

Capacidade Combinatória de Linhagens de Milho Visando Altos Teores de Ferro e Zinco

Tânia C.O. Gondim¹, Glauco V. Miranda², Paulo E.O. Guimarães³, Valéria A.V. Queiroz³, Robert E. Schaffert³, Estefânia O. Guedes⁴ Milton J. Cardoso⁵ Lígia P. Costa⁶ e Marcus R. Sena⁷

¹Pós-doutoranda, UFV, bolsista CNPq, CEP 36570-000, tgondim@yahoo.com ²Professor UFV, glaucovmiranda@ufv.br. ³Pesquisadores Embrapa, CNPMS, evaristo@cnpms.embrapa.br, valeria@cnpms.embrapa.br e shaffer@cnpms.embrapa.br ⁴Acadêmica, UNIFENAS, bolsista CNPq/PBIC, estefania.guedes@yahoo.com.br ⁵Pesquisador Embrapa Meio Norte, miltoncardoso@cpamn.embrapa.br, ⁶Bióloga, ligia_cm@yahoo.com.br ⁷Doutorando, UFLA, mreissena@yahoo.com.br.

Palavras-chave: *Zea mays*, biofortificação, qualidade nutricional

A segurança alimentar é uma das principais preocupações globais. Cerca de três bilhões de pessoas sofrem de insidiosos efeitos de deficiências por micronutrientes, particularmente iodo, ferro, zinco e vitamina A. A anemia carencial ferropriva - por escassez de ferro - está associada à mortalidade de bebês, sendo considerada a deficiência nutricional mais comum em todo o mundo e afeta quatro vezes mais os países em desenvolvimento. A deficiência moderada de zinco tem sido cada vez mais detectada, principalmente nos países em desenvolvimento.

O desenvolvimento de alimentos biofortificados, que sejam também baratos e fáceis de serem produzidos, processados e consumidos, se constitui em uma das contribuições que a pesquisa agropecuária tem a oferecer para a atenuação do problema da desnutrição (Guimarães et al., 2005).

Na cultura do milho, o uso da análise de cruzamento dialélico tem sido a melhor e mais completa informação sobre o comportamento das linhagens em combinações híbridas, por permitir a estimação de diferentes componentes da variância genotípica e a verificação da ação gênica predominante em um grupo de genótipos, proporcionando informações sobre o controle genético das características avaliadas, auxiliando o melhorista na escolha da melhor estratégia de melhoramento (Cruz e Regazzi, 1997). Assim, esse trabalho objetivou avaliar a capacidade combinatória de linhagens de milho, visando altos teores de ferro e zinco.

As linhagens de milho foram fornecidas pela Embrapa Milho e Sorgo. Quatro linhagens de milho com qualidade protéica melhorada (QPM), do grupo heterótico dentado, foram cruzadas com oito linhagens QPM do grupo heterótico duro. As 12 linhagens parentais desse dialelo foram previamente selecionadas por apresentarem os maiores teores de Fe e/ou Zn em um grupo de 188 linhagens QPM.

As 32 combinações híbridas desse dialelo parcial foram avaliadas em delineamento blocos ao acaso em dois ambientes do Meio-Norte brasileiro. Local 1, município de Teresina, PI e Local 2, município de Mata Roma, MA. Os experimentos foram instalados no dia 08.03.2007 no Local 1 e 07.02.2007 no Local 2.

Em Mata Roma e Teresina foram avaliadas características de interesse agrônomo e concentrações de zinco e ferro nos grãos. Amostras de grãos foram coletadas de cada parcela, secas à 65 °C, moídas em moinho de aço inoxidável e digeridas com mistura de ácido nítrico e ácido perclórico. A leitura dos minerais zinco e ferro foi feita por absorção atômica. A análise das capacidades geral e específica de combinação foi realizada pelo programa Genes (Cruz, 2003), considerando o modelo fixo proposto por Griffing (1956).

Considerando Mata Roma, os efeitos de cruzamentos, CGC do Grupo Duro, CGC do grupo dentado foram significativos para concentrações de zinco e produtividade de grãos. Efeitos de CEC para zinco, bem como todos os efeitos para ferro não foram significativos. Nas próximas tabelas, para fins de informação, serão apresentados todos os resultados obtidos, porém, serão discutidos somente os que apresentaram efeitos significativos.

Na Tabela 1, são apresentadas as estimativas dos efeitos da capacidade combinatória de linhagens do grupo heterótico dentado. As linhagens D1 e D4 apresentaram, na ordem, os maiores valores positivos de CGC para concentração de zinco, enquanto D1 e D3, na ordem, os maiores valores positivos para produtividade. A linhagem D1 apresentou o conjunto mais favorável de valores de CGC, indicando que deve ser selecionada pelo melhor desempenho em cruzamentos.

Na Tabela 2, são apresentadas as estimativas dos efeitos da capacidade combinatória de linhagens do grupo heterótico duro. As linhagens F4 e F3 apresentaram, na ordem, os maiores valores positivos de CGC para concentração de zinco, enquanto F6, F7 e F4, na ordem, os maiores valores positivos para produtividade. As linhagens F4 e F6, na ordem, apresentaram os conjuntos mais favoráveis de valores de CGC, indicando que devem ser selecionadas pelo melhor desempenho em cruzamentos.

Na Tabela 3, são apresentadas as estimativas da capacidade específica de combinação para as características avaliadas. D4 x F7, D1 x F6, D3 x F3 e D3 x F8 foram os cruzamentos que apresentaram os maiores valores positivos da CEC para produtividade, enquanto, D3 x F6, D3 x F7, D4 x F4 e D2 x F5, os mais negativos.

Na Tabela 4, são apresentadas as estimativas dos efeitos da capacidade combinatória para produtividade de linhagens dos grupos heteróticos dentado e duro em Teresina-PI. As linhagens D4, D2 e D3, do grupo dentado, apresentaram, na ordem, os maiores valores positivos de CGC para esta característica, enquanto F5 apresentou valor de CGC muito maior que as demais do grupo duro. Esta mesma linhagem, no ambiente de Mata Roma, apresentou valor negativo para CGC.

Na Tabela 5, são apresentados os valores médios obtidos para as três características avaliadas. Os cruzamentos D1 x F3, D1 x F6, D1 x F8, D4 x F4 e D2 x F4 apresentaram as maiores concentrações de zinco, com destaque para D1 x F6 e D2 x F4, devido também serem classificados no grupo dos mais produtivos.

Concluiu-se que a concentração de zinco e produtividade de grãos apresentaram variabilidade genética significativa para capacidade combinatória das linhagens avaliadas. A concentração de ferro nos grãos não apresentou variabilidade genética significativa para capacidade combinatória das linhagens avaliadas. As linhagens D1, do grupo dentado, e F4 e F6, do grupo heterótico duro, foram selecionadas pela melhor capacidade combinatória, tanto para concentração de zinco quanto para produtividade de grãos. Os cruzamentos D1 x F3, D1 x F6, D1 x F8, D4 x F4 e D2 x F4 apresentaram as maiores concentrações de zinco. Os cruzamentos D1 x F6 e D2 x F4 foram selecionados por apresentarem maiores concentração de zinco e

produtividade de grãos. É possível desenvolver linhagens e híbridos que apresentem qualidade nutricional (concentração de zinco) e produtividades superiores.

Tabela 1 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (G), para concentrações de zinco e ferro nos grãos e produtividade de grãos, em linhagens do grupo heterótico dentado. Mata Roma - Ma.

| <i>Linhagem</i> | <i>Zinco</i> (mg/kg) | <i>Ferro</i> (mg/kg) | <i>Produtividade</i> (kg/há) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| D1 | 2,4 | 0,6 | 106 |
| D2 | 0,1 | -0,1 | 7 |
| D3 | -3,9 | -1,3 | 56 |
| D4 | 1,4 | 0,7 | -169 |
| DP(Gi) | 0,63 | 0,84 | 51,0 |
| DP(Gi-Gj) | 1,02 | 1,38 | 83,2 |

Tabela 2 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (G), para concentrações de zinco e ferro nos grãos e produtividade de grãos, em linhagens do grupo heterótico duro. Mata Roma - Ma.

| <i>Linhagem</i> | <i>Zinco</i> (mg/kg) | <i>Ferro</i> (mg/kg) | <i>Produtividade</i> (kg/ha) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| F1 | 0,3 | 0,3 | -82 |
| F2 | -2,0 | -0,8 | -49 |
| F3 | 2,1 | 1,2 | -285 |
| F4 | 2,4 | -1,2 | 164 |
| F5 | 0,0 | 1,3 | -192 |
| F6 | 0,8 | 2,7 | 245 |
| F7 | -3,2 | -3,0 | 173 |
| F8 | -0,4 | -0,4 | 25 |
| DP(Gi) | 0,96 | 1,29 | 77,8 |
| DP(Gi-Gj) | 1,45 | 1,95 | 117,7 |

Tabela 3 – Estimativas da capacidade específica de combinação para concentrações de zinco e ferro nos grãos e produtividade de grãos, classificadas, em ordem decrescente, por produtividade. Mata Roma - Ma.

| <i>Cruzamento</i> | <i>Zinco</i> (mg/kg) | <i>Ferro</i> (mg/kg) | <i>Produtividade</i> (kg/ha) |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| D4 x F7 | 0,6 | 0,4 | 520 |
| D1 x F6 | 1,8 | 2,4 | 507 |
| D3 x F3 | -0,8 | 1,6 | 499 |
| D3 x F8 | -0,5 | -1,0 | 456 |
| D2 x F7 | -0,2 | -0,3 | 322 |
| D2 x F6 | -2,4 | -2,8 | 256 |
| D3 x F5 | 2,7 | -4,7 | 255 |
| D1 x F5 | -2,3 | 2,4 | 252 |
| D1 x F4 | -1,9 | -0,7 | 186 |
| D4 x F2 | 2,2 | -1,2 | 146 |

| | | | |
|-------------|------|------|-------|
| D3 x F4 | -0,5 | 2,6 | 135 |
| D2 x F1 | 1,8 | 1,3 | 96 |
| D2 x F4 | 1,1 | 0,0 | 60 |
| D2 x F2 | -1,0 | 1,6 | 45 |
| D4 x F3 | -1,9 | 1,8 | 43 |
| D3 x F1 | -1,2 | -0,3 | 35 |
| D4 x F8 | -1,6 | -2,3 | 19 |
| D1 x F2 | -0,3 | -1,2 | 17 |
| D4 x F1 | 1,2 | -0,9 | 8 |
| D1 x F1 | -1,9 | -0,1 | -138 |
| D4 x F6 | -0,6 | 0,3 | -161 |
| D2 x F8 | -0,9 | 2,7 | -191 |
| D4 x F5 | -1,2 | 3,8 | -194 |
| D3 x F2 | -0,9 | 0,8 | -208 |
| D1 x F3 | 1,9 | -2,4 | -268 |
| D1 x F7 | -0,4 | -1,0 | -273 |
| D2 x F3 | 0,8 | -1,0 | -274 |
| D1 x F8 | 3,0 | 0,6 | -284 |
| D2 x F5 | 0,8 | -1,4 | -314 |
| D4 x F4 | 1,2 | -1,8 | -382 |
| D3 x F7 | -0,1 | 0,9 | -570 |
| D3 x F6 | 1,2 | 0,1 | -602 |
| DP(Sij) | 1,66 | 2,23 | 134,8 |
| DP(Sij-Sik) | 2,51 | 3,37 | 203,8 |
| DP(Sij-Skj) | 2,71 | 3,64 | 220,2 |
| DP(Sij-Skl) | 2,29 | 3,08 | 186,1 |

Tabela 4 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (G), para concentrações de zinco e ferro nos grãos e produtividade de grãos, em linhagens do grupos heterótico dentado e duro. Teresina - PI.

| <i>Linhagem grupo dentado</i> | <i>Produtividade (kg/ha)</i> | <i>Linhagem grupo duro</i> | <i>Produtividade (kg/ha)</i> |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| D1 | -308 | F1 | -152 |
| D2 | 93 | F2 | -260 |
| D3 | 70 | F3 | -152 |
| D4 | 145 | F4 | 17 |
| | | F5 | 705 |
| | | F6 | 81 |
| | | F7 | -11 |
| | | F8 | -227 |
| DP(Gi) | 65.8 | DP(Gi) | 100.5 |
| DP(Gi-Gj) | 107.4 | DP(Gi-Gj) | 151.9 |

Tabela 5 – Valores médios obtidos para concentrações de zinco e ferro nos grãos, em Mata Roma, e produtividade de grãos, em Mata Roma e Teresina, classificadas, em ordem decrescente, por concentração de zinco.

| Cruzamento | Zinco (mg/kg) | Ferro (mg/kg) | Produtividade (kg/ha) |
|-------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| D1 x F3 | 34,3 | 18,2 | 1601 |
| D1 x F6 | 32,9 | 24,5 | 2517 |
| D1 x F8 | 32,9 | 19,6 | 1433 |
| D4 x F4 | 32,9 | 16,5 | 2023 |
| D2 x F4 | 31,5 | 17,5 | 2319 |
| D1 x F4 | 30,8 | 17,5 | 2114 |
| D2 x F3 | 30,8 | 18,9 | 1785 |
| D4 x F1 | 30,8 | 18,9 | 1913 |
| D2 x F1 | 30,1 | 20,3 | 2042 |
| D4 x F2 | 29,4 | 17,5 | 2025 |
| D4 x F3 | 29,4 | 22,4 | 1943 |
| D4 x F6 | 29,4 | 22,4 | 2224 |
| D1 x F1 | 28,7 | 19,6 | 1896 |
| D2 x F5 | 28,7 | 18,6 | 2208 |
| D1 x F2 | 28,0 | 17,5 | 2015 |
| D1 x F5 | 28,0 | 23,1 | 2550 |
| D4 x F5 | 28,0 | 24,5 | 2222 |
| D4 x F8 | 27,3 | 16,8 | 2155 |
| D1 x F7 | 26,7 | 15,5 | 1994 |
| D2 x F8 | 26,7 | 21,1 | 2170 |
| D3 x F5 | 26,7 | 14,1 | 2510 |
| D4 x F7 | 26,7 | 16,9 | 2333 |
| D2 x F6 | 26,3 | 18,6 | 2485 |
| D3 x F4 | 25,9 | 18,9 | 2371 |
| D3 x F6 | 25,9 | 20,3 | 1893 |
| D3 x F3 | 25,2 | 20,3 | 2263 |
| D2 x F2 | 24,9 | 19,6 | 1805 |
| D2 x F7 | 24,5 | 15,4 | 2520 |
| D3 x F1 | 23,1 | 17,5 | 2146 |
| D3 x F8 | 23,1 | 16,1 | 2305 |
| D3 x F2 | 21,0 | 17,5 | 2003 |
| D3 x F7 | 20,7 | 15,4 | 1943 |
| Média | 27,8 | 18,8 | 2116 |
| DMS - Tuckey (5%) | 12,02 | 16,16 | 762 |

Literatura citada

- CRUZ, CD. Programa genes – versão windows. Editora UFV. Viçosa,, 2001. Versão 2003, 642 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ED., VIÇOSA-MG: UFV, 1997. 390 P
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.*, 9:463-93, 1956.
- GUIMARÃES, P.E.O.; RIBEIRO, P.E.A.; PAES, M.C.D.; SCHAFFERT, R.E.; ALVES, V.M.C.; COELHO, A. M.; NUTTI, M.; VIANA, J.L.C.; NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Caracterização de linhagens de milho quanto aos teores de minerais nos grãos**. Sete Lagoas:EMBRAPA/CNMS. 2005. 4p. (Circular Técnica, 64).