

USO DO EFEITO XÊNIA EM HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays* L.)

JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE¹, FLÁVIA CRISTINA DINIZ PEREIRA²

¹Professor do Curso de Agronomia, Depto. de Biologia e Zootecnia – FE/UNESP. Caixa postal 31, CEP. 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: jandrade@bio.feis.unesp.br (autor para correspondência).

²Bióloga, Mestre em Agronomia. Passeio Barras 206, CEP. 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: flaviacd@yahoo.com.br.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.3, p.65-78, 2005

RESUMO - O efeito do pólen no embrião e endosperma da semente (xênia) pode ser explorado com o cultivo de duas cultivares misturadas em uma mesma lavoura. Para identificar pares de cultivares de milho com efeito xênia, foram avaliados os híbridos AG 8080, DKB 333B, CO 32, P 30F80, TORK e XB 8010, em polinização cruzada e “sib”, em duas épocas. Para peso médio dos grãos ocorreu efeito xênia de 15% no XB 8010 polinizado pelo TORK (primeira safra) e de 20% no AG 8080 polinizado pelo DKB 333B (segunda safra). O conteúdo de proteína diminuiu 9,0% no DKB 333B polinizado pelo TORK na primeira safra, e os conteúdos de óleo do AG 8080 e TORK foram aumentados em 15% e 14% pelo polinizador DKB 333B. Na segunda safra, os polinizadores P 30F80 e DKB 333B aumentaram em 20% e 21% os conteúdos de óleo de CO 32 e P 30F80. O fenômeno foi inconsistente nas duas épocas, evidenciando interação genótipo x ambiente. A mistura de cultivares na lavoura é de custo baixíssimo, podendo ser utilizada quando houver evidências de efeito xênia positivo e coincidência de florescimento entre as cultivares, para haver maior possibilidade de cruzamento. Isso pode ser indicado para XB 8010 e TORK na primeira safra e AG 8080 e DKB 333B na segunda safra.

Palavras-chave: polinização cruzada, hibridação, mistura de sementes.

USE OF THE XENIA EFFECT IN COMMERCIAL HYBRIDS CORN (*Zea mays* L.)

ABSTRACT - The pollen effect in the seed embryo and endosperm (xenia), may be explored with cultivation of two cultivar miscellanies in farming. To identify cultivar pairs of corn that show xenia effect, we evaluated the hybrids AG 8080, DKB 333B, CO 32, P 30F80, TORK and XB 8010, in cross and sib-pollination at two sowing seasons. As for grains medium weight xenia effect of 15% occurred to XB 8010 pollinated by TORK (normal season) and 20% to AG 8080 pollinated by DKB 333B (no season crop). The protein content decreased 9,0% to DKB 333B pollinated by TORK at normal season, and the oil contents of the AG 8080 and TORK increased 15% and 14% by DKB 333B pollen. At no season crop the P 30F80 and DKB 333B pollen increased at 20% and 21% the oil contents of CO 32 and P 30F80. The phenomenon was inconsistent at two sowing seasons, evidencing genotype x environment interaction. The cultivar mixture in farming is low cost, and may be used when there are evidences of positive xenia effect, considering the coincidence of flowering among cultivars to increase the chances of positive crossings. This may be indicated for XB 8010 and TORK at normal season and AG 8080 and DKB 333B at no season crop.

Key words: cross-pollination, hybridization, seed mixtures.

Os termos xênia e metaxênia possuem interpretações confusas e contraditórias que surgiram com os primeiros trabalhos que tinham como objetivo estudar a influência da polinização de uma planta com o pólen de uma outra planta contrastante da mesma espécie, observando as mudanças fenotípicas devido à hibridação. A interpretação das diversas definições permite considerar xênia como o efeito do pólen no embrião e endosperma, alterando características genéticas e proporcionando mudanças qualitativas e quantitativas, enquanto que metaxênia é o efeito nos tecidos maternos, para onde o embrião e endosperma modificados podem enviar substâncias que alteram qualitativa e quantitativamente os frutos. Esses fenômenos têm sido explorados em algumas espécies, principalmente em frutíferas, onde diferentes fontes de pólen podem ter efeitos qualitativos e quantitativos nos frutos e sementes, proporcionando uma melhoria em suas qualidades (Ketchie *et al.*, 1996; Mizrahi *et al.*, 2004).

Os resultados de xênia podem ser interpretados como uma manifestação precoce da heterose, a qual aumenta a habilidade do endosperma, modificado geneticamente por polinização cruzada, em acumular os fotoassimilados, determinando assim o peso final do grão. Quanto maior a diferença genética entre a planta receptora e a planta doadora de pólen, maiores são as chances desse fenômeno ocorrer (Denney, 1992).

Como o milho é um dos cereais mais utilizados na fabricação de produtos alimentícios, é de grande interesse desenvolver grãos com elevado conteúdo de óleo, proteína, amido e outras substâncias químicas que os tornam comercialmente mais atrativos. Um polinizador com alto conteúdo de óleo, que geralmente é pouco produtivo, pode ser usado para aumentar o teor de

óleo de uma fêmea com alto rendimento. Edge (1997) utilizou um sistema chamado TOP CROSS[®] que consistiu na utilização de um híbrido macho-estéril com baixo teor de óleo e alto rendimento de grãos e uma população com alto teor de óleo como polinizador, possibilitando alto rendimento e alto conteúdo de óleo no mesmo genótipo de milho, o que é mais difícil de ser conseguido pelos métodos normais de melhoramento pelo fato dos caracteres serem correlacionados negativamente na maioria das populações de milho (Rosulj *et al.*, 2002).

No caso do milho, a cor, o tamanho, o peso, o teor de compostos químicos específicos, atividade enzimática (Bulant *et al.*, 2002) e diversos outros caracteres do grão apresentam o efeito xênia, podendo até interferir nos resultados de experimentos de competição de cultivares, onde a polinização cruzada é intensa (David *et al.*, 2001). Efeitos recíprocos do pólen estranho no desenvolvimento de grãos de milho também foram observados pela diferença no peso entre sementes autofecundadas e de fertilização cruzada, utilizando linhagens e híbridos simples de grãos brancos como fêmea e linhagens de grãos amarelos como fornecedora de pólen. A polinização das linhagens de grãos brancos com uma mistura de pólenes estranhos e delas próprias, originando espigas com grãos de fertilização cruzada (amarelos) juntamente com outros de autofertilização (brancos), provocou um aumento no peso médio dos grãos de 13%, 11% e 11,5% em três anos de estudo (Bulant & Gallais, 1998). Mesmo os grãos oriundos de fertilização com pólen da própria linhagem (brancos) tiveram o seu enchimento estimulado, evidenciando que a fertilização cruzada de apenas parte da espiga é suficiente para aumentar o poder de dreno da mesma. Tsai & Tsai (1990), estudando os híbridos P 3732 e B 73 X Mo 17, observaram que o

endosperma de P 3732 foi modificado quando polinizado com o pólen de B 73 X Mo 17, apresentando aumento significativo no peso do grão e no conteúdo de proteína, não havendo o mesmo efeito no cruzamento recíproco.

O efeito xênia entre híbridos com diferentes tamanhos de grãos também tem sido observado. Pinter *et al.* (1987) verificaram efeito significativo da polinização de um híbrido de grãos pequenos por outro cujos grãos mostraram-se 30 e 39% maiores, em dois anos consecutivos. No entanto o efeito não foi significativo no cruzamento de Sze Sc369 e P 3901, onde as diferenças no tamanho dos grãos foram de 12,3 e 15,4% em dois anos de estudo, evidenciando que tal efeito é variável de um cruzamento para outro.

Weingartner *et al.* (2002) verificaram um efeito xênia médio de 2,6% no rendimento de grãos. No entanto, utilizando híbridos macho estéreis e polinizadores não aparentados, identificaram uma combinação com rendimento 21,4% superior em relação à utilização do polinizador isogênico do híbrido macho estéril. Essas evidências de que a manifestação do efeito xênia depende principalmente da capacidade específica de combinação também foram mencionadas por Bulant & Gallais (1998), Ketchie *et al.* (1996) e Pinter *et al.* (1987). Portanto há necessidade de estudos para identificar pares de híbridos que mostrem um melhor desempenho com a polinização cruzada. Isso também poderá indicar, para as firmas produtoras de sementes, a possibilidade da conversão de híbridos férteis em macho estéreis para serem comercializados em misturas com polinizadores não aparentados (Stamp *et al.*, 2000; Weingartner *et al.*, 2002). Essas práticas, combinadas com a sincronia de florescimento, também aumentará o número de grãos por espigas (Cárcova *et al.*, 2000).

Normalmente a heterose, explorada nos híbridos, não aparece nas sementes da geração F_1 (semeadas pelo produtor), mas sim nas plantas originadas por estas sementes. Além do maior vigor vegetativo dessas plantas, os grãos produzidos por elas (geração F_2), e colhidos pelo produtor, são maiores, mais pesados e em maior número. Porém, através do efeito xênia, um incremento heterótico pode ser explorado nos grãos F_2 , maximizando o seu peso e tamanho. Esse diferencial, poderá ser determinante no aumento da margem de lucro em lavouras de alta tecnologia, onde normalmente são utilizados vários híbridos. Este trabalho teve como objetivo a identificação de pares de híbridos que apresentem o efeito xênia, buscando-se quantificar o mesmo para características associadas ao rendimento e qualidade dos grãos.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria - MS, apresentando as coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul com altitude de 335 metros. O solo local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO, epi-eutrófico álico e textura argilosa (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é de 1.232,2 mm com temperatura média de 24,5° C e a umidade relativa média anual de 64,8% (Hernandez *et al.*, 1995).

Foram realizados dois experimentos, sendo um na primeira safra, conduzido no período de novembro/2001 a março/2002 em sistema convencional e outro na segunda safra (safrinha), no período de março a julho/2002 em sistema de plantio direto. A adubação de base, para ambas as épocas, foi feita com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 e a adubação de cobertura foi parcelada

em duas vezes, sendo a primeira dose (300 kg ha⁻¹ da fórmula 20-00-15) aplicada no estádio de quatro folhas plenamente desenvolvidas e a segunda (300 kg ha⁻¹ de Sulfato de Amônio) aplicada no estádio de 7 folhas desenvolvidas. Na semeadura também foi aplicado carbofuran (1 kg ha⁻¹), visando o controle de cupins e lagartas do solo. O controle de ervas daninhas foi realizado com aplicação de 1,8 kg de Metolachlor mais 1,2 kg de Atrazina ha⁻¹, em pré-emergência.

Foram utilizados os híbridos comerciais AG 8080, DKB 333B, CO 32, P 30F80, TORC e XB 8010, cujas características estão colocadas na Tabela 1 (Cruz *et al.*, 2003). Estes híbridos foram escolhidos com base no contraste do tipo de grão (duros e semiduros) e da origem (firmas diferentes). O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições na primeira safra e três na segunda safra. Os tratamentos foram os seis híbridos polinizados por eles próprios em sistema “sib”, 15 pares de híbridos com polinização cruzada e 15 pares de cruzamentos recíprocos, totalizando os 36 tratamentos descritos na Tabela 2.

As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 5 m espaçadas de 0,85 m na primeira safra e 0,90 m na segunda safra, com 0,20 m entre plantas para ambas as épocas.

Nas duas linhas centrais foi realizada polinização manual de 10 plantas, de acordo com o tratamento especificado. O pólen foi coletado na própria parcela nos tratamentos que envolveram polinização do híbrido por ele próprio e em lotes semeados sete dias antes, no mesmo dia e sete dias após a semeadura do experimento, no caso das polinizações cruzadas. Foram realizadas duas polinizações, com intervalo de cinco dias entre elas para garantir um número mínimo de espigas bem polinizadas.

Após a colheita das 10 espigas de cada parcela, foram escolhidas entre duas e cinco espigas melhor polinizadas de onde foi obtido o diâmetro médio de espigas (mm). Em seguida foram retirados, pesados e contados os grãos da parte central da espiga e obtido o diâmetro médio de sabugos (mm). Estes dados serviram como base para o cálculo dos caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade dos grãos (PROF) e conteúdo de proteína (P) e óleo (O), que foram analisados estatisticamente. Os conteúdos de óleo e proteína foram medidos, em base seca, no laboratório de Nutrição Animal do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Embrapa), em Concórdia - SC. Foi utilizado o equipamento Near Infrared Reflectance (modelo NIR System 6500 da Foss-Tecator).

TABELA 1. Características dos híbridos comerciais utilizados na primeira e segunda safra, segundo Cruz *et al.* (2003). Selvíria 2001/02.

Híbridos	Tipo	Ciclo	Testura dos Grãos
XB 8010	Duplo	Precoce	Duro
AG 8080	Triplo	Precoce	Semiduro
CO 32	Triplo	Precoce	Semiduro
DKB 333B	Simples	Semiprecoce	Semiduro
P 30F80	Simples	Semiprecoce	Duro
TORC	Simples	Precoce	Duro

TABELA 2. Relação dos tratamentos utilizados nos experimentos na primeira e segunda safras. Selvíria 2001/02.

Nº	Nome	Nº	Nome	Nº	Nome
01	AG 8080 (♀) x AG 8080 (♂)	13	CO 32 (♀) x CO 32 (♂)	25	25 – TORK (♀) x TORK (♂)
02	AG 8080 (♀) x KB 333B (♂)	14	CO 32 (♀) x AG 8080 (♂)	26	26 – TORK (♀) x AG 8080 (♂)
03	AG 8080 (♀) x DA S32 (♂)	15	CO 32 (♀) x DKB 333B (♂)	27	27 – TORK (♀) x DKB 333B (♂)
04	AG 8080 (♀) x P 30F80 (♂)	16	CO 32 (♀) x P 30F80 (♂)	28	28 – TORK (♀) x CO 32 (♂)
05	AG 8080 (♀) x TORK (♂)	17	CO 32 (♀) x TORK (♂)	29	29 – TORK (♀) x P 30F80 (♂)
06	AG 8080 (♀) x XB 8010 (♂)	18	CO 32 (♀) x XB 8010 (♂)	30	30 – TORK (♀) x XB 8010 (♂)
07	DKB 333B (♀) x DKB 333B (♂)	19	P 30F80 (♀) x P 30F80 (♂)	31	31 – XB 8010 (♀) x XB 8010 (♂)
08	DKB 333B (♀) x AG 8080 (♂)	20	P 30F80 (♀) x AG 8080 (♂)	32	32 – XB 8010 (♀) x AG 8080 (♂)
09	DKB 333B (♀) x DA S32 (♂)	21	P 30F80 (♀) x DKB 333B (♂)	33	33 – XB 8010 (♀) x DKB 333B (♂)
10	DKB 333B (♀) x P 30F80 (♂)	22	P 30F80 (♀) x CO 32 (♂)	34	34 – XB 8010 (♀) x CO 32 (♂)
11	DKB 333B (♀) x TORK (♂)	23	P 30F80 (♀) x TORK (♂)	35	35 – XB 8010 (♀) x P 30F80 (♂)
12	DKB 333B (♀) x XB 8010 (♂)	24	P 30F80 (♀) x XB 8010 (♂)	36	36 – XB 8010 (♀) x TORK (♂)

O teste de Duncan foi aplicado na comparação das médias dos tratamentos e todo cruzamento que diferiu do seu genitor feminino polinizado por si próprio (“sib”) foi considerado como apresentando efeito xênia significativo. Também foi feito o cálculo do efeito xênia, em porcentagem, pela fórmula: $Xênia (\%) = 100 (\text{cruzamento} - \text{“sib”}) / \text{“sib”}$. Desta maneira considerou-se que todos os híbridos polinizados por eles mesmos não apresentam efeito xênia.

Resultados e Discussão

Na análise de variância individual (Tabela 3) os quadrados médios de tratamentos para todos os caracteres foram significativos nas duas épocas estudadas, indicando que houve diferença entre os tratamentos. Os coeficientes de variação para peso médio de grãos (7,45% e 8,47%), conteúdo de proteína (5,09% e 8,55%) e conteúdo de óleo (6,63% e 7,32%) foram maiores na

segunda safra do que na primeira. Para o caráter profundidade dos grãos, o coeficiente de variação foi de 13,83% na primeira safra e 6,19% na segunda safra, refletido pela grande diferença entre os quadrados médios residuais das duas épocas (Tabela 3). A relação entre o maior e menor quadrado médio residual foi 7,04, significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste de Bartlett, inviabilizando a análise conjunta para este caráter.

As médias de peso médio (0,234 g), profundidade (16,5 mm) e conteúdo de óleo dos grãos (3,16%) na segunda safra foram significativamente menores em relação à primeira safra (0,298 g, 19,7 mm e 4,7%) (Tabelas 1 e 4), refletindo as condições estressantes da segunda safra quanto à disponibilidade hídrica. Para teor de proteína a tendência foi contrária, com 9,85% na primeira safra e 10,86% na segunda safra. Esse resultado pode ser comparado com os de Kniep

TABELA 3. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação (C.V.) das análises de variância individuais para os caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade dos grãos (PROF), conteúdo de óleo (O) e conteúdo de proteína (P), nos ensaios de primeira safra e segunda safra (safrinha). Selvíria 2001/02.

Fontes de Variação	Primeira safra					Segunda safra (Safrinha)				
	G.L.	PM (g)	PROF (mm)	P (%)	O (%)	G.L.	PM (g)	PROF (mm)	P (%)	O (%)
Blocos	3	0,0020*	8,6768*	0,9171*	0,0943	2	0,0021*	5,4835*	0,0011	0,0953
Tratamentos	35	0,0012*	12,3226*	1,2117**	0,7665**	35	0,0012*	3,6987*	2,3819**	0,3612**
Resíduo	105	0,0004	7,4374	0,2517	0,0983	70	0,0004	1,0570	0,8658	0,0536
Média	-	0,298	19,713	9,848	4,725	-	0,234	16,595	10,879	3,162
C.V. (%)	-	7,45	13,83	5,09	6,63	-	8,47	6,19	8,55	7,32

*, ** significativo em nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

& Mason (1991), que verificaram um maior conteúdo de proteína nos grãos de híbridos normais com altos níveis de nitrogênio no solo e sem irrigação. Pela média apresentada na segunda safra, deduz-se que houve um aumento na porcentagem média de proteína nos grãos devido ao estresse hídrico que foi intenso nessa época.

A interação entre tratamentos e épocas de semeadura foi significativa para todos os caracteres (Tabela 4), indicando que o efeito xênia apresentou interação com o ambiente, como nos estudos de Seka & Cross (1995). Esses autores verificaram que o efeito xênia apresentou significância em apenas um ambiente dos quatro estudados e concluíram que há necessidade de mais informações sobre a influência do fator ambiental, antes que técnicos e/ou empresas possam utilizar ou recomendar o controle do pólen como método seguro para aumentar o rendimento de grãos em campos comerciais.

O caráter profundidade de grãos (Tabelas 5 e 6) apresentou efeito xênia negativo e significativo nos cruzamentos P 30F80 x XB 8010 (primeira safra), TORC x CO 32, TORC x AG 8080 e TORC x DKB 333B (segunda safra), embora os recíprocos não tenham apresentado a mesma tendência. O mesmo ocorreu para peso médio de grãos nos cruzamentos CO 32 x XB 8010 e XB 8010 x P 30F80 na segunda safra (Tabela 6), indicando que nem sempre os pares de híbridos possuem combinações específicas favoráveis entre os genes da planta materna e paterna. Como alelos menos favoráveis estão mascarados nos locos em heterozigose nos híbridos, existe a possibilidade do encontro dos mesmos na polinização cruzada gerando um efeito xênia negativo. Combinações de genes dominantes ou parcialmente dominantes também podem afetar fases ou processos específicos do desenvolvimento do grão, reduzindo o seu peso final (Leng

1949). O mesmo efeito pode não ser apresentado no cruzamento recíproco, pois a proporção entre os genomas materno e paterno no endosperma triplóide é diferente. Isso, aliado aos efeitos genéticos presentes nos locos controladores do caráter e também a um possível efeito materno, pode acarretar efeitos xênia diferentes entre os recíprocos.

Na primeira safra, foi observado efeito significativo e positivo do pólen estranho no peso médio dos grãos apenas para o híbrido XB 8010 (15%) quando polinizado por TORK (Tabela 5). No cruzamento recíproco não houve o mesmo efeito, como observado nos estudos de Tsai & Tsai (1990) e Weiland (1992). Na segunda safra (Tabela 6) o híbrido DKB 333B proporcionou um aumento de 20% no peso dos grãos do AG 8080. Pouca ou nenhuma relação foi observada entre o efeito xênia para peso médio e tamanho dos grãos. Nota-se, por exemplo, que o TORK provocou um aumento de 15% no peso e 4% na profundidade dos grãos do XB 8010 (Tabela 5) na primeira safra, mas essa tendência não persistiu na segunda safra (Tabela 6), apresentando efeitos não

significativos para peso médio (5%) e profundidade de grãos (0%). Essa relação não é consistente quando comparada aos resultados de Hoeskstra *et al.* (1985) e Pinter *et al.* (1987), que mostraram aumento no peso do grão com polinização cruzada apenas quando os parentais eram substancialmente diferentes no tamanho do grão. Além disso, o efeito xênia foi observado apenas quando o híbrido de grãos pequenos foi polinizado pelo híbrido de grãos grandes. Embora os híbridos utilizados neste estudo não tenham sido escolhidos com base no tamanho dos grãos, verificou-se que, na segunda safra, os grãos do CO 32 foram mais pesados e profundos (Tabela 7). No entanto, os híbridos de grãos grandes não provocaram efeito xênia nos híbridos de grãos menores (P30F80 e AG 8080). Devido à interação com anos, na primeira safra os híbridos não apresentaram diferenças significativas para os dois caracteres, embora o XB 8010, que possui menor profundidade de grãos, tenha mostrado um aumento no seu peso quando polinizado por TORK, P30F80 e AG 8080, os quais mostraram grãos mais profundos. Outros caracteres do grão

TABELA 4. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação (C.V.) da análise de variância conjunta para os caracteres peso médio de grãos (PM), conteúdo de proteína (P) e conteúdo de óleo (O). Selvíria 2001/02.

Fontes de variação	G.L.	PM (g)	P (%)	O (%)
Blocos/ Épocas	5	0,0020**	0,5507	0,0947
Épocas (E)	1	0,2174**	65,6434**	150,7946**
Tratamentos (T)	35	0,0013**	2,9212**	0,9283**
T x E	35	0,0011**	0,8397*	0,1415**
Resíduo Médio	175	0,0004	0,4974	0,0804
Média	-	0,272	10,290	4,055
C.V. (%)	-	7,84	6,85	6,99

*, ** significativo em nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 5. Peso médio de grãos (PM), profundidade média de grão (PROF), conteúdo de proteína (P), conteúdo de óleo (O) e efeito xênia em % (Xe) na primeira safra (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria 2001/02.

Cruzamentos	PM (g)	Xe	PROF (mm)	Xe	P (%)	Xe	O (%)	Xe
AG 8080 x AG 8080	0,2938	-	20,50	-	9,96	-	4,27	-
AG 8080 x TORK	0,3227	10	20,15	-2	10,68	7	4,08	-4
AG 8080 x P 30F80	0,3158	8	21,15	3	9,75	-2	4,79	12
AG 8080 x CO 32	0,3064	4	21,11	3	10,13	2	4,45	4
AG 8080 x XB 8010	0,3063	4	20,53	0	9,96	0	4,35	2
AG 8080 x DKB 333B	0,3031	3	20,59	0	10,09	1	4,89	15*
CO 32 x CO 32	0,2945	-	20,88	-	9,49	-	4,30	-
CO 32 x AG 8080	0,2988	1	21,67	4	9,58	1	4,14	-4
CO 32 x TORK	0,2867	-3	21,87	5	9,45	-1	4,18	-3
CO 32 x P 30F80	0,2817	-4	21,18	1	9,27	-2	4,64	8
CO 32 x DKB 333B	0,2779	-6	20,99	1	9,87	4	4,72	10
CO 32 x XB 8010	0,2693	-9	20,77	-1	8,91	-6	3,97	-8
DKB 333B x DKB 333B	0,3057	-	19,44	-	10,83	-	5,09	-
DKB 333B x CO 32	0,3214	5	19,72	2	10,77	-1	5,05	-1
DKB 333B x P 30F80	0,3127	2	20,10	3	10,50	-3	5,03	-1
DKB 333B x AG 8080	0,3124	2	15,71	-19	11,49	6	4,89	-4
DKB 333B x XB 8010	0,3097	1	19,37	0	10,43	-4	4,91	-3
DKB 333B x TORK	0,2717	-11	19,22	-1	9,89	-9*	4,67	-8
P 30F80 x P 30F80	0,3020	-	19,77	-	10,19	-	5,53	-
P 30F80 x CO 32	0,3186	5	19,34	-2	10,04	-1	5,44	-2
P 30F80 x TORK	0,2984	-1	19,48	-1	9,91	-3	5,15	-7
P 30F80 x AG 8080	0,2978	-1	19,07	-4	10,25	1	5,63	2
P 30F80 x XB 8010	0,2896	-4	11,98	-39*	10,06	-1	5,19	-6
P 30F80 x DKB 333B	0,2867	-5	19,63	-1	10,08	-1	5,54	0
TORK x TORK	0,2820	-	19,69	-	9,54	-	4,44	-
TORK x AG 8080	0,2899	3	19,46	-1	9,32	-2	4,86	9
TORK x XB 8010	0,2859	1	20,28	3	9,46	-1	4,76	7
TORK x DKB 333B	0,2853	1	22,10	12	9,15	-4	5,06	14*
TORK x CO 32	0,2750	-3	18,88	-4	9,68	1	4,72	6
TORK x P 30F80	0,2735	-3	19,34	-2	9,54	0	4,95	11
XB 8010 x XB 8010	0,2972	-	19,36	-	9,37	-	4,13	-
XB 8010 x TORK	0,3433	15*	20,18	4	9,36	0	4,31	4
XB 8010 x P 30F80	0,3296	11	19,54	1	9,29	-1	4,61	12
XB 8010 x AG 8080	0,3128	5	18,92	-2	9,53	2	4,38	6
XB 8010 x DKB 333B	0,2936	-1	19,23	-1	9,44	1	4,49	9
XB 8010 x CO 32	0,2823	-5	18,42	-5	9,30	-1	4,54	10
C.V. (%)	7,45		13,83		5,09		6,64	

* Diferem do híbrido polinizado em sib, dentro de cada grupo, pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Peso médio de grãos (PM), profundidade média de grãos (PROF), conteúdo de proteína (P), conteúdo de óleo (O) e efeito xênia (Xe) na segunda safra (safrinha) (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria 2001/02.

Cruzamentos	PM (g)	Xe	PROF (mm)	Xe	P (%)	Xe	O (%)	Xe
AG 8080 x AG 8080	0,2041	-	15,81	-	12,54	-	3,18	-
AG 8080 x DKB 333B	0,2452	20*	15,22	-4	11,91	-5	3,31	4
AG 8080 x XB 8010	0,2422	18	15,93	1	11,73	-7	2,89	-9
AG 8080 x CO 32	0,2304	13	15,71	-1	12,91	3	3,27	3
AG 8080 x P 30F80	0,2198	8	16,63	5	11,33	-10	3,07	-4
AG 8080 x TORK	0,2148	5	16,44	4	11,59	-8	3,04	-5
CO 32 x CO 32	0,2666	-	19,02	-	10,59	-	2,51	-
CO 32 x TORK	0,2543	-5	18,26	-4	10,70	1	2,66	6
CO 32 x P 30F80	0,2401	-10	18,04	-5	9,44	-11	3,03	20*
CO 32 x AG 8080	0,2379	-11	18,79	-1	11,02	4	2,55	1
CO 32 x DKB 333B	0,2326	-13	17,67	-7	10,21	-4	2,91	16
CO 32 x XB 8010	0,2226	-17*	17,47	-8	10,27	-3	2,55	1
DKB 333B X DKB 333B	0,2553	-	16,20	-	11,56	-	3,47	-
DKB 333B x CO 32	0,2858	12	16,96	5	11,66	1	3,45	-1
DKB 333B x XB 8010	0,2717	6	16,77	4	12,05	4	3,42	-2
DKB 333B x TORK	0,2698	6	17,81	10	12,15	5	3,59	3
DKB 333B x AG 8080	0,2644	4	15,64	-3	12,19	6	3,30	-5
DKB 333B x P 30F80	0,2514	-2	17,19	6	11,38	-2	3,25	-6
P 30F80 x P 30F80	0,2151	-	15,82	-	11,04	-	3,47	-
P 30F80 x DKB 333B	0,2249	5	17,09	8	10,87	-2	4,21	21*
P 30F80 x TORK	0,2231	4	15,67	-1	10,27	-7	3,51	1
P 30F80 x CO 32	0,2139	-1	15,58	-2	10,13	-8	3,56	2
P 30F80 x AG 8080	0,2137	-1	15,32	-3	10,42	-6	3,59	3
P 30F80 x XB 8010	0,2034	-5	15,37	-3	11,13	1	3,17	-9
TORK x TORK	0,2399	-	18,54	-	9,56	-	2,82	-
TORK x CO 32	0,2585	8	15,80	-15*	9,92	4	3,14	11
TORK x AG 8080	0,2521	5	15,10	-19*	10,64	11	3,23	14
TORK x XB 8010	0,2468	3	17,18	-7	10,51	10	2,82	0
TORK x P 30F80	0,2378	-1	17,82	-4	9,36	-2	2,95	5
TORK x DKB 333B	0,2231	-7	16,21	-13*	9,99	4	3,19	13
XB 8010 x XB 8010	0,2590	-	16,76	-	10,24	-	2,97	-
XB 8010 x CO 32	0,2598	0	15,63	-7	10,89	6	3,23	9
XB 8010 x TORK	0,2473	-5	16,75	0	11,05	8	3,04	2
XB 8010 x AG 8080	0,2321	-10	16,50	-2	10,21	0	2,90	-2
XB 8010 x DKB 333B	0,2214	-15	15,32	-9	9,91	-3	3,19	8
XB 8010 x P 30F80	0,2168	-16*	15,27	-9	10,27	0	3,41	15
C.V. (%)	8,47		6,19		8,55		7,32	

* Diferem do híbrido polinizado em sib, dentro de cada grupo, pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

como largura, espessura, conteúdo de proteína, conteúdo de óleo e tipo de amido podem ser componentes envolvidos na modificação do peso médio dos grãos. Os grãos de milho normal geralmente são pobres em proteína e deficientes em qualidade, principalmente de lisina e triptofano, e sua quantidade é alterada devido às práticas culturais e principalmente a hereditariedade (Glover, 1992).

Para conteúdo de proteína na primeira safra (Tabela 5), o efeito xênia foi negativo e significativo (-9,0%) quando o híbrido TORK, que possui um menor conteúdo de proteína, polinizou o DKB 333B, situação esta não mantida na segunda safra. Nos demais cruzamentos o pólen não

influenciou significativamente o conteúdo de proteína dos grãos quando comparado com os híbridos polinizados em “sib”, mostrando que este caráter foi determinado quase que exclusivamente pelo genitor feminino. Talvez a diferença entre os híbridos polinizados em “sib”, embora significativa em muitos casos (Tabela 8), ainda seja pequena para que o efeito xênia seja pronunciado nas polinizações cruzadas.

Na primeira safra (Tabela 5), o pólen do híbrido DKB 333B alterou significativamente a porcentagem de óleo dos grãos dos híbridos AG 8080 (15%) e TORK (14%). O DKB 333B foi um dos que apresentaram maior conteúdo de óleo quando polinizado em “sib”, tanto na primeira

TABELA 7. Comparação do peso médio de grãos (PM) e profundidade média de grãos (PROF), entre os híbridos polinizados em “sib”. Selvíria 2001/02.

Híbrido	PM (g) ¹	Híbrido	PROF (mm) ¹
<i>Primeira safra</i>			
<i>DK B333B</i>	0,3057 a	<i>CO 32</i>	20,88 a
<i>P 30F80</i>	0,3020 a	<i>AG 8080</i>	20,50 a
<i>XB 8010</i>	0,2973 a	<i>P 30F80</i>	19,77 a
<i>CO 32</i>	0,2945 a	<i>TORK</i>	19,69 a
<i>AG 8080</i>	0,2938 a	<i>DKB 333B</i>	19,44 a
<i>TORK</i>	0,2821 a	<i>XB 8010</i>	19,36 a
<i>Segunda safra (safrinha)</i>			
<i>CO 32</i>	0,2666 a	<i>CO 32</i>	19,02 a
<i>XB 8010</i>	0,2590 a	<i>TORK</i>	18,54 ab
<i>DKB 333B</i>	0,2552 ab	<i>XB 8010</i>	16,76 bc
<i>TORK</i>	0,2398 abc	<i>DKB 333B</i>	16,20 c
<i>P 30F80</i>	0,2151 bc	<i>P 30F80</i>	15,82 c
<i>AG 8080</i>	0,2041 c	<i>AG 8080</i>	15,81 c

¹- Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada grupo, não diferem significativamente pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

quanto na segunda safra (Tabela 8). Os cruzamentos recíprocos não apresentaram o mesmo efeito, indicando a possibilidade do DKB 333B possuir uma maior concentração de genes dominantes para teor de óleo. Observando estes mesmos pares na segunda safra (Tabela 6) nota-se que o DKB 333B também alterou o conteúdo de óleo dos mesmos, mas não de maneira significativa. No entanto o pólen de P 30F80 e DKB 333B proporcionou aumentos significativos de 20% e 21% nos conteúdos de óleo dos híbridos CO 32 e P 30F80, respectivamente (Tabela 6), e estes foram os híbridos que apresentaram os maiores conteúdos de óleo, tanto na primeira safra como na segunda safra (Tabela 8). Porém nem todos os

pares contrastantes apresentaram o maior efeito xênia, evidenciando a especificidade de certos cruzamentos, ou seja, nem sempre o polinizador com alto conteúdo de óleo provocou efeito xênia alto e positivo na fêmea com baixo conteúdo de óleo. Como exemplo disso tem-se o DKB 333B polinizando o XB 8010 na época normal e o P30F80 polinizando AG 8080 e TORC na segunda safra. Nestes casos todas as fêmeas apresentaram um menor conteúdo de óleo e não sofreram efeito consistente do polinizador com maior conteúdo de óleo. Vários fatores podem provocar alterações no conteúdo de óleo dos grãos de milho como efeitos ambientais (ano, local, adubação, época de plantio, temperatura, densidade) e

TABELA 8. Comparação dos conteúdos de proteína (P) e óleo (O) do grão entre os híbridos polinizados em “sib”. Selvíria 2001/02.

Híbridos	P (%) ¹	Híbridos	O (%) ¹
<i>Primeira safra</i>			
<i>DKB 333B</i>	10,8300 a	<i>P 30F80</i>	5,5250 a
<i>P 30F80</i>	10,1850 ab	<i>DKB 333B</i>	5,0875 a
<i>AG 8080</i>	9,9600 ab	<i>TORC</i>	4,4375 b
<i>TORC</i>	9,5375 b	<i>CO 32</i>	4,3025 b
<i>CO 32</i>	9,4975 b	<i>AG 8080</i>	4,2675 b
<i>XB 8010</i>	9,3675 b	<i>XB 8010</i>	4,1275 b
<i>Segunda safra (safrinha)</i>			
<i>AG 8080</i>	12,5433 a	<i>P 30F80</i>	3,4733 a
<i>DKB 333B</i>	11,5567 ab	<i>DKB 333B</i>	3,4733 a
<i>P 30F80</i>	11,0433 ab	<i>AG 8080</i>	3,1800 ab
<i>CO 32</i>	10,5866 b	<i>XB 8010</i>	2,9666 b
<i>XB 8010</i>	10,2366 b	<i>TORC</i>	2,8233 bc
<i>TORC</i>	9,5633 b	<i>CO 32</i>	2,5133 c

¹- Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada grupo, não diferem significativamente pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

genéticos. A interação entre o conteúdo de óleo e o ambiente deve ser atribuída, principalmente, às condições de disponibilidade de nutrientes à planta, interagindo, desta forma, com a proporção do germe em relação à semente (Batista & Tosello, 1982). Estes autores afirmaram que embora a componente ambiental, em certos casos, participe com efeitos estatisticamente significativos, a componente genética é o fator primordial na variação do conteúdo de óleo nos grãos de milho.

Embora estudos específicos sobre capacidade de combinação não tenham sido encontrados na literatura, a inconstância da magnitude do efeito xênia em diferentes pares de híbridos, encontrada em vários trabalhos (Weingartner *et al.*, 2002; Bulant & Gallais 1998; Ketchie *et al.*, 1996; Pinter *et al.*, 1987) e também neste, sugere que a capacidade específica de combinação é um fator forte para determinar o efeito heterótico no embrião e endosperma. Da mesma maneira que outras manifestações de heterose, um efeito xênia maior pode ser esperado nos cruzamentos entre genitores mais contrastantes. O híbrido XB 8010, na primeira safra, foi aquele que apresentou uma certa tendência para maior capacidade geral de combinação quando polinizado pelos outros. É um híbrido interessante para estudos futuros, buscando um maior entendimento do fenômeno e novos pares que apresentem efeito xênia positivo.

A presença de interação com o ambiente (Tabela 4) dificulta a utilização do efeito xênia com um alto grau de certeza de resultados positivos nas lavouras comerciais. As condições mais estressantes da segunda safra podem ter limitado a expressão do efeito xênia em alguns pares de híbridos, mas aqueles menos prejudicados passaram a expressar tal efeito. Embora a interação com o ambiente esteja presente, a repetição de estudos de natureza acadêmica como este, na

mesma época e por vários anos, poderá fornecer dados mais consistentes para permitir o uso do efeito xênia em lavouras comerciais, com uma maior confiabilidade. No entanto o uso de mistura de sementes de cultivares diferentes na lavoura é de custo praticamente zero para o agricultor e pode ser utilizada quando houver qualquer evidência de efeito xênia positivo.

Conclusões

Embora os resultados sejam de natureza acadêmica, demonstra-se que existe potencialidade para exploração do efeito xênia para o caráter peso médio de grãos e conteúdo de óleo.

Para conteúdo de proteína não houve influência significativa da fonte polinizadora, evidenciando exclusivamente efeito materno.

Devido à interação significativa com épocas, há necessidade da repetição, por vários anos, do estudo com os pares que manifestaram efeito xênia positivo, para épocas específicas, visando informação mais consistente para recomendação aos agricultores.

Agradecimentos

Os autores externam os seus agradecimentos ao Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Embrapa), na pessoa do Dr. Gustavo J. M. M. de Lima, pela disponibilização do Laboratório de Nutrição Animal e realização das análises do conteúdo de óleo e proteína. Sem este auxílio o presente trabalho ficaria incompleto.

Literatura Citada

- BATISTA, L. A. R.; TOSELLO, G. A. Influência da fonte polinizadora sobre o conteúdo de óleo em grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 17, n. 12, p. 1757-1762, 1982.
- BULANT, C.; GALLAIS, A. Xenia effects in maize with normal endosperm: I. Importance and

- stability. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 1517-1525, 1998.
- BULANT, C.; GALLAIS, A.; MATTHYS-ROCHON, E.; PRIOUL, J. L. Xenia effect in maize with normal endosperm: II. Kernel growth and enzyme activities during grain filling. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 182-189, 2000.
- CRUZ, J. C.; CORRÊA, L. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; PEREIRA, F. T. P.; GUISTEM, J. M.; VERSIANI, R. P. Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/2005. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 96). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/comunicado96c.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2005.
- CÁRCOVA, J.; URIBELARREA, M.; BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E.; WESTGATE, M. E. Synchronous pollination within and between ears improves kernel set in maize. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 1056-1061, 2000.
- DAVID, O.; MONOD, H.; LORGEOU, J.; PHILIPPEAU, G. Control of interplot interference in grain maize: A multi-site comparison. **Crop Science**, v. 41, p. 406-414, 2001.
- DENNEY, J. O. Xenia includes metaxenia. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 7, p. 722-728, 1992.
- EDGE, M. Seed management issues for “TOP CROSS High Oil Corn”. ANNUAL SEED TECHNOLOGY CONFERENCE, 19, 1997, Ames. **Proceedings...** Ames: State University, 1997. p. 49-55.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- GLOVER, D. V. Corn protein: genetics, breeding, and value in foods and feeds. In: MERTZ, E. T. (Ed.) **Quality protein maize**. West Lafayette: Purdue University, 1992. p. 10-11.
- HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP-FEIS, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).
- HOEKSTRA, G. J.; KANNENBERG, L. W.; CHRISTIE, B. R. Grain yield comparison of pure stands and mixtures of different proportions for two hybrids of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 65, p. 481-485, 1985.
- KETCHIE, D. O.; FAIRCHILD, E. D.; DRAKE, F. R. Viability of different pear pollen and the effect on fruit set of ‘Anjou’ pear (*Pyrus communis* L.). **Fruit Varieties Journal**, Urbana, v. 50, n. 2, p. 118-124, 1996.
- KNIEP, K. R.; MASON, S. C. Lysine and protein content of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 177 - 181, 1991.
- LENG, E. R. Direct effect of pollen parent on kernel size in dent corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 41, p. 555 – 558, 1949.
- MIZRAHI, Y.; MOUYAL, J.; NERD, A., SITRIT, Y. Metaxenia in the vine cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicere spp.* **Annals of Botany**, Oxford, v. 93, n. 4, p. 469-472, 2004.
- PINTER, L.; SZABO, J.; HOROMPOLI, E. Effect of metaxenia on the grain weight of the corn (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 32, p. 81-88, 1987.
- ROSULJ, M.; TRIFUNOVIC, S.; HUSIC, I. Nine cycles of mass selection for increased oil content in two maize (*Zea mays* L.) synthetics. **Genetics**

and Molecular Biology, Ribeirão Preto, v. 25, n. 4, p. 449 - 461, 2002.

SEKA, D.; CROSS, H. Z. Xenia and maternal effects on maize kernel development. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 80 - 85, 1995.

STAMP, P.; CHOWCHONG, S.; MENZI, M.; WEINGARTNER, U.; KAESER, O. Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 1586-1587, 2000.

TSAI, C. L.; TSAI, C. Y. Endosperm modified by cross-pollinating maize to induce changes in

dry matter and nitrogen accumulation. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 804-808, 1990.

WEILAND, R. T. Cross-pollination effects on maize (*Zea mays* L.) hybrid yields. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 72, p. 27-33, 1992.

WEINGARTNER, U.; KAESER, O.; LONG, M.; STAMP, P. Combining cytoplasmic male sterility and xenia increases grain yield of maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 1848-1856, 2002.