresse hídrico (nota de avaliação visual, sendo as menores as mais resistentes)

Tabela 3. Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características avaliadas nas linhagens *per se* em Floresta-PR.

Fontes de variação	gl	Quadrado médio	
		Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Florescimento masculino (d) feminino (d)
Blocos	1	704345.65	0.10ns 0.04ns
Linhagens	46	1422684.66*	35.57* 44.67*
Resíduo	46	555911.36	0.44 0.48
Média		3189.76	67.41 68.89
Cve		23.37	0.99 1
$\hat{\sigma}^2_f$		711342.33	17.785 22.335
$\hat{\sigma}^2_g$		433386.65	17.565 22.095
\hat{h}^2		0.61	0.99 0.99
CVg		20.6	6.2 6.8
CVg/Cve		0.9	6.3 6.8

* p < 0,05 pelo teste F. ns p > 0,05