

Resistência a *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* e Potencial

Produtivo de Híbridos de Milho na Safrinha

**Maria Elisa A.G. Zagatto Paterniani⁽¹⁾; André L. Lourenção⁽¹⁾; Paulo B. Gallo⁽³⁾;
Eduardo Sawazaki⁽¹⁾; Renata K. Hanashiro⁽²⁾; Sara R. S. Rovaris⁽²⁾**

⁽¹⁾Pesquisadores Científicos, Instituto Agronômico (IAC), Campinas, SP. elisa@iac.sp.gov.br ⁽²⁾Pós-graduação do IAC ⁽³⁾Pesquisador Científico, APTA Regional de Mococa, SP

RESUMO: Híbridos intervarietais de milho vêm sendo apresentados por empresas públicas para o mercado de sementes convencionais, para agricultores de média tecnologia. A resistência às pragas seria um importante atributo a ser incorporado nesses híbridos. Objetivou-se neste trabalho identificar híbridos de gerações F₂ de milho promissores quanto à produtividade, resistência à lagarta-do-cartucho e lagarta-da-espiga e estimar a heterose e seus componentes utilizando-se o método de Gardner & Eberhart (1966). Os experimentos foram desenvolvidos na safrinha de 2013, em plantios de janeiro e março, no Instituto Agronômico em Campinas e na APTA Regional de Mococa, estado de São Paulo, sob delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Avaliaram-se 36 híbridos oriundos de um dialelo completo, nove populações F₂ parentais e duas testemunhas (IAC 8046 e DKB390YG) quanto aos danos foliares provocados pela lagarta-do-cartucho, aos danos da espiga causados pela lagarta-da-espiga e à produtividade de grãos. Os híbridos que reuniram as médias mais promissoras para todos os caracteres avaliados, aliando produtividade e menores danos de causados por lagartas tanto *Spodoptera* quanto *Helicoverpa* foram: P3x P4, P3 x P9, P4 x P5, P4 x P6, e P5 x P6, P5xP7 e P5xP9, não diferindo estatisticamente da testemunha transgênica DKB 390 YG. Os genitores P2, P6 e P7 se destacaram quanto aos efeitos de pi para MG e resistência às lagartas e o P1, para MG. Constataram-se efeitos de heterose e seus componentes significativos para PG e notas de danos de *S. frugiperda* aos 60 dias (DSF 60).

Termos de indexação: *Zea mays* L.; lagarta-do-cartucho; lagarta-da-espiga

INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), e a lagarta da espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), são consideradas as principais pragas do milho, tanto por causar elevados danos econômicos como pela dificuldade de controle. Cultivares transgênicas são disponibilizadas anualmente aos produtores no intuito de diminuir os prejuízos ocasionados pelas pragas. No entanto, estas tecnologias possuem diferenças com relação à eficiência de controle da lagarta-do-cartucho e de lagartas que ocorrem na espiga (Michelotto et al., 2013), além de apresentar sérios problemas com relação à eficiência no controle destas pragas. Dentre as opções para o estabelecimento de uma estratégia adequada de manejo de pragas, pode-se destacar a utilização de cultivares resistentes a insetos.

A herança da resistência de genótipos ao ataque de lagartas tem sido demonstrada como de natureza quantitativa e sua variação se deve principalmente a efeitos genéticos aditivos, embora a presença de ação gênica dominante não possa ser descartada (Williams et al., 1995).

Para o desenvolvimento de cultivares resistentes, o esquema de dialelo é uma das estratégias do melhoramento de plantas que permitem a escolha de genitores por meio do desempenho em cruzamento, possibilitando o conhecimento do potencial *per se* de variedades, híbridos ou linhagens e sua capacidade combinatória pelas estimativas de efeitos varietais e de heterose manifestada no híbrido (Hallauer & Miranda Filho 1995).

Híbridos intervarietais têm sido desenvolvidos em programas de melhoramento de milho como alternativa para o médio produtor, com

resultados expressivos de produtividade (Paterniani et al.2010; Bernini e Paterniani, 2012) e seria de grande valia agregar a resistência às referidas pragas.

O presente trabalho tem por objetivo identificar híbridos de gerações F₂ de milho promissores quanto à produtividade, resistência à lagarta-do-cartucho e lagarta-da-espiga, bem como estimar a heterose dos híbridos e seus componentes utilizando-se o método de Gardner & Eberhart (1966).

MATERIAL E MÉTODOS

Na safra de 2012/13, foram cruzadas no esquema de dialélio completo, nove populações F₂, obtendo-se 36 híbridos. As populações genitoras, os híbridos e as testemunhas comerciais: IAC 8046 (híbrido intervarietal) e DKB 390YG (híbrido simples transgênico), foram avaliados na safra 2013 no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomo em Campinas (IAC) em Campinas-SP (latitude 22° 54'S, longitude 47° 3'W e altitude de 600 m), e no Polo Regional do Nordeste Paulista da APTA em Mococa (latitude 21° 28'S, longitude 47° 01'W e altitude de 665 m).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,9 m entre linhas, sendo as duas linhas centrais a área útil para as avaliações. Nos dois locais a adubação de plantio foi realizada com 350 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 8-28-16 e a de cobertura com aplicações de 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. Não houve aplicação de inseticida.

Os caracteres avaliados foram:

a) danos foliares (DSF) observação visual dos danos causados pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) nas folhas de 10 plantas escolhidas aleatoriamente de cada parcela, realizados aos 60 dias após a semeadura. Utilizou-se uma escala de notas de 0 (sem danos) a 9 (cartucho totalmente destruído) de acordo com Fernandes *et al.* (2003), adaptada de Davis *et al.* (1992).

Para a identificação das espécies causadoras dos danos nas espigas de milho, que poderiam ser *S. frugiperda* e/ou *H. zea*, lagartas foram coletadas nas espigas e criadas em dieta artificial até a emergência dos adultos. A seguir, com os exemplares adultos, foram realizadas análises morfológicas e moleculares com o auxílio de pesquisadores do Centro de Fitossanidade do

IAC e do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

b) espigas danificadas (ED) pelas lagartas de *H. zea*, mediram-se em comprimento (cm) as galerias causadas pelas lagartas, situadas na ponta da espiga amostradas ao acaso 15 espigas por parcela e calculada em porcentagem. Para a discriminação dos danos causados na espiga foi realizada análise molecular.

c) massa de grãos (MG) por parcela, corrigida para umidade de 14% e estande ideal de 50 plantas por parcela, empregando-se o método da covariância (Vencovsky & BARRIGA, 1992).

As análises de variância individuais e conjuntas foram efetuadas, considerando-se o modelo fixo e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados referentes às notas de sintomas foram submetidos à transformação $(x + 0,5)^{1/2}$.

Para análise dialélica, foi utilizado o método de Gardner & Eberhart (1966), de acordo com o modelo

$$Y_{ij} = \mu + (v_i + v_j)/2 + \theta(\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}) + \bar{e}_{ij}, \quad 4:$$

onde: Y_{ij} : valor médio observado em um parental ($i=j$) ou em uma combinação híbrida ($i \neq j$); μ : média das variedades; v_i : efeito de variedade i ; v_j : efeito da variedade j ; $\theta=0$, quando $i=j$ e $\theta=1$, quando $i \neq j$; h : efeito da heterose média; h_i : efeito da heterose da variedade i ; h_j : efeito da heterose da variedade j ; s_{ij} : efeito da heterose específica; \bar{e}_{ij} : erro experimental médio.

As análises biométricas foram realizadas com o auxílio do software Genes (Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os danos das lagartas foram mais expressivos na segunda época de plantio, enquanto que os valores de produtividade de grãos demonstraram maior potencial na primeira época, devida a fatores climáticos mais favoráveis à safreinha.

Nas análises de variância conjuntas foi constatada diferença significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos para todos os caracteres avaliados. O efeito da interação T x L foi não significativo para MG, DSF-60 e DHE ($p < 0,05$).

Tabela 1. Médias dos híbridos, genitores e das testemunhas quanto aos caracteres danos de *Spodoptera frugiperda* nas folhas após 60 dias (DSF 60), porcentagem de espigas danificadas por *Helicoverpa zea* (ED) e massa de grãos (MG). Campinas e Mococa-SP. Safrinha 2013.

Híbridos	DSF-60 ^a		DHE ^a		MG ^b			
	(nota)		(cm)		(Kg ha ⁻¹)			
	Médio		Campinas	Mococa	Médio			
P1 x P2	3,5	b	3,23	b	2,7	b	7014	b
P1 x P3	3,83	a	3,5	a	3,1	a	7173	b
P1 x P4	2,83	c	3,37	a	2,6	b	7031	b
P1 x P5	3,83	a	3,1	b	3,37	a	6367	c
P1 x P6	2,78	c	3,47	a	3,2	a	6527	b
P1 x P7	3,05	b	3,7	a	3,27	a	6394	c
P1 x P8	2,31	c	3,47	a	2,57	b	6617	b
P1 x P9	2,98	b	3,4	a	3,37	a	6845	b
P2 x P3	3,02	b	3,3	b	2,6	b	6774	b
P2 x P4	3,03	b	2,77	b	3,3	a	7860	a
P2 x P5	2,65	c	3,3	b	2,77	b	7089	b
P2 x P6	2,29	c	3,03	b	2,6	b	6969	b
P2 x P7	2,5	c	3,5	a	3	b	7087	b
P2 x P8	2,58	c	3,6	a	3,23	a	6786	b
P2 x P9	2,63	c	3,33	b	2,97	b	6605	b
P3 x P4	2,6	c	3,53	a	2,97	b	7354	a
P3 x P5	2,8	c	3,4	a	2,97	b	6748	b
P3 x P6	2,64	c	3,43	a	2,77	b	7092	b
P3 x P7	2,03	c	3,47	a	3,2	a	6379	c
P3 x P8	3,03	b	3,77	a	3,13	a	6864	b
P3 x P9	2,62	c	3,47	a	3,37	a	7344	a
P4 x P5	2,03	c	3,3	b	2,83	b	7973	a
P4 x P6	2,67	c	3,3	b	3,67	a	7868	a
P4 x P7	2,33	c	3,53	a	2,87	b	7017	b
P4 x P8	2,37	c	3,8	a	3,37	a	6996	b
P4 x P9	2,31	c	3,53	a	2,87	b	6662	b
P5 x P6	2,38	c	3,5	a	3,3	a	7365	a
P5 x P7	2,6	c	3,43	a	3,37	a	7405	a
P5 x P8	3,17	b	3,7	a	3,07	a	6874	b
P5 x P9	2,46	c	3,47	a	3,17	a	7331	a
P6 x P7	2,1	c	3,6	a	3,03	b	6914	b
P6 x P8	2,43	c	3,73	a	3,03	b	6737	b
P6 x P9	2,34	c	3,2	b	3,73	a	7065	b
P7 x P8	2,46	c	3,47	a	3,23	a	7054	b
P7 x P9	2,33	c	3,37	a	3,43	a	6395	c
P8 x P9	2,48	c	3,67	a	2,97	b	6770	b
X Híbridos	2,67		3,44		3,07		6976	

P1=F₂A2555; P2=F₂DAS2B710; P3=F₂AG8060;
P4=F₂AG8088; P5=F₂ Impacto; P6=F₂ Maximus;
P7=F₂30F35; P8=F₂DKB350; P9=F₂DKB390.

Genitores	DSF-60 ^a		DHE ^a		MG ^b			
	(nota)		(cm)		(Kg ha ⁻¹)			
	Médio	Campinas	Mococa	Médio				
P1	3,54	b	3,1	b	3,4	a	4277	e
P2	2,63	c	2,97	b	2,7	b	6054	c
P3	4,17	a	3,5	a	2,73	b	5202	d
P4	3	b	3,3	b	3,27	a	5988	c
P5	2,95	b	3,17	b	3,13	a	6193	c
P6	2,14	c	3,27	b	2,7	b	6616	b
P7	2,69	c	3,53	a	3,8	a	7208	a
P8	2,66	c	3,83	a	3,13	a	5904	c
P9	2,43	c	3,3	b	2,87	b	5498	d
X genitores	2,91		3,32		3,07		5903	
Testemunhas	DSF-60 ^a		DHE ^a		MG ^b			
	(nota)		(cm)		(Kg ha ⁻¹)			
	Médio	Campinas	Mococa	Médio				
IAC 8046	2,45	c	3,57	a	3,13	a	7419	a
DKB 390 YG	1,36	c	2,93	b	2,43	b	7249	a
CV (%)	8,4		8,4		13		10,2	

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste Scott & Knott ($p < 0,05$).

^aDados obtidos no primeiro plantio de safrinha; ^b dados obtidos no segundo plantio de safrinha.

Tabela 2. Estimativas de efeitos de genitores (\hat{p}_i) e desvio padrão das estimativas para danos de *Spodoptera frugiperda* nas folhas após 60 dias (DSF-60) e massa de grãos (MG), em Campinas e Mococa. Safrinha 2013.

Genitores	\hat{p}_i	
	DSF 60 ^a	MG ^b
	(nota)	kg ha ⁻¹
P1	0,165	1604
P2	-0,068	171
P3	0,312	680
P4	0,024	106
P5	0,028	310
P6	-0,217	733
P7	-0,045	1325
P8	-0,082	22
P9	-0,0116	-384
DP	0,092	360

^aDados obtidos no primeiro plantio de safrinha;

^bDados obtidos no segundo plantio de safrinha.

Na análise dialélica, houve significância de todos os efeitos (tratamentos, p_i , h e seus componentes) para DSF60 e MG. Para DHE, não houve efeito da heterose, apenas de parentais (p_i).

Nos experimentos de Mococa e Campinas a identificação das lagartas por análise morfológica e molecular comprovou que 10% eram *Spodoptera frugiperda* e 90% *Helicoverpa zea*. As médias das notas de DSF 60 foram estratificadas pelo teste de Scott-Knott em 3 grupos (Tabela 1), observando-se que 75% dos híbridos apresentaram notas de danos nas folhas equivalentes à testemunha transgênica.

Em relação a espigas atacadas (EA), os híbridos apresentaram médias que oscilaram entre 40,3 a 25,3%. Nove híbridos se destacaram por apresentar as menores médias e doze híbridos não diferiram estatisticamente da testemunha transgênica.

Para MG houve estratificação em cinco grupos para os híbridos e genitores nos dois locais. Oito híbridos e o parental P7 tiveram médias equivalentes às testemunhas. Os híbridos que reuniram as médias mais promissoras para todos os caracteres avaliados, aliando produtividade e menores danos de causados por lagartas tanto *Spodoptera* quanto *Helicoverpa* foram: P3x P4, P3 x P9, P4 x P5, P4 x P6, e P5 x P6, P5xP7 e P5xP9, não diferindo estatisticamente da testemunha transgênica DKB 390 YG.

Os genitores P2, P6 e P7 se destacaram quanto aos efeitos de p_i para MG e resistência às lagartas e o P1, para MG.

As análises dialélicas demonstraram efeitos de aditividade e dominância no controle genético da produtividade de grãos e resistência a *Spodoptera* (DSF60), enquanto que para resistência a *Helicoverpa* (DHE) houve apenas efeitos de aditividade.

CONCLUSÕES

Evidenciaram-se híbridos de F_2 com elevada produtividade de grãos e baixos valores de danos causados por *S. frugiperda* e *H. zea*, compatíveis com a testemunha transgênica.

As populações P2, P6 e P7 possuem bom potencial *per se* e podem ser indicadas para programas de melhoramento de milho visando à produtividade de grãos e resistência à *Helicoverpa* e *Spodoptera*. P1 se destacou pelo potencial *per se* para MG.

As análises dialélicas evidenciaram efeitos de aditividade e dominância no controle genético da produtividade de grãos e da resistência a *Spodoptera* (DSF60), enquanto que para resistência a *Helicoverpa* (DHE) houve apenas efeitos de aditividade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas Dr. Celso Omoto e Dr. Sinval Silveira Neto, do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pelas análises morfológicas das lagartas e à Dra. Maria Imaculada Zucchi pelas análises moleculares.

REFERÊNCIAS

- BERNINI, C.S.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Estimativas de parâmetros de heterose em híbridos de populações F_2 de milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 56-62, 2012.
- GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross dial and related populations. *Biometrics*, North Carolina, v.22, p.439-452, 1966.
- MICHELOTTO, M.D.; FINOTO, E.L.; DUARTE, A.P. Interação entre transgênicos (*Bt*) e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho safrinha. *Arquivos do Instituto Biológico*. v. 78, p.71-79, 2011.
- PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; BERNINI, C.S.; GUIMARÃES, P.S.; DONÁ, S.; GALLO, P.B.; DUARTE, A.P. Potencial produtivo e heterose de híbridos de populações F_2 de milho no estado de São Paulo. *Caderno de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 27, n. 1/3, p. 29-46, 2010.
- WILLIAMS, W.P.; BUCKLEY, P.M.; DAVIS, F.M. Combining ability in maize for fall armyworm and southwestern corn borer resistance based on a laboratory bioassay for larval growth. *Theoretical and Applied Genetics*, v.90, p.275-278, 1995.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
