

Desenvolvimento de híbridos não convencionais de milho

Cleso A. P. Pacheco¹, Adelmo R. Silva¹, Carlos R. Casela¹, Hélio W. L. Carvalho², José H. Vasconcellos¹, José N. Tabosa³, Lauro J. M. Guimarães¹, Marcelo A. Lira⁴, Milton J. Cardoso⁵, Paulo E. O. Guimarães¹, Sidney N. Parentoni¹ e Walter F. Meirelles¹

¹ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Cx.P. 151, Sete Lagoas, MG. CEP 35701-970. E-mail: cleso@cpatc.embrapa.br, ² Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Cx.P. 44, Aracaju, SE. CEP 49025-040. Email: helio@cpatc.embrapa.br; ³ Pesquisador do IPA. Av. General San Martim, 1371. Recife, PE. CEP. 50761-000. Email: nildo.tabosa@ipa.br professor Doutor do Departamento de Entomologia; ⁴ Pesquisador da Emparn, Cx.P. 188, Natal, RN. CEP 59020-390. Email: marcelo-emparn@rn.gov.br; ⁵ Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Cx.P. 01, Teresina, PI. CEP 64006-22. Email: miltoncardoso@cpamn.embrapa.br

Palavras-chave: híbridos de F2, geração avançada, heterose.

Introdução

Na década de 1960, Allard discutiu a possibilidade de utilização de gerações avançadas na obtenção de híbridos de milho. Segundo ele, “os híbridos duplos produzidos pelo cruzamento das gerações F2 ou F3, derivadas de híbridos simples, devem se comportar como os híbridos duplos produzidos com híbridos simples, desde que não haja seleção que possa causar mudanças nas frequências gênicas”. Relatou que, embora isso tenha sido verificado por Kiesselbach em 1930, Hayes, Johnson e Doxtator um ano depois apresentaram evidência de que os híbridos duplos produzidos a partir de F2 ou F3 podem até ser superiores à versão obtida a partir dos F1's (ALLARD, 1971).

No Uruguai, Lazaro (1966), avaliando todas as combinações possíveis para a produção do híbrido duplo Ancap DH1, a partir dos cruzamentos das gerações F1, F2 e F3 dos híbridos simples genitores denominados J1xJ2 (Flint) e J2xJ4 (Dent), verificou que os híbridos duplos feitos com as gerações F2 e F3 foram, respectivamente, 16% e 11% mais produtivos que o original produzido pelo cruzamento das F1's. Nesse Boletim, publicado pelo Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger”- La Estanzuela, o autor relatou que não tinha conhecimento de que esse método tenha sido utilizado sistematicamente na produção industrial de híbridos após as experiências de Kiesselback e Hayes.

No Brasil, a viabilidade de utilização de híbridos não convencionais obtidos pelo cruzamento de gerações avançadas de dois híbridos simples comerciais de boa capacidade específica de combinação foi demonstrada por Souza Sobrinho (2001) e vem sendo corroborada por diversos autores como Sawazaki et al. (2006) e Santos et al. (2008). Alguns exemplares desse tipo de híbrido como o Taurus, o Orion e o IAC 8333 estão sendo produzidos comercialmente por pequenas empresas de sementes e têm se mostrado competitivos com os híbridos duplos convencionais. Além de seu bom desempenho agrícola, a principal vantagem desses híbridos está relacionada ao menor custo de suas sementes, o que tem permitido atender, ao mesmo tempo, aos interesses de produtores de grãos e de sementes. O custo de produção das sementes dos híbridos duplos simplificados, obtidos pelo cruzamento das gerações avançadas de dois híbridos simples, é menor em função do menor investimento em pesquisa e da simplificação do processo de produção de sementes, pela eliminação da



necessidade de multiplicação das 4 linhagens e do despendoamento nos campos de produção de sementes dos dois híbridos simples genitores envolvidos num híbrido duplo convencional.

No Brasil, o custo das sementes ainda é um dos fatores determinantes na escolha do tipo de cultivar adotada na agricultura de baixo investimento e na de subsistência, fazendo com que ainda sejam utilizadas sementes próprias e de gerações avançadas de híbridos, além das variedades de polinização aberta. Em regiões onde o risco climático é maior, o baixo preço das sementes parece ser o fator determinante das políticas públicas de multiplicação e ou de distribuição de sementes que raramente possibilitam aos pequenos agricultores o acesso à heterose. Como o nível de tecnologia empregado numa lavoura parece estar intimamente ligado à cultivar adotada, e vice-versa, mesmo a distribuição de sementes de variedades melhoradas ao invés de sementes de híbridos pode ser considerado como um dos mais importantes limitadores da renda do agricultor, como estimado por Pacheco et al. (2006).

Para facilitar o acesso à heterose aos agricultores de baixa renda e dos que utilizam baixo investimento em tecnologia na cultura do milho, foi avaliado um dialelo parcial de híbridos comerciais para identificação de genitores com potencial para a obtenção de híbridos não convencionais, cujos resultados iniciais foram apresentados por Pacheco et al. (2009).

Nessa segunda fase, foram avaliados os híbridos duplos simplificados (HDS), obtidos pelo cruzamento entre as gerações F2 dos híbridos simples comerciais, selecionados com base nos cruzamentos entre as gerações F1 na primeira fase desse projeto, com o objetivo de verificar os efeitos do avanço de geração na produtividade e nas características agrônômicas dos HDS e de seus genitores.

Material e métodos

A obtenção e avaliação dos híbridos duplos simplificados (HDS) em esquema de dialelo parcial, correspondente à primeira fase do projeto, foi apresentada por Pacheco et al. (2009). Os cinco HDS mais promissores foram selecionados com base em um índice de seleção composto pela produtividade, pela resistência ao acamamento e às doenças foliares e pela umidade dos grãos, como indicador do ciclo até a maturação. Destacou-se o híbrido (3x5) com produtividade e características agrônômicas compatíveis com as do P30F35, usado como testemunha do ensaio. Foram também selecionados os híbridos (1x6), (1xBRS2020F), (BR201FxBRS2020M) e (1x8) para a segunda fase. Como todos os cruzamentos entre híbridos comerciais foram feitos entre um híbrido simples tropical (com numeração de 1 a 4), e um híbrido simples subtropical (com numeração de 5 a 8), a produção de sementes foi proporcional à adaptação dos genitores às condições tropicais onde os cruzamentos foram realizados, principalmente quando os cruzamentos foram feitos planta a planta dentro do mesmo material para obtenção das gerações avançadas.

Para a segunda fase, esses cinco híbridos selecionados foram refeitos com base na geração F2 de seus genitores (obtida por autofecundação da geração F1), ao mesmo tempo em que foram obtidas suas gerações F2i (por intercruzamento de plantas dentro da F2 usando bulk de pólen), segundo a metodologia que visa à obtenção dos HDS por meio do cruzamento das populações em equilíbrio. A avaliação do potencial agrônômico dos HDS e das gerações F2 e F2i de seus genitores foi feita na safra 2008/2009 em 10 localidades: Sete Lagoas-MG – Alta e Baixa Adubação, Londrina-PR, Goiânia-GO, Ponta Grossa-PR, Frei Paulo-SE, Carira-SE, Caruaru-PE, Apodi-RN e São Raimundo das Mangabeiras-MA, tendo como testemunhas os híbridos simples P30F35 e BRS 1010, os híbridos duplos BR 201 e BRS 2020 e a variedade



BRS Caimbé. Os 30 tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com duas repetições de fileiras de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,80 m.

Resultados e Discussão

As médias gerais de produtividade nos dez ambientes onde os ensaios foram avaliados confirmaram o bom desempenho dos HDS e o potencial de exploração comercial de pelo menos um deles, em função das características agrônomicas compatíveis com as dos híbridos comerciais utilizados como testemunha (Tabela 1). Na análise de variância para o peso de grãos em kg/ha (dados não apresentados), foram encontradas diferenças significativas para tratamentos, a 1% de probabilidade, e para a interação genótipos x ambientes, a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação foi de 18,47%, que pode ser classificado como de boa precisão se forem consideradas as condições de estresse ambiental em Sete Lagoas-MG – Baixa adubação, em Caruaru-PE e em Carira-SE, onde as médias de produtividade foram muito baixas, sem falar na redução provocada nas médias dos ensaios pelo grande número de F2 avaliadas.

A aplicação do teste de Duncan (5%) às médias gerais de produtividade (kg/ha) permitiu a discriminação dos tratamentos em duas classes distintas em função da endogamia, como era de se esperar. No entanto, dentro das duas classes as diferenças não foram tão nítidas. Na classe dos híbridos, mais uma vez chamou a atenção o potencial de alguns HDS, com destaque para o HDS (3x5) F2, obtido pelo cruzamento entre as gerações avançadas do HS comercial tropical 3 com o HS comercial subtropical 5, que na fase anterior foi o melhor HD. Para facilitar a comparação das duas versões de um mesmo híbrido, feitas com F1 e com F2, os HDS foram identificados com a mesma cor (Tabela 1). Embora não significativa, pode-se observar a tendência de os HDS F1 terem sido ligeiramente menos produtivos que os HDS F2. Essa diferença provavelmente tenha sido devida ao menor vigor das sementes dos HDS F1 que foram obtidas na fase anterior e armazenadas na câmara seca e fria.

Observa-se que três HDS mostraram-se significativamente mais produtivos que as cultivares usadas como testemunha, a variedade, os híbridos duplos e um dos híbridos simples (Tabela 1). Em termos percentuais, observa-se que esses 3 HDS produziram acima de 20% mais que a BRS Caimbé, que é a mais nova opção em termos de variedade de polinização aberta do mercado de sementes. O HDS (3x5) F2 foi o tratamento mais resistente ao acamamento e ao quebramento do ensaio, com boa estatura de planta e de espiga. Embora não possa ser considerado como um excelente material para sanidade de espigas, só perdeu para o BRS 2020, quando comparado com as demais testemunhas.

Conceitualmente, os HDS se enquadram melhor na classe dos híbridos intervarietais que tiveram algum destaque na década de 1980, onde apareceram como uma das opções de híbridos não convencionais, produzidos a partir do cruzamento de variedades, selecionadas ou não em esquema de melhoramento interpopulacional. Contudo, os híbridos intervarietais lançados naquela época, além de não despertarem o interesse da indústria de sementes, mais que colocaram em dúvida o potencial desse tipo de cultivar e imputaram uma espécie de estigma sobre a ideia da exploração comercial das combinações intervarietais.

Por outro lado, até mesmo o melhoramento intrapopulacional começou a ser questionado quando, ao discutir o potencial genético das gerações avançadas de híbridos em substituir as variedades tradicionais em programas de melhoramento, Duvick (1992) relatou que, embora o melhoramento de populações tenha sido tão ou mais eficiente que o programa de híbridos para aumentar a produtividade de populações como a Reid's Yellow Dent, a BS e a PIAA, e que



qualquer uma delas poderia fornecer linhagens com bom nível de rendimento de grãos, nenhuma delas teria condições de fornecer linhagens bem balanceadas para outras características agronômicas como a resistência ao acamamento e ao quebramento, a resistência a plantas sem espigas em altas densidades, a qualidade dos grãos (ausência de doenças e de grãos quebrados), o aumento do sincronismo entre o florescimento masculino e feminino, a tolerância a *Ostrinia nubilalis*, o staygreen e a arquitetura foliar mais ereta.

Com base nos resultados que estão sendo obtidos com os HDS atualmente, pode-se depreender que a grande dificuldade em explorar a heterose em cruzamentos entre populações está no valor genético das populações e não no desgastado conceito de híbrido intervarietal. Com isso, aproveitamos o raciocínio citado por Souza Sobrinho (2001) de que os gametas produzidos pela geração F2 são os mesmos e têm as mesmas frequências que os gametas produzidos pela geração F1, para justificar a proposta de denominar os híbridos duplos obtidos pelo cruzamento de gerações avançadas de híbridos simples como híbridos duplos simplificados (HDS).

Pelas médias de produtividade (kg/ha) e das características agronômicas das gerações avançadas (F2), pode-se verificar que os genitores dos três melhores HDS foram, coincidentemente, os mais produtivos do ensaio (Tabela 1). Contudo, apesar do bom potencial de produção desses genitores para a produção de sementes dos melhores HDS, a redução de produtividade de até 30% em relação à BRS Caimbé, ajuda a entender o porquê da não utilização da metodologia criada por Kiesselback em 1930, quando o objetivo é a produção de sementes de um híbrido duplo convencional obtido pelo cruzamento das gerações F1 dos híbridos simples parentais.

O percentual médio de espigas doentes das gerações avançadas foi ligeiramente maior que o dos HDS. Uma das razões para esse fato, que precisa ser melhor avaliado, é que as gerações avançadas amadureceram primeiro e ficaram mais tempo expostas às condições climáticas desfavoráveis à sanidade dos grãos, além de serem claramente mais frágeis que os materiais que não foram expostos à endogamia. As médias de florescimento indicaram que todos os genitores poderão ser semeados na mesma data nos campos de produção de sementes dos HDS sem causar problemas de coincidência de florescimento.

Agradecimentos

Agradecimento ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), de quem o primeiro autor é bolsista em Produtividade em Pesquisa, pelo financiamento de parte desse trabalho pelo seu Edital Universal.

Referências

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genéticos das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971.

DUVICK, D. N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. mayze. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 69-79, 1992.

LAZARO, C. **F2 y F3 de simples en la produccion de un hibrido comercial de maiz (Zea**



mays). La Estanzuela: Centro de Investigaciones Agricolas “Alberto Boerger”, 1966. 9 p. (Boletín Técnico, 4).

PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. de O.; GARCIA, J. C.; GAMA, E. E. e G.; MEIRELLES, W. F. **Avaliação do efeito econômico da substituição de variedades por híbridos, na região central do Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 57). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/Doc57.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2010.

PACHECO, C. A. P.; SILVA, A. R.; CASELA, C. R.; CARVALHO, H. W. L.; VASCONCELOS, J. H.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; MEIRELLES, W. F. Avaliação do potencial agrícola de híbridos não convencionais de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **O melhoramento e os novos cenários da agricultura: anais**. Vitória: Incaper, 2009. 1 CD-ROM.

SAWAZAKI, E.; GALLO, P. B.; DUARTE, A. P.; SAWAZAKI, H. E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Heterose em topcrosses de híbridos comerciais de milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 2.; SIMPÓSIO SOBRE COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA, 1., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 1 CD-ROM.

SANTOS, F. M. C.; FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GALLO, P. B. Capacidade de combinação de híbridos comerciais de milho visando à obtenção de híbridos de F2. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras**. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 1 CD-ROM.

SOUZA SOBRINHO, F. **Divergência genética de híbridos simples e alternativa para obtenção de híbridos duplos de milho**. 2001. 96 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2001.

Apoio: FAPEMIG



Tabela 1. Características agronômicas de híbridos não convencionais de milho avaliados em Sete Lagoas-MG – Alta e Baixa Adubação, Londrina-PR, Goiânia-GO, Ponta Grossa-PR, Frei Paulo-SE, Carira-SE, Caruaru-PE, Apodi-RN e São Raimundo das Mangabeiras-MA. 2008/2009

Trat.	Nome	FLF	APL	AES	A+Q	STA	NES	ED	PGRAO		%rel. BRS Caimbé	UM.
29	P 30F35	60	220	106	8,88	19	20	22,81	9590	a	144,16	14,15
4	(1xBR2020F) F1	60	220	117	9,03	20	19	18,93	8462	ab	127,21	14,23
8	(3x5) F2	58	211	104	5,86	18	19	22,60	8129	ab	122,21	13,89
10	(5xBR2020M) F2	59	202	96	13,08	18	19	25,10	8047	ab	120,97	14,30
27	BRS 1010	59	197	99	10,54	19	19	22,64	7906	abc	118,85	15,00
7	(1x8) F2	57	217	107	6,11	18	18	30,10	7905	abc	118,84	13,19
1	(1x6) F1	58	206	110	9,01	19	19	21,58	7893	abc	118,65	13,66
26	BRS 2020	59	197	97	13,18	19	20	12,58	7569	abc	113,79	14,32
3	(3x5) F1	59	200	90	7,19	19	18	25,57	7421	abc	111,57	14,25
5	(5xBR2020M) F1	60	202	102	13,79	18	18	17,20	7387	abc	111,04	14,13
9	(1xBR2020F) F2	59	217	112	14,37	19	18	17,61	7339	abc	110,33	14,36
6	(BR201FxBR2020M) F1	59	204	101	14,12	19	20	22,59	7097	abc	106,68	14,38
2	(1x8) F1	58	216	107	9,49	18	17	28,72	7045	abc	105,91	13,43
11	(BR201FxBR2020M) F2	59	199	97	9,43	18	19	20,14	7036	abc	105,78	13,82
28	BRS Caimbé	59	217	108	10,98	19	18	22,63	6652	abc	100,00	13,81
30	BR 201	59	213	111	19,92	19	18	22,42	6543	abc	98,37	14,32
X	Média	59	197	97	11,69	18	18	26,90	6084		91,46	13,74
19	1 F2i	62	188	93	11,08	18	18	27,86	5428	abc	81,60	13,47
20	3 F2i	60	177	80	10,93	18	17	33,52	5006	bc	75,25	13,57
13	3 F2	59	181	86	10,65	18	17	42,44	4985	bc	74,94	13,87
17	BRS2020F F2	62	200	106	16,47	18	17	31,05	4978	bc	74,83	13,92
18	BRS2020M F2	62	174	82	13,52	17	20	19,59	4971	bc	74,73	13,82
14	5 F2	62	184	88	10,34	17	16	26,82	4864	bc	73,12	13,69
12	1 F2i	61	193	100	15,85	17	17	28,84	4745	bc	71,33	13,35
21	5 F2i	60	175	86	10,88	17	17	29,26	4654	bc	69,96	13,23
24	BRS2020F F2i	61	197	101	16,59	18	17	35,41	4149	bc	62,37	13,28
22	6 F2i	62	177	91	9,80	19	15	38,82	4099	bc	61,61	13,14
25	BRS2020M F2i	61	175	84	18,01	18	18	30,32	3969	bc	59,66	13,63
15	6 F2	60	168	84	9,08	18	15	42,24	3887	bc	58,43	13,11
16	BR201F F2	63	182	88	10,37	17	16	30,34	3395	c	51,04	12,53



23	BR201F F2i	63	185	91	12,26	17	16	37,32	3359	c	50,49	12,48
----	------------	----	-----	----	-------	----	----	-------	------	---	-------	-------

