

Avaliação De Linhagens S₃ De Milho Por Meio De Testadores Adaptados à Safrinha

Luiz Rafael Clovis¹, Carlos Alberto Scapim², Fernando Rafael Alves Ferreira³, Edson Bolson⁴, Henrique José Camargo Senhorinho⁵, Thiago Hideyo Nihei⁶, Isaac Romani⁷ e Lucas Rafael de Souza Camacho⁸

Universidade Estadual de Maringá - Paraná. Pós-graduação em Genética e Melhoramento.
e-mail: luizrafaelclovis@hotmail.com¹, cascapim@uem.br², nando_fraf@hotmail.com³,
edsonbolson@yahoo.com⁴, hsenhorinho@hotmail.com⁵, thiagonihei@hotmail.com⁶,
isaac_romani@hotmail.com⁷, lucascamacho88@gmail.com⁸

RESUMO – O objetivo foi identificar linhagens adaptadas à condição de Safrinha, por meio da análise da capacidade de combinação de 50 linhagens S₃ de milho, desenvolvidas pela Universidade Estadual de Maringá. Estas linhagens foram cruzadas com dois híbridos simples adaptados à Safrinha (30K75 e AG9040), utilizados como testadores. Os híbridos triplos foram avaliados em experimentos delineados em blocos completos com tratamentos ao acaso, com duas repetições, em três locais da região Oeste do Paraná (Toledo, Tupãssi e Palotina). As linhagens *per se* foram avaliadas em experimento em Palotina. Foi avaliado o rendimento de grãos (kg ha⁻¹), com correção para stand e umidade, para os três locais. A linhagem 30 apresentou alta capacidade geral de combinação para rendimento de grãos nos três ambientes. O cruzamento AG9040 x linhagem 49 obteve estimativas relevantes de capacidade específica de combinação (CEC). O cruzamento AG9040 x linhagem 38 obteve relevante CEC para rendimento de grãos e florescimento masculino e feminino em Tupãssi. Como o testador 30K75 destacou-se em cruzamento com a linhagem 27, recomenda-se que esta linhagem seja utilizada como testadora de linhagens provenientes do híbrido comercial 30K75. Analogamente, a linhagem 48 pode ser utilizada como testadora de novas linhagens oriundas do híbrido comercial AG9040.

Palavras-chave: *Zea mays*, melhoramento genético, híbridos triplos, segunda safra, safrinha.

Introdução

A demanda por milho é cada vez maior, principalmente, por ser um constituinte fundamental em rações animais e em produtos industriais. A cultura do milho é considerada a cultura de maior expressão em produção e produtividade. O milho híbrido trouxe uma grande contribuição nos expressivos aumentos de produtividade do milho em todo o mundo, com repercussão em todas as espécies cultivadas.

A safrinha, ao longo de seu surgimento, vem ganhando espaço no calendário agrícola. Inúmeros estudos evidenciam o aumento da área destinada ao plantio da segunda safra, desde 1976, com seu surgimento no Paraná. A importância desta segunda safra baseia-se em suprir a demanda de matéria prima para diversas cadeias produtivas e alimentação em períodos extemporâneos.

Apesar da grande importância da segunda safra, observa-se que grande número das cultivares disponíveis no mercado são destinadas à primeira safra. Portanto, necessita-se de programas de melhoramento que visem à obtenção de linhagens e híbridos adaptados aos

ambientes de cultivo da safrinha, período no qual há riscos de geadas, déficit hídrico e diminuição do fotoperíodo.

Em um programa de melhoramento para a obtenção de híbridos estão envolvidas pelo menos quatro etapas: a escolha de populações, a obtenção de linhagens, a avaliação da capacidade de combinação das mesmas e testes extensivos das combinações híbridas obtidas. O sucesso de um programa de melhoramento de milho visando à obtenção de híbridos está intimamente ligado à identificação da população mais promissora para extração de linhagens. Diante disto, são várias as opções de populações que podem ser utilizadas para a extração de linhagens para a produção de híbridos. Uma das alternativas é a utilização de gerações avançadas de híbridos simples comerciais, por apresentarem alta produtividade e grande proporção de locos favoráveis já fixados.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado em duas etapas. Para a obtenção dos híbridos *topcrosses*, foram realizados os cruzamentos manuais entre as 50 linhagens S₃ (Tabela 1) e os dois testadores, os híbridos simples comerciais 30K75 e o AG9040, em um esquema de dialelo parcial. Esses testadores foram eleitos pela extensão da área cultivada durante os anos.

A semeadura foi realizada em outubro de 2010, na Fazenda Experimental de Iguatemi – FEI. As linhagens foram semeadas, para ambos os testadores, seguindo a relação de três fileiras de linhagens para duas fileiras do testador. Com o objetivo de obter a quantidade mínima de sementes (0,3kg) para a avaliação dos híbridos em ensaios de campo, optou-se pelo plantio de uma linha de 5 metros de cada linhagem. Foi utilizada a densidade de cinco plantas por metro linear após o desbaste. Os cruzamentos foram realizados manualmente com um *bulk* de pólen do testador.

Os experimentos foram realizados e conduzidos em três locais na região oeste do Paraná: Palotina, Toledo e Tupãssi. A semeadura dos experimentos, em todos os ambientes, foi realizada no sistema de plantio direto, sob os restos da cultura da soja. Após a dessecação total da área, em ambos os locais, realizou-se, com o auxílio de uma plantadora, a marcação do espaçamento entre linhas, e também a adubação de semeadura. Procedeu-se a semeadura manualmente com o auxílio de matracas de plantio.

Os experimentos foram instalados nos três locais, sob delineamento experimental blocos completos com tratamentos ao acaso e com duas repetições. Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por duas fileiras de 5 metros, com espaçamento de 0,20 metros entre as plantas dentro da fileira e 0,70 metros de espaçamento entre as fileiras.

Em Palotina, o experimento além de contemplar os híbridos com os dois testadores, com o objetivo de avaliar o rendimento de grãos e o florescimento masculino e feminino, fez-se, também, a avaliação das linhagens *per se* quanto aos mesmos caracteres. Para avaliar o florescimento masculino e feminino, foram coletadas as datas que cada tratamento (genótipos) obteve 50% das plantas liberando pólen viável e 50% das plantas com estigma receptivo, por ocasião do florescimento masculino e feminino.

Para a determinação do rendimento de grãos colheram-se as parcelas correspondentes a cada material devidamente identificado, e posteriormente, realizou-se a debulha e a aferição da umidade. Os dados referentes ao rendimento de grãos foram corrigidos para $t.ha^{-1}$ com umidade padrão de 14,5% base úmida.

Inicialmente, os testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov foram aplicados para examinar, respectivamente, as condições de homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros. Uma vez atendido os pressupostos iniciais, as análises de variância foram procedidas, individualmente, para os experimentos dos híbridos de cada testador e para o experimento das linhagens *per se*.

Para cada testador, foi realizada ainda a análise conjunta para o rendimento de grãos. A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios, foram estimados os componentes de variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos. As análises dos dados foram realizadas com o auxílio do software Genes.

A análise, do dialelo parcial foi realizada a partir das médias dos tratamentos ajustados, utilizando o modelo proposto por Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988) aos cruzamentos dialélicos parciais. Foram avaliadas pq combinações híbridas, sendo p linhagens (Grupo 1) e q testadores (Grupo 2).

O modelo estatístico adotado foi o seguinte: $Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ij}$, em que: Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida entre o i -ésimo testador e a j -ésima linhagem; μ : média geral; g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i -ésimo testador; g_j : efeito da capacidade específica de combinação da j -ésima linhagem; s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação entre i -ésimo testador e a j -ésima linhagem, e; ϵ_{ij} : erro experimental médio.

Resultados e Discussão

Neste trabalho, os coeficientes de variação para as variáveis respostas rendimento de grãos e florescimento masculino e feminino estão dentro dos limites aceitáveis para a experimentação agrícola. Estes resultados indicam uma grande precisão na condução do experimento e na coleta dos dados.

As análises individuais são de grande importância, pois possibilitam a avaliação da magnitude da variabilidade genética e também das discrepâncias entre as variâncias residuais obtidas em cada ambiente. A partir destas, verificam-se que os quadrados médios (QM) dos híbridos triplos e das linhagens *per se* foram significativos ($p < 0,05$), indicando variabilidade genética para as características estudadas: rendimento de grãos e florescimento masculino e feminino. Desta maneira, indica a possibilidade de seleção e avanço das linhagens promissoras.

Com a utilização do testador 30K75, as médias de rendimento de grãos obtidos com os híbridos triplos variaram entre 6684,02 kg ha⁻¹ em Toledo e 8270,20 kg ha⁻¹ em Palotina. Também com boas médias, o rendimento de grãos dos híbridos triplos oriundos do testador AG9040, situou-se entre 7211,75 kg ha⁻¹ em Toledo e 9051,98 kg ha⁻¹ em Tupãssi. Nota-se que o uso de testadores proporcionou um incremento de rendimento de grãos, indicando que a heterose foi fundamental para o resultado alcançado, quando comparado com os valores das linhagens *per se*.

A média de rendimento de grãos das linhagens *per se* foi de 3625,69 kg ha⁻¹. O referido valor está próximo à produtividade brasileira média esperada para o milho safrinha 2011/2012, que é de 3.592 kg/ha, podendo oscilar para mais ou para menos, devido ao pacote tecnológico utilizado pelos produtores, ao uso de sementes de qualidade, possibilidade de clima favorável, utilização de maquinário adequado e assistência técnica contínua.

Quanto aos dados de florescimento, coletados em Palotina, observa-se que as médias foram, respectivamente, de 64 e 64,4 dias para o florescimento masculino e feminino dos híbridos com o testador 30K75. Porém, os híbridos com o testador AG9040, apresentaram-se com médias relativamente mais baixas, no qual manifestaram valores de 60,1 e 60,7 dias, respectivamente, para florescimento masculino e feminino. As linhagens *per se*, por sua vez, apresentaram médias de 67,04 dias para o florescimento masculino e 68,46 dias para o florescimento feminino.

Observa-se que na amostra, o testador AG9040 apresentou a maior média de rendimento de grãos, com aproximadamente 715 kg por hectare a mais que os híbridos com o testador 30K75. Conclui-se, portanto, a partir da análise de variância conjunta, para ambos os testadores, que os híbridos triplos comportam-se de modo diferenciado. Os coeficientes de variação experimental (CVe) mostram-se baixos, no qual indicam que a maior parte da variação entre os híbridos triplos deve-se ao valor genético das linhagens e testadores trabalhados.

Em relação à variável rendimento de grãos, a maior variância genética ocorreu quando o testador utilizado foi o AG9040. Este, portanto, foi o testador que promoveu a maior liberação de variabilidade genética nos híbridos triplos, superando em aproximadamente quatro vezes a variância genética encontrada nas linhagens *per se*.

Referente ao caráter florescimento, observa-se que a variabilidade nas linhagens *per se* ($\hat{\sigma}^2_g$ masculina= 18,73 e $\hat{\sigma}^2_g$ feminina= 23,76) foram superiores comparadas com os as estimativas dos híbridos *topcrosses* de ambos os testadores. Portanto, ambos os testadores não discriminam de maneira satisfatória a variável resposta florescimento das linhagens. Nas estimativas de herdabilidade, foi constatado que seus índices foram muito próximos em Toledo, independente do testador utilizado. Porém, nos demais locais, Tupãssi e Palotina, os maiores valores de herdabilidade foram obtidos com o testador AG9040.

A análise dialélica conjunta permitiu quantificar a capacidade geral e específica de combinação, bem como suas interações com o ambiente (Tabela 2). Observa-se que a capacidade geral de combinação das linhagens foi significativa ($p < 0,10$), como também nas análises individuais, para rendimento de grãos. Isto representa como já mencionado, a possibilidade de seleção entre as linhagens, pois uma ou mais linhagens possui estimativas de CGC (\hat{g}_i) diferenciada. Diferentemente das análises individuais, não houve diferença significativa na capacidade geral de combinação dos testadores ($p > 0,10$). Porém, a interação CGC(testadores) x ambiente apresentou-se significativa ($p < 0,10$), o que denota a importância da interação existente, em que os testadores contribuem para os híbridos triplos de forma diferenciada conforme o ambiente.

Para a variável resposta rendimento de grãos é desejado estimativas altas e positivas para os efeitos de capacidade geral de combinação para as linhagens, em duas vezes o valor de Desvio Padrão calculado para \hat{g}_i , no mínimo. Observou-se que as linhagens 6, 12, 13, 17, 19, 24, 25, 26, 30, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 47 e 49 foram consideradas promissoras dentre as linhagens avaliadas.

Por mais que em S3 seja muito cedo para prever esse êxito, sugere-se, neste trabalho, que as linhagens 6, 13, 17, 19, 24, 25, 26, 30, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 47 e 49 sejam utilizadas como fêmeas e, as linhagens 12 e 42 sejam utilizadas como machos em cruzamentos híbridos.

Em análises dialélicas, devem ser consideradas para fins de recomendação e melhoramento, apenas as estimativas de capacidade específica de combinação oriundas de cruzamentos que envolva, no mínimo, uma linhagem de capacidade geral de combinação (CGC) relevante (CRUZ e REGAZZI, 1994). Portanto, observa-se que apenas o cruzamento

AG9040 x linhagem 49 obteve estimativas relevantes de capacidade específica de combinação (CEC) para rendimento de grãos em Toledo e Palotina. E também, destaca-se o cruzamento AG9040 x linhagem 38 por obter relevante CEC para rendimento de grãos em Tupãssi e florescimento masculino e feminino.

Com o testador 30K75 destacou-se o cruzamento com a linhagem 27, sendo assim, recomenda-se que esta linhagem pode ser utilizada como testador de linhagens provenientes do híbrido comercial 30K75. No entanto, com o testador AG9040 destacou-se o cruzamento com a linhagem 48, pois este obteve estimativas relevantes para a capacidade específica de combinação para rendimento de grãos e florescimento masculino. Portanto, esta linhagem pode ser utilizada como testador de novas linhagens oriundas do híbrido comercial AG9040.

Os testadores em questão apresentam base genética divergentes, com capacidade de gerar heterose destacada com diferentes grupos de linhagens extraídas de híbridos comerciais de diferentes empresas das quais os testadores em questão pertencem. Esta heterose pode ser averiguada por meio dos altos valores de rendimento alcançados em seus cruzamentos com ambos os testadores, quando comparados com o rendimento das linhagens *per se*.

Conclusões

As linhagens 6, 12, 13, 17, 19, 24, 25, 26, 30, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 47 e 49 foram consideradas promissoras dentre as linhagens avaliadas neste estudo.

O cruzamento AG9040 x linhagem 49 obteve estimativas relevantes de capacidade específica de combinação (CEC) para rendimento de grãos em Toledo e Palotina. E também, destaca-se o cruzamento AG9040 x linhagem 38 por obter relevante CEC para rendimento de grãos em Tupãssi e florescimento masculino e feminino.

Com o testador 30K75 destacou-se o cruzamento com a linhagem 27, sendo assim, recomenda-se que esta linhagem pode ser utilizada como testadora de linhagens provenientes do híbrido comercial 30K75.

Com o testador AG9040 destacou-se o cruzamento com a linhagem 48. Portanto, esta linhagem pode ser utilizada como testadora de novas linhagens oriundas do híbrido comercial AG9040.

Literatura Citada

CRUZ, C. D. ; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

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 Biological Science**, Victoria, v.9, p.463-493. 1956.

Tabela 1. Híbridos de milho comerciais dos quais foram extraídas as linhagens utilizadas nessa avaliação, bem como o pedigree das linhagens utilizadas para obtenção dos híbridos. UEM – Maringá, 2010.

Linhagem	Pedigree	Fonte	Linhagem	Pedigree	Origem
1	A1.3@11.4@15.5@	AG8088	26	K18.2@34.2@15.3@	DKB747
2	A17.3@3.3@12.1@	AG8088	27	K21.2@6.3@12.5@	DKB747
3	F2.3@9.3@10.5@	FORMULA	28	K21.3@32.4@4.2@	DKB747
4	F3.4@11.4@20.5@	FORMULA	29	K26.3@17.2@8.5@	DKB747
5	F10.2@12.4@16.5@	FORMULA	30	K3.3@33.4@20.2@	DKB747
6	D12.8@10.2@2.5@	DKB390	31	K3.5@37.2@21.4@	DKB747
7	D15.3@32.3@12.4@	DKB390	32	K25.4@21.2@34.5@	DKB747
8	S7.5@41.2@6.5@	SPEED	33	T1.4@4.3@2.5@	TORK
9	S9.3@12.5@9.3@	SPEED	34	T3.2@5.1@3.4@	TORK
10	S10.2@20.3@12.4@	SPEED	35	T7.2@9.4@7.2@	TORK
11	S12.2@10.3@7.1@	SPEED	36	T11.5@13.1@11.3@	TORK
12	S13.2@22.5@15.2@	SPEED	37	W12.2@3.3@10.2@	30F33
13	S6.3@2.2@3.5@	SPEED	38	W14.1@10.2@3.3@	30F33
14	S5.2@13.4@10.2@	SPEED	39	W4.5@11.4@12.1@	30F33
15	S20.4@6.1@8.5@	SPEED	40	W8.3@20.1@22.2@	30F33
16	S21.2@11.5@17.2@	SPEED	41	W2.1@7.4@9.5@	30F33
17	G8.1@4.6@10.5@	AG8060	42	W17.2@8.1@17.1@	30F33
18	SP13.2@2.4@8.5@	SPRINT	43	W21.2@16.1@2.1@	30F33
19	SP10.2@11.3@7.3@	SPRINT	44	J21.2@23.3@12.3@	AS1590
20	K27.2@3.5@7.2@	DKB747	45	M8.2@21.5@7.4@	30F98
21	K23.3@4.7@9.4@	DKB747	46	M23.1@11.4@9.5@	30F98
22	K23.5@5.3@10.5@	DKB747	47	M16.5@20.2@16.1@	30F98
23	K12.6@7.1@6.6@	DKB747	48	M29.1@15.2@1.6@	30F98
24	K13.2@8.3@30.6@	DKB747	49	M11.2@3.2@5.5@	30F98
25	K17.3@31.4@11.5@	DKB747	50	M14.1@4.5@2.1@	30F98

Tabela 2. Análise dialélica parcial conjunta para rendimento de grãos. Safrinha 2011 – UEM.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Híbridos triplos (HT)	99	5871188,2*
CGC (testadores)	1	76696513,3ns
CGC (linhagens)	49	4743362,1*
CEC	49	5553599,4*
Ambientes	2	143438467,9*
HT×ambientes	198	1431553,5*
CGC (testadores) × ambientes	2	13475192,4*
CGC (linhagens) × ambientes	98	1697293,5*
CEC × ambientes	98	920024,9*
Resíduo combinado	147	684444,0

* $p < 0,10$ pelo teste F. ns $p > 0,10$ pelo teste F.