

Potencial genético de linhagens parcialmente endogâmicas e híbridos comerciais

Genetic potential of endogamic partially lines and commercial hybrids

Deoclécio Domingos Garbuglio*

Pedro Mário de Araújo*

* Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina. Bolsista Fundação Araucária.

e-mail: <deocleciodg@yahoo.com.br>

** Engenheiro Agrônomo. Pesquisador Dr. Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Área de Melhoramento e Genética Vegetal – Programa Milho.

e-mail: <pmaraujo@iapar.br>

Resumo

Métodos baseados em cruzamentos dialélicos têm sido largamente utilizados no melhoramento de plantas, porém, envolvem um grande número de cruzamentos. Algumas metodologias têm sido apresentadas no sentido de se estimar os efeitos genéticos com apenas parte dos cruzamentos possíveis, como é o caso do modelo de dialelo parcial circulante interpopulacional (CDPCI). Este trabalho consistiu na obtenção de estimativas de capacidade de combinação de linhagens S_2 das populações de milho BR 106 e IAPAR 26, bem como a viabilidade de utilização dos híbridos em escala comercial. Avaliaram-se 90 progênes S_2 de cada população através de um ensaio de CDPCI quanto a 3 caracteres e selecionou-se um conjunto de cada uma delas para posterior avaliação em cruzamento. Constatou-se que o conjunto de linhagens selecionadas foi altamente eficiente para a obtenção de híbridos de alta produtividade e confirma-se que o método de CDPCI é eficiente na seleção de linhagens para o esquema interpopulacional.

Palavras-chave: Milho. Dialelo parcial circulante interpopulacional. Capacidade de combinação. Linhagens S_2 .

Abstract

Methods based on diallel crosses have been widely utilized in plant breeding, however, a great number of crosses are involved. Some methodologies have been presented aiming to estimate the genetic effects with only part of the possible crosses, as in the case of the model of partial circling inter population diallel (CDPCI). This study consisted in the attainment of S_2 lines combining ability from maize populations BR 106 and IAPAR 26, as well as the viability of using the hybrids in commercial scale. Three traits from 90 S_2 progenies of each population were evaluated under the CDPCI in which three characters concern and a group of lines from each was selected for future evaluation. There was evidence that the selected line groups were highly efficient in obtaining hybrids with high production and confirms that the CDPCI method is efficient in the selection of lines for the inter population model.

Key words: Maize. Partial circulant inter population diallel. Combining ability. S_2 lines.

1 Introdução

A introdução do milho híbrido na década de 1920 deu grande impulso à agricultura moderna (MIRANDA FILHO; VIÉGAS, 1987). Atualmente, a produção de milho nos países desenvolvidos está praticamente toda ela baseada em híbridos de linhagens. No Brasil, o uso de sementes de variedades de polinização livre ainda é comum em regiões ou épocas onde as condições socioeconômicas dos agricultores ou de ambiente não permitem que os híbridos expressem seu potencial genético e apresentem uma relação custo benefício satisfatória. No entanto, a utilização de sementes híbridas vem crescendo com a tecnificação da lavoura e o germoplasma predominante atualmente é composto de híbridos de linhagens altamente endogâmicas, em especial híbridos triplos e simples modificados.

Uma alternativa a esse sistema é o uso de linhagens parcialmente endogâmicas S_2 ou S_3 para obtenção de

Híbridos Intermediários. Loeffel (1964, 1971) observou que linhagens S_2 apresentaram produção de grãos 70% superior às suas derivadas S_5 ; Stangland e Russel (1981) mostraram que cruzamentos $S_2 \times S_2$ foram mais uniformes que híbridos duplos e apresentaram rendimento similar às suas derivadas altamente endogâmicas. Segundo Carlone e Russel (1988), estas podem ser mais produtivas, menos sensíveis às variações ambientais ou ambientes desfavoráveis e apresentam menor interação com o ambiente. Souza Júnior (1988) demonstrou a viabilidade do uso de linhagens parcialmente endogâmicas, S_2 ou S_3 , como alternativa ao uso de híbridos triplos e duplos de linhagens altamente endogâmicas. De forma semelhante, Carlone e Russel (1988, 1989) sugeriram o uso de linhagens S_2 para produção de híbridos intermediários apontando, como maior limitação ao seu uso, a possibilidade da ocorrência de algum problema na manutenção das linhagens. Borrero et al. (1992)

avaliaram híbridos intermediários originários de progênies S_1 a S_4 em várias regiões tropicais da América Latina concluindo que a produção de híbridos a partir de linhagens com baixo nível de endogamia pode ser uma alternativa barata e lucrativa para países em desenvolvimento.

Wellhausen (1954) relatou que os primeiros híbridos triplos e duplos utilizados no México eram provenientes de linhagens S_1 . Vasal (1986) também relatou que híbridos intermediários têm sido objeto de estudo em alguns países em desenvolvimento. Neste caso, o autor constatou que estes tipos de híbridos poderiam apresentar, como vantagens, maior produção de sementes em função do maior vigor dos parentais, manutenção mais simples, uniformidade dos híbridos, desde que seja realizada cuidadosa seleção sobre as linhagens, possibilidade da continuidade do melhoramento destas para obtenção de linhagens homocigotas e menor suscetibilidade às variações ambientais.

Métodos baseados em cruzamentos dialélicos têm sido largamente utilizados no melhoramento de plantas, quer seja no sentido de fornecer informações a respeito da capacidade de combinação e heterose em cruzamentos, ou permitir a predição de cruzamentos e compostos (MIRANDA FILHO; CHAVES, 1996). Neste contexto, destacam-se os modelos de Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966). Estes permitem conhecer a significância e magnitude dos efeitos de CGC e CEC, bem como os de heterose e seus componentes.

Como os esquemas dialélicos envolvem um grande número de cruzamentos a serem avaliados, algumas metodologias têm sido apresentadas no sentido de se estimar os efeitos genéticos a partir de esquemas que utilizam apenas parte dos cruzamentos possíveis, como é o caso do modelo de dialélico parcial circulante, sugerido por Kempthorne e Curnow (1961), desenvolvido apenas para um conjunto aleatório de genótipos ou a adaptação sugerida por Miranda Filho e Vencovsky (1999) de dialelo parcial circulante interpopulacional, voltado para a análise de dois conjuntos distintos de genótipos. Este último permite decompor os efeitos de CGC entre os dois grupos, fornecendo também a magnitude da CEC, o que permite a realização de testes de hipóteses e a predição de híbridos a partir das estimativas de efeitos genéticos de cada linhagem estudada. Detalhes da metodologia foram apresentadas por Araújo (2000).

Ainda ao nível interpopulacional, segundo Vencovsky e Barriga (1992), os esquemas de cruzamento entre dois conjuntos distintos de genótipos podem ser considerados como um dialelo parcial ou, mais adequadamente, como um delineamento genético fatorial. Esse é caracterizado pelo cruzamento de dois ou mais testadores com um conjunto de materiais, e também permite se obter as capacidades geral e específica de combinação.

2 Objetivos

O presente trabalho consistiu na obtenção de estimativas de capacidade de combinação de linhagens S_2 , avaliadas através de cruzamento dialélico parcial ou genético fatorial, das populações de milho, BR 106 e IAPAR 26, bem como a viabilidade de utilização dos híbridos provenientes dessas linhagens em escala comercial.

3 Materiais e Métodos

Inicialmente foram avaliadas 90 progênies S_2 de cada uma das populações de milho BR 106 e IAPAR 26, através de um ensaio de cruzamento dialélico parcial circulante interpopulacional (CDPCI), segundo metodologia de Miranda Filho e Vencovsky (1999). Para melhor adequar as condições experimentais e análises do modelo, estas progênies foram divididas em 9 conjuntos contendo 10 progênies de cada população. Em cada conjunto, adotou-se o número de cruzamentos S igual a quatro por progênie. O ensaio foi conduzido segundo o delineamento de blocos ao acaso com 2 repetições e 3 localidades, sendo estas Londrina e Ponta Grossa, no Estado do Paraná, e Rio Verde, no Estado de Goiás. A parcela útil foi constituída de 1 linha de 4 metros de comprimento e 0,90m entre linhas com 5 plantas por metro linear. Os objetivos iniciais foram a seleção recorrente recíproca, a predição de híbridos através do método acima mencionado e a viabilidade do uso comercial de híbridos originadas de linhagens S_2 .

Foram avaliados os caracteres, peso de grãos (PG), altura de planta e de espiga (AP e AE), florescimento feminino (FF) e prolificidade (PRO) sendo: PG: medido em kg/ha, corrigido a 14,5% de umidade; AP: medida da superfície do solo a curvatura da folha bandeira, em cm; AE: medida da superfície do solo até o ponto de inserção da espiga superior, em cm; FF: medida em número de dias necessários para a liberação dos estigmas em mais de 50% das plantas da parcela; e PRO: medida em nº de espigas em relação ao número de plantas do estande final. Os resultados desse trabalho foram apresentados por Araújo (2000).

Através desses ensaios, foi selecionado um conjunto de linhagens de cada população, sendo estas as que apresentaram os maiores valores de capacidade geral de combinação (CGC) para PG. Foram realizadas as predições de híbridos correspondentes e posteriormente realizaram-se todos os cruzamentos interpopulacionais possíveis entre as linhagens selecionadas.

Os cruzamentos foram obtidos na Estação Experimental de Londrina do IAPAR, na safra 2000/2001, em pelo menos vinte plantas de cada linhagem por cruzamento. Estes resultaram em um delineamento fatorial genético entre 12 linhagens de BR 106, utilizadas como macho, e 13 linhagens de IAPAR 26, utilizadas como fêmea. Os experimentos foram implantados na safra 2001/2002, nas localidades de Londrina e Ponta Grossa – Paraná. A parcela foi constituída de uma linha de 5 metros de comprimento e 0,80 cm entre linhas com 5 plantas por metro e duas repetições por local. Foi utilizado o delineamento de látice incompleto 13 x 13, constituído de 156 híbridos interpopulacionais e o restante por híbridos comerciais utilizados como testemunhas.

4 Resultados e Discussão

Como mencionado anteriormente, um dos objetivos do presente trabalho é a obtenção de híbridos de linhagens S_2 , selecionadas através do delineamento de CDPCI, proposto por Miranda Filho e Vencovsky (1999). Apesar da metodologia em questão contemplar a

predição de híbridos, no processo de predição, não são considerados os efeitos de CEC. Os dados obtidos por Araújo (2000) indicaram que a CEC tem grande influência para o caráter PG, sendo que AP e AE são mais influenciados pelos efeitos de CGC. Observou-se ainda que a maior parte dos híbridos de alto rendimento foi resultante da combinação de linhagens com valores positivos tanto de CEC como de CGC. Assim, considerou-se o método de CDPCI como uma ferramenta preliminar no processo seletivo das progênies, à semelhança de um “top-cross”.

Em função desses efeitos e pelo fato de ambas as populações apresentarem porte de médio a alto, foi selecionado esse conjunto de linhagens para realização de novos cruzamentos, com ênfase em valores positivos de CGC para PG e sempre que possível valores nulos ou negativos de CGC para AP e AE. Os dados de CGC dessas linhagens, obtidos na safra 97/98, são reapresentados na Tabela 1.

A Tabela 2 apresenta os quadrados médios da análise de variância conjunta para os caracteres estudados. Os locais foram considerados altamente significativos para os três caracteres em estudo, portanto diferentes entre si. Os tratamentos também apresentaram alta significância ($P < 0,01$) para os três caracteres, sendo também diferentes entre si. Com relação à interação Locais x Tratamentos para PG, observou-se que, devido à alta significância, pode-se inferir que houve um comportamento diferente por parte dos genótipos em cada um dos locais, assim como para AE. Para AP, não se detectou significância a essa interação; assim, houve um comportamento semelhante em ambos os locais.

A Tabela 3 apresenta a análise estatística para capacidade de combinação, obtida na safra 2001/2002 para os caracteres PG, AP e AE. Os dados indicaram que os efeitos de CGC apresentaram sempre diferenças altamente significativas dentro dos dois grupos de linhagens. Quanto a CEC, estes foram altamente significativos para PG e não significativos para AP e AE, o que está de acordo com os dados relatados por Araújo (2000), e que mais uma vez demonstra a importância do efeito de CEC para PG.

Já os dados de CGC obtidos nessa safra, para os três caracteres, são apresentados na Tabela 4. Para PG, os dados apresentaram uma variação entre -770,06 Kg/ha e 483,32 kg/ha para linhagens de BR 106 e entre -1.088,52 Kg/ha e 751,23 kg/ha para linhagens de IAPAR 26, o que demonstra uma maior dispersão de valores para a última população. Para AP, os dados variam entre -12,2 a 13,4 cm. Para BR 106 e -7,1 a 6,0 cm para IAPAR 26 e para AE, variaram entre -8,2 a 6,1 cm e -9,3 a 6,8 cm para BR 106 e IAPAR 26 respectivamente.

Fazendo-se uma análise de correlação entre os valores das safras de 97/98 e 01/02 (Tabela 5), constatou-se que estes são altos e significativos para AP e AE e baixos para PG. Obviamente, como as linhagens selecionadas apresentavam apenas valores positivos de CGC para PG e, como o modelo de estimativa prevê que $S_{gi} = 0$ e $S_{gj} = 0$, muitos dos valores positivos, obrigatoriamente, teriam de ser negativos quando avaliados nesse novo conjunto. Porém, seria desejado

que os menores valores positivos de CGC de 97/98 se transformassem em valores negativos em 01/02. O que se verificou para esse caráter foi uma distribuição errática desses valores. Já para AP e AE, houve uma maior concordância entre os valores observados nas duas safras. No caso da predição de híbridos, isto tem algumas implicações importantes quando AP e AE são características consideradas no processo de seleção, como é o caso destas populações que se caracterizam por porte relativamente elevado. Assim, a obtenção de híbridos de porte mais apropriado será resultante da combinação entre linhagens de CGC nula ou negativa para esses caracteres. A alta correlação verificada é um indício da estabilidade desse parâmetro para esses dois caracteres. Essa característica, associada à pequena influência da CEC, permite selecionar com segurança linhagens as quais, em cruzamento, produzam híbridos de porte mais apropriado.

Para o caráter PG, como já mencionado anteriormente, para este grupo analisado, a CEC foi um componente importante na média final de muitos híbridos. No presente caso, esta apresentou variação entre -1.437 Kg/ha e 1.985 kg/ha. A Tabela 6 apresenta as médias de produção dos dez híbridos mais produtivos do experimento, juntamente com os respectivos valores de CGC das linhagens componentes do híbrido e do valor da CEC. Os dados são úteis para ilustrar o quanto são importantes esses dois efeitos na formação de um híbrido de alto potencial. Dos valores de CGC constantes na Tabela 6, apenas um é negativo e de alta magnitude. Já com relação à CEC, metade dos híbridos apresentam altos valores e, em nenhum deles, aparece algum valor negativo.

Considerando-se um processo seletivo onde estes três caracteres estejam envolvidos no processo, os dados de CGC mostraram que AP e AE são facilmente preditos, porém, para PG, muitos cruzamentos teriam de ser produzidos visando identificar em campo os que resultem em altos valores de CEC; de preferência, esses cruzamentos devem envolver linhagens com CGC positiva para PG.

No conjunto do experimento, a média geral para PG foi de 8938 Kg/ha. Os híbridos comerciais utilizados como testemunha, P 3041 e C 333B, apresentaram médias de 9.879 e 10.063 Kg/ha respectivamente, sendo portanto esse valores inferiores aos 10 híbridos S_2 mais produtivos do ensaio (Tabela 6).

5 Conclusões

Observou-se que esse conjunto de linhagens selecionado foi altamente eficiente para a obtenção de híbridos de alta produtividade originados a partir de linhagens parcialmente endogâmicas.

Isto representa um ganho de 4 a 5 anos no desenvolvimento de um novo híbrido quando comparado à obtenção de híbridos duplos ou triplos originados de linhagens totalmente endogâmicas.

O estudo confirmou mais uma vez, juntamente com os dados apresentados por Araújo (2000), que o método CDPCI é eficiente na seleção de linhagens em esquema interpopulacional.

Tabela 1. Capacidades Gerais de Combinação para PG (Rendimento), AP (Altura de Planta) e AE (Altura de Espiga) – Safra 1997/1998.

| Códigos Machos | PG ⁽¹⁾ Kg/ha. | AP cm | AE | Códigos Fêmeas | PG ⁽¹⁾ Kg/ha. | AP cm | AE |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|------------------------------------|-----------------|-----------|
| 1/57 | 645,8 | 1,2 | -3,0 | 2/107 | 385,1 | 4,1 | 4,2 |
| 2/81 | 608,7 | -4,5 | 0,5 | 3/115 | 374,5 | 5,4 | 0,01 |
| 3/2 | 260,8 | 5,5 | 1,5 | 4/116 | 218,2 | 3,7 | -2,4 |
| 4/30 | 337,8 | -4,9 | -5,5 | 5/117 | 882,9 | 11,6 | 6,9 |
| 5/34 | 565,3 | -3,0 | -9,2 | 6/123 | 485,5 | -7,4 | -0,5 |
| 6/38 | 290,7 | 2,1 | -4,6 | 8/147 | 330,9 | -5,7 | -1,5 |
| 12/74 | 654,6 | 11,5 | 3,4 | 10/161 | 617,0 | 0,0 | -2,4 |
| 13/82 | 350,3 | -1,0 | 0,5 | 11/162 | 374,0 | 5,3 | 0,5 |
| 14/90 | 396,3 | 1,8 | 5,0 | 12/174 | 338,8 | -4,9 | -1,1 |
| 15/3 | 441,1 | -0,2 | 0,2 | 13/176 | 531,0 | 5,5 | 5,9 |
| 16/15 | 252,0 | 1,8 | 0,7 | 14/185 | 251,1 | -5,6 | -1,3 |
| 23/36 | 339,5 | 2,7 | 2,4 | 15/186 | 366,4 | -1,2 | -1,7 |
| | | | | 17/188 | 461,2 | 0,3 | -0,9 |

⁽¹⁾ Peso de Grãos corrigido a 14,5% de umidade.

Tabela 2. Quadrados médios obtidos pela análise de variância conjunta nas localidades de Londrina e Ponta Grossa – 2001/2002.

| FV | PG | AP | AE |
|----------------------|-------------|-----------|-----------|
| Locais | 61006342 ** | 271241 ** | 100197 ** |
| Tratamentos | 8197971 ** | 475 ** | 406 ** |
| Locais x Tratamentos | 1808648 ** | 123 ns | 120 * |
| Erro | 1135241 | 108 | 90 |

** significativo a 1% pelo teste F
ns – não significativo pelo teste F

Tabela 3. Quadrados Médios para capacidade de combinação e médias gerais obtidas para PG, AP e AE – Safra 2001/2002.

| Fontes de Variação | PG ⁽¹⁾ | | AP | | AE | |
|---------------------|-------------------|----|---------|----|--------|----|
| | kg/ha | | cm | | | |
| Cruzamentos | 2098393.56 | ** | 205.05 | ** | 123.21 | ** |
| CGC grupo I | 4301762.44 | ** | 1204.43 | ** | 593.70 | ** |
| CGC grupo II | 7545545.73 | ** | 476.10 | ** | 404.82 | ** |
| CEC I x II | 1419583.84 | ** | 97.09 | ns | 58.40 | ns |
| Erro | 1135241.00 | | 112.00 | | 63.75 | |
| Médias | 8938,52 | | 248,72 | | 125,71 | |
| DP | 60,32 | | 0,60 | | 0,45 | |

⁽¹⁾ Peso de Grãos corrigido a 14,5% de umidade

* significativo a 1% pelo teste F (P < 0,01)

Tabela 4. Capacidades Gerais de Combinação para os caracteres PG AP e AE – Safra 2001/2002.

| Códigos | PG | AP | AE | Códigos | PG | AP | AE |
|---------|--------|-------|------|---------|---------|------|------|
| Machos | Kg/ha. | cm | | Fêmeas | Kg/ha. | Cm | |
| 1/57 | -140,9 | 0,0 | 0,8 | 2/107 | -242,8 | 4,5 | 6,8 |
| 2/81 | -770,1 | -12,2 | -8,2 | 3/115 | -73,0 | 2,4 | 1,1 |
| 3/2 | 435,0 | 8,0 | 3,7 | 4/116 | 302,6 | 6,0 | 2,3 |
| 4/30 | 57,8 | 3,4 | 2,1 | 5/117 | 490,8 | 1,2 | 0,2 |
| 5/34 | -5,0 | -2,6 | -4,0 | 6/123 | -249,5 | -3,0 | 1,0 |
| 6/38 | -294,5 | -3,0 | -3,3 | 8/147 | 178,1 | -5,0 | -2,2 |
| 12/74 | 483,3 | 13,4 | 5,6 | 10/161 | -1088,5 | -5,5 | -9,3 |
| 13/82 | -606,4 | -7,4 | -5,8 | 11/162 | -748,6 | -2,1 | -4,2 |
| 14/90 | -40,3 | -3,8 | -3,3 | 12/174 | -610,5 | -7,1 | -1,8 |
| 15/3 | 90,0 | -0,5 | 1,8 | 13/176 | 257,8 | 5,8 | 4,2 |
| 16/15 | 439,2 | 4,6 | 6,1 | 14/185 | 751,2 | 3,5 | 4,0 |
| 23/36 | 351,9 | 0,3 | 4,7 | 15/186 | 528,0 | 1,8 | -0,5 |
| | | | | 17/188 | 504,5 | -2,6 | -1,7 |

Tabela 5. Correlações entre os caracteres avaliados nas duas safras em estudo – 97/98 e 2001/2002.

| Variáveis por anos | Machos | Fêmeas |
|-------------------------|------------|------------|
| PG 97/98 x PG 2001/2002 | -0,2328 ns | -0,0775 ns |
| AP 97/98 x AP 2001/2002 | 0,7343 ** | 0,4981 * |
| AE 97/98 x AE 2001/2005 | 0,2525 * | 0,4609 * |

**,* : Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t
Ns: não significativo pelo teste t

Tabela 6. Rendimento de Grãos e Efeitos de C.G.C. e C.E.C. envolvidos na composição dos 10 Híbridos mais Produtivos – Safra 2001/2002.

| Obs | Códigos | | PG ⁽¹⁾ | C.G.C. | C.G.C. | C.E.C. |
|-----|---------|----------|-------------------|--------|--------|--------|
| | Macho | Fêmea | kg/hectare | Macho | Fêmea | |
| 1 | 23/36 | x 5/117 | 11.767 | 351,9 | 490,8 | 1985,8 |
| 2 | 23/82 | x 14/185 | 10.885 | -606,4 | 751,2 | 1801,7 |
| 3 | 14/90 | x 4/116 | 10.581 | -40,3 | 302,6 | 1380,2 |
| 4 | 12/74 | x 8/147 | 10.450 | 483,3 | 178,1 | 850,1 |
| 5 | 23/36 | x 17/188 | 10.439 | 351,9 | 504,5 | 644,1 |
| 6 | 12/74 | x 17/188 | 10.407 | 483,3 | 504,5 | 480,7 |
| 7 | 12/74 | x 14/185 | 10.321 | 483,3 | 751,2 | 147,9 |
| 8 | 3/2 | x 6/123 | 10.276 | 435,0 | -249,5 | 1152,0 |
| 9 | 12/74 | x 15/186 | 10.274 | 483,3 | 528,0 | 324,2 |
| 10 | 3/2 | x 15/186 | 10.261 | 435,0 | 528,0 | 359,5 |

⁽¹⁾ Peso de Grãos corrigido a 14,5% de umidade

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da Fundação Araucária.

Referências

ARAÚJO, P. M. *Dialelo Parcial Circulante Interpopulacional e cruzamento "Top-Cross" na avaliação de linhagens parcialmente endogâmicas de milho (Zea mays L.)*. 2000. 170f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, Piracicaba.

BORRERO, J. C.; PANDEY, S.; CEBALLOS, H. Performance and stability of tropical maize hybrids developed from lines with different levels of inbreeding. *Maydica*, Bergamo, v. 37, p. 251-8, 1992.

CARLONE, M. R.; RUSSEL, W. A. Evaluation of S₂ maize lines reproduced for several generations by random mating within lines: I. Comparisons between

the original and maintained S₂ lines. *Crop Science*, Madison, v. 28, n. 6, p. 916-20, Nov./Dec. 1988.

CARLONE, M. R.; RUSSEL, W. A. Evaluation of S₂ maize lines reproduced for several generations by random mating within lines: II. Comparisons of testcross performance of original and advanced S₂ and S₈ lines. *Crop Science*, Madison, v. 29, n. 4, p. 899-904, Jul./ Aug. 1989.

GARDNER, C. O., EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, Washington, v. 22, p. 439-52, 1966.

KEMPTHORNE, O., CURNOW, R. N. The partial diallel cross. *Biometrics*, Washington, v. 17, p. 229-50, 1961.

GRIFFING, B. A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v. 9, n. 4, p. 463-93, 1956.

LOEFFEL, F. A. S₁ crosses compared with crosses of

- homozygous lines. In: HECKENDORN, W.; SUTHERLAND, J. I. (Ed.). Chicago, 1964, *Proceedings of the 19th Corn and Sorghum Industry Research Conference, Chicago, 1964*. Washington: American Seed Trade Association, 1964. p. 95-104.
- LOEFFEL, F. A. Development and utilization of vigorous parental lines. In: SUTHERLAND, J. I.; FALASCA, R. J. (Ed.). *Proceedings of the 26th Corn and Sorghum Industry Research Conference, Chicago, 1971*. Washington: American Seed Trade Association, 1971. p. 209-17.
- MIRANDA FILHO, J. B.; CHAVES, L. J. Analysis of diallel cross with F_2 generations. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 19, p. 127-32, 1996.
- MIRANDA FILHO, J. B.; VENCOVSKY, R. The partial circulant diallel cross at the interpopulation level. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 22, n. 2, p. 249-55, Jun. 1999.
- MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS G. P. Milho Híbrido In: PARTENIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v 1, p. 275-340.
- SOUZA JUNIOR, C. L. *Variâncias genéticas interpopulacionais e suas relações com a obtenção e seleção de híbridos*. 1998. 140f. Tese (Livre Docência) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP, Piracicaba, 1998.
- STANGLAND, G. R.; RUSSEL, W. A. Variability within single cross of S_2 and S_8 inbred lines of maize. *Maydica*, Bergamo, v. 26, n. 4, p. 227-38, 1981.
- VASAL, S.K. Approaches and methodology in the development of QPM hybrids. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., 1984, Maceió. *Anais*. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 419-30.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. *Genética Biométrica no Fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- WELHAUSEN, E. J. Modern corn breeding and production in Mexico. *Phytopatology*, Saint Paul, v. 44, n. 8, p. 391-5, Aug. 1954.

