

Capacidade de Combinação de Linhagens Derivadas da População CMS 28 Contrastantes na Eficiência de Uso de Nitrogênio e Comportamento Produtivo dos Híbridos

LAURO J. M. GUIMARÃES¹, IVANILDO E. MARRIEL², SIDNEY N. PARENTONI², CLAUDIA T. GUIMARÃES², CLESO A. P. PACHECO², ELTO E. G. GAMA² e GLAUCO V. MIRANDA¹

¹UFV/DFT, Departamento de Fitotecnia, 36570-000, Viçosa-MG; ²Embrapa Milho e Sorgo, 35700-000, Sete Lagoas-MG; e-mail: imarriel@cnpms.embrapa.br

Palavras-chave: *Zea mays*, NUE, adaptabilidade e estabilidade, capacidade de combinação.

Revisão de Literatura

O elemento mais exigido pela a cultura de milho é o nitrogênio (Coelho e França,), e levando-se em consideração sua baixa disponibilidade na maioria dos solos brasileiros, os altos custos nas fórmulas de adubos e o risco de contaminações ambientais pelo excesso de uso de N em na agricultura mais tecnificada, uma forma de se obter melhores retornos econômicos, com maior sustentabilidade ambiental é o desenvolvimento de cultivares adaptados a condições de baixa disponibilidade de N e que respondam bem à adubação.

A maioria dos programas de melhoramento de milho fazem seleção em ambientes ótimos, visando desenvolver cultivares para média a alta tecnologia de cultivo. Entretanto, genótipos selecionado em condições ótimas não se mostram adaptados às condições de estresses abióticos (Sperling et al., 1993; Ceccarelli, 1996), pois diferentes genes são expressos em ambientes contrastantes e a atividade de alguns genes é dependente do ambiente (Ceccarelli, 1989). Desta forma, o desenvolvimento de cultivares eficientes e responsivos ao N precisa ser direcionado, de modo que todo e qualquer esforço na identificação de genótipos mais adaptados a condições de baixo N representa melhoria de vida para milhares de agricultores que sobrevivem em condições adversas. Cultivares de milho eficientes no uso de N são capazes de produzir bem em ambientes com baixo N e genótipos responsivos são capazes de recuperar melhor o N de adubações, sendo eficientes na absorção e translocação acarretando em maior produtividade de grãos (Cantarella e Duarte, 2004).

A seleção de genitores para eficiência e resposta ao N deve levar em consideração seus comportamentos em ambientes contrastantes e suas capacidades de transmitir características que confirmam maior desempenho produtivo às suas progênies. Desta foram, a análise de cruzamentos dialélicos proporcionam estimativas da frequência de alelos favoráveis expressos em cada ambiente e da complementação gênica expressa nos híbridos, dando idéia de heterose, além de estimativas dos maternos, quando os híbridois recíprocos são analisados.

Este trabalho foi realizado com objetivo de se investigar o comportamento de linhagens, derivadas da população CMS-28, contrastantes no uso de N, quanto aos efeitos genéticos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), bem como os efeitos maternos, para estudo da herança da eficiência e resposta ao N por genótipos de milho. As estimativas de CGC estão relacionadas aos efeitos gênicos aditivos, que são a fração herdável da variância genotípica, e as estimativas de CEC são relacionadas com os efeitos gênicos não aditivos, ou seja, efeitos de dominância e epistasia.

Material e Métodos

Para este estudo, seis linhagens, em S_6 , previamente testadas quanto à eficiência de uso de nitrogênio, derivadas da população CMS-28 foram cruzadas num esquema dialélico, segundo o modelo 3 de Griffing (1956), para produção dos 15 híbridos e os 15 recíprocos. As linhagens L1, L2 e L3 são eficientes no uso de N, enquanto as linhagens L4, L5 e L6 são ineficientes, sendo que estas linhagens apresentaram comportamentos de adaptabilidade e estabilidade, em dois anos e dois níveis de N, condizentes com a classificação prévia.

Os 30 híbridos (F_{1s} e recíprocos) foram avaliados em ambientes com alta e baixa adubação nitrogenada (12 e 120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, respectivamente) em três anos agrícolas (2003/04, 2004/05 e 2005/06), em experimentos em blocos casualizados com três repetições. A unidade experimental foi constituída por uma linha de 5 metros de comprimento, com plantio de 5 sementes por metro e espaçamento de 0,8 m entre linhas.

Os experimentos foram instalados em áreas pertencentes à Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas MG, em época apropriada para o cultivo de milho na região. Os experimentos dos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05 foram conduzidos em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico – fase Cerrado, e receberam 250 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da fórmula 05-20-20 no plantio. Os ensaios conduzidos no ano agrícola de 2005/06 foram alocados em solo de melhor fertilidade natural, e recebeu 300 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da fórmula 04-30-16 na adubação de plantio.

Foram realizadas as análises de variâncias individuais e conjuntas para a característica produtividade de grãos por ha (PG/ha), a 13% de umidade nos grãos, no modelo em blocos ao acaso e no modelo dialélico, considerando genótipos, anos e níveis de nitrogênio como fatores fixos. As análises estatísticas foram feitas utilizando-se do Programa Genes (Cruz, 2005).

Resultados e Discussões

Nos experimentos preliminares de avaliação dos híbridos dialélicos houve significância para a característica PG/ha ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, em qualquer ano e nível de nitrogênio aplicado, indicando que existe variabilidade para produção de grãos entre os híbridos sintetizados pelos cruzamentos entre linhagens eficientes e ineficientes no uso de N, mesmo sendo os parentais de base genética estreita (derivados da mesma população - CMS 28). Além disso, a análise de variância conjunta demonstrou a existência de variabilidade para este conjunto de híbridos e de diferenças entre os anos e níveis de N a 1% de probabilidade pelo teste F.

As interações entre genótipos e anos e entre genótipos e níveis de nitrogênio foram significativas, havendo mudanças na classificação relativa dos híbridos, entre anos e entre níveis N ($p < 0,01$ para $G \times A$ e $p < 0,05$ para $G \times N$). Além disso, a produtividade em ensaios com alto ou baixo N apresentou dependência do ano de avaliação, como verificado pela significância da interação $N \times A$ ($p < 0,05$). A interação tripla ($G \times A \times N$) mostrou-se não significativa a 5% de probabilidade. A maior parte da variação causada pela interação entre genótipos e ambientes foi devida à interação $G \times A$ (61,46%), sendo que a interação $G \times N$ representou 17,46% e a interação $G \times A \times N$ acumulou 21,08% da variação $G \times \text{Amb}$ total.

Nas análises dialélicas individuais os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC), relativos aos efeitos aditivos (ou à frequência de alelos favoráveis nos locos gênicos importantes para a produtividade de grãos), foram significativos a 1% de probabilidade em todos os ambientes. Quanto às capacidades específicas de combinação (CEC), que são referentes aos efeitos gênicos não aditivos (dominância e epistasia – ou efeitos de

complementação intra e inter-gênica), houve significância a 1% de probabilidade para os ambientes de alto N em 2003/04 e alto N em 2005/06, e a 5% para os ambientes de alto N em 2004/05 e baixo N em 2005/06, enquanto que, para os ambientes de baixo N em 2003/04 e baixo N em 2004/05 os efeitos de CEC foram não significativos a 5% de probabilidade.

Na análise dialélica conjunta verifica-se que tanto os efeitos de tratamentos quanto de CGC, CEC e Recíprocos, foram significativos a 1% de probabilidade (Tabela 1), demonstrando que os efeitos genéticos aditivos e não-aditivos são importantes, e, além disso, na média dos ambientes, a escolha adequada do parental feminino é de grande importância.

Tabela 1 - Análise de variância conjunta para PG/ha 13%U (kg.ha⁻¹), no modelo dialélico 3 de GHriffing

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	29	112984704,00	3896024,25	7,25**
CGC	5	79464960,00	15892992,00	12,92**
CEC	15	20492191,13	1366146,08	4,15**
ER	15	13027552,88	868503,53	2,91**
Ambientes	5	1606005760,68	321201152,14	
Trat x Amb	145	77836152,30	536801,05	1,76**
CGC x AMB	25	30737974,50	1229518,98	4,02**
CEC x AMB	75	24702626,18	329368,35	1,08 ^{ns}
ER x AMB	75	22395551,63	298607,36	0,98 ^{ns}
Resíduo	348	106365415,80	305647,75	
Média		3017,23		

** , * : significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; e ^{ns}: não significativo a 5%.

Os efeitos de capacidade geral de combinação, em cada ambiente e na média dos ambientes, são mostrados na Tabela 2. As linhagens L2 e L3 se destacaram nos ambientes individuais e na média dos ambientes, apesar de haver significância para a interação CGC x Amb, estas linhagens mostraram, em todos os casos, estimativas de CGC sempre positivas e de altas magnitudes. As linhagens L1 e L4 também apresentaram estimativas de CGC positivas na média dos ambientes, mas de baixas magnitudes.

Os efeitos de CEC foram maiores para os cruzamentos entre as linhagens L3 e L5 e para L2 e L3 (Tabela 2), sendo que os efeitos recíprocos para estes cruzamentos foram também de altas magnitudes, na média dos ambientes, sugerindo que o parental L3 deveria ser usado como genitor feminino no primeiro cruzamento (L2 x L3) e como masculino na segunda combinação híbrida (L3 x L5), pois em ambos os casos as estimativas de efeitos recíprocos foram negativas. Apesar de haver mudanças de magnitudes e sinais para os efeitos de CEC e recíprocos entre os ambientes, as interações entre estes fatores e ambientes mostraram-se não significativas, sendo, portanto, uma boa estratégia a análise destes fatores na média dos ambientes, mostrando que as tendências de herança destes efeitos genéticos são pouco influenciadas pelo ambiente, neste grupo de linhagens.

Segundo Cruz e Regazi (2004) o cruzamento mais promissor é aquele que a combinação híbrida apresenta estimativa alta e positiva para CEC e com pelo menos um genitor com estimativa alta e positiva para CGC. Neste experimento, o cruzamento mais promissor foi aquele entre L5 (feminino) e L3 (masculino) garantindo assim, além de alta complementação gênica (expressão como heterose) também alta frequência de alelos

favoráveis, herdados de ambos genitores, nos loci importantes para a característica produtividade de grãos.

Tabela 2 - Efeitos de CGC ; CEC e efeitos recíprocos dos cruzamentos mais promissores

Amb Gen	2003/04 baixo N	2003/04 alto N	2004/05 baixo N	2004/05 alto N	2005/06 baixo N	2005/06 alto N	Média dos ambiente
Gi	Efeitos de CGC (g _i) para as linhagens parentais						
L1	110,54	206,92	-213,46	-135,08	351,79	168,1	81,49
L2	440,67	217,29	473,04	341,92	154,54	137,96	294,24
L3	197,92	164,04	62,42	202,17	343,54	460,96	238,51
L4	-152,08	-141,83	10,67	70,79	332,04	467,46	97,84
L5	-43,83	52,79	39,42	-134,08	-316,71	-154,17	-92,76
L6	-553,21	-499,21	-372,08	-345,71	-865,21	-1080,42	-619,31
G _{ij}	Efeitos de CEC (s _{ij}) para os cruzamentos mais promissores						
L2 x L3	579,85	327,2	-39,325	300,25	418,25	291,95	313,028
L3 x L5	-185,65	525,2	277,3	412,25	319,	667,075	335,861
G _{ij}	Efeitos recíprocos para os cruzamentos mais promissores						
L2 x L3	150	-200	-240,5	-135	48	-601,5	-163,167
L3 x L5	-142	58,5	-251,5	-84	-597,5	2,5	-169

A Figura-1 mostra o comportamento produtivo entre os híbridos de linhagens eficientes x eficientes (L1, L2 e L3), bem como o desempenho dos híbridos de linhagens ineficientes x ineficientes (L4, L5 e L6) e dos híbridos derivados de cruzamentos entre estes dois grupos de linhagens (ExI).

Eficiência e Resposta - F1s e Rec - Linhagens Eficientes e Ineficientes - Ambiente Médio

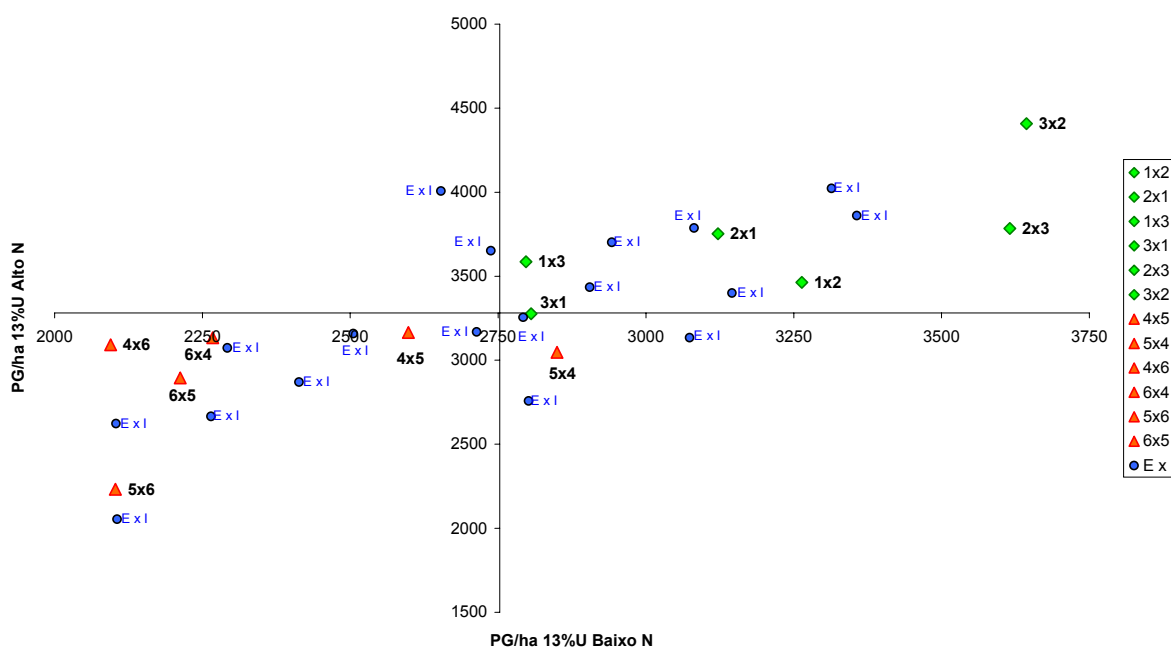


Figura 1: Comportamento quanto à eficiência de uso de nitrogênio e resposta à adubação nitrogenada. Valores médios de três anos, dois níveis de Ne de três repetições.

Observa-se, na Figura 1, que os híbridos sintetizados a partir de linhagens eficientes estão representados no quadrante superior direito do gráfico, sendo, portanto classificados como eficientes no uso de N e responsivos à adubação nitrogenada. Além disso, em geral, os híbridos derivados dos cruzamentos entre as linhagens ineficientes foram também ineficientes e não-responsivos, sendo que neste grupo, apenas o híbrido 5x4 foi considerado eficiente, mas ainda foi não-responsivo. Percebe-se que houve uma grande dispersão na representação gráfica dos híbridos sintetizados a partir dos cruzamentos entre linhagens eficientes com ineficientes, com segregação para todo tipo de comportamento (eficientes e responsivos, eficientes e não-responsivos, ineficientes e responsivos e ineficientes e não-responsivos).

Estes resultados demonstram que, para este conjunto de linhagens, a eficiência de uso de nitrogênio e a resposta à aplicação deste elemento são condicionadas por fatores genéticos, que conferem um padrão de comportamento previsível, permitindo a escolha de genitores adequados e a síntese de híbridos superiores a partir de linhagens eficientes no uso de N.

Conclusões

Os efeitos de anos foram mais pronunciados que os efeitos de doses de nitrogênio para a significância da interação entre genótipos x ambientes.

Os efeitos gênicos aditivos, bem como os efeitos gênicos não aditivos e os efeitos recíprocos foram importantes para produtividade de grãos de híbridos derivados de linhagens contrastantes no uso de N, na população CMS 28.

Os híbridos sintetizados a partir de linhagens eficientes foram, de modo geral, mais eficientes e mais responsivos que os híbridos de linhagens ineficientes no uso de N.

A eficiência de uso de N, bem como a responsividade à aplicação de N, foram herdadas de modo satisfatório, para esta população.

Literatura Citada

- Cantarella, H e Duarte, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: Galvão, J. C. C. e Miranda, G. V. (Ed.). Tecnologias de produção do milho. Editora UFV, Viçosa –MG. 2004. p. 139 – 182.
- Ceccarelli, S. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica*, v. 92, n. ½, p. 203-214, 1996.
- Ceccarelli, S. Wide adaptation: How wide? *Euphytica*, v. 40: 197 – 205 p, 1989.
- Cruz, C. D. Programa GENES: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG. UFV. Versão 2005.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J., Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Volume 1. 2ª ed Revisada. Viçosa, MG. UFV, 2001. 390 p.
- Durães, F. O. M. et al. Caracterização de genótipos para uso e eficiência de nitrogênio em milho e influencia da adubação nitrogenada sobre a incidência e severidade da mancha foliar de *Phaeosphaeria maydis*. Circular técnico n53 – Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – M.G. 8p. Dezembro de 2004.
- Griffing, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.
- Sperling, L.; LOEVINSHN, M.E.; NTABOMVURA, B. Rethinking the farmer's role in plant breeding: local bean experts and on-station selection in Rwanda. *Experimental Agriculture*, v. 29, p. 509-519, 1993.