

CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MILHO TROPICAIS SOB ESTRESSE DE BAIXO NITROGÊNIO

COMBINATION ABILITY OF TROPICAL MAIZE POPULATIONS UNDER LOW NITROGEN STRESS

Rodrigo Ribeiro FIDELIS¹; Glauco Vieira MIRANDA²; Joyce de Souza FALUBA³

1. Professor, Doutor, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil. fidelisrr@uft.edu.br;

2. Professor, Doutor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil;

3. Mestre em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: Os objetivos deste estudo foram determinar a capacidade de combinação de populações, identificar fontes de germoplasma de milho tropical e definir estratégias para o melhoramento de milho em estresse de baixo nitrogênio (N). Duas fontes de germoplasma de milho foram utilizadas sendo uma composta por populações melhoradas, e a outra, por populações crioulas em delineamento de blocos completos casualizados, com duas repetições. O ambiente de baixo N foi obtido fornecendo-se este nutriente apenas por ocasião da sementeira. Os efeitos da capacidade geral de combinação foram significativos nas características altura de plantas e de espigas nas populações melhoradas, e para altura de espigas e produção de espigas e de grãos nas populações locais. Os efeitos da capacidade específica de combinação não foram significativos em todas as características. Concluiu-se que em populações tropicais de milho sob estresse de baixo N a capacidade geral de combinação é o efeito de maior importância; é possível sintetizar novas populações a partir de germoplasma crioulo e realizar melhoramento intrapopulacional; as populações Caiano de Sobrália e Nitrodente em combinações híbridas com populações melhoradas mostraram ser fontes adequadas para aumentar a produtividade de grãos sem aumentar as alturas de plantas e espigas; as combinações híbridas obtidas entre esse grupo de populações locais e melhoradas não foram adequadas para obtenção de híbridos.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* (L.). Baixos insumos. Populações de milho. Estresse mineral.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nitrogênio (N) é o principal fator limitante da produtividade em mais de 20 % da área cultivada da terra (LAFITTE; EDMEADES, 1988). Neste contexto, a utilização de fertilizantes nitrogenados pode corrigir essa limitação, mas os altos custos desse insumo e a incerteza do retorno econômico, principalmente em regiões de clima tropical, constituem-se em fatores de alto risco para os produtores.

Uma alternativa viável para a cultura do milho é selecionar genótipos superiores na eficiência e na resposta ao N, uma vez que há variabilidade genética disponível em banco de germoplasma para tal característica (EDMEADES et al., 1996; FIDELIS, 2003), e que a herdabilidade da mesma possui valor adequado para a seleção (BÄNZINGER; LAFITTE, 1997).

O melhoramento genético de milho visa essencialmente a obtenção de uma população melhorada mediante o incremento da frequência dos genes favoráveis desejados (MACHADO; MAGNAVACA, 1991). Nos Estados Unidos da América o aumento da produtividade de grãos de milho foi obtido por meio do uso de híbridos altamente produtivos com tolerância à seca e boa qualidade de colmo (DUVICK, 1996;

CASTLEBERRY et al., 1984). A heterose, nos programas de melhoramento de milho, pode ser explorada por meio da utilização de cultivares classificadas em grupos heteróticos complementares que se caracterizam pela heterose manifestada em seus híbridos (FIDELIS, 2006).

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; REGAZZI, 1997).

Dentre os delineamentos genéticos, os dialelos têm particular importância no melhoramento de plantas e são definidos como sendo todos os cruzamentos possíveis dentro de determinado grupo de genitores (FIDELIS, 2006). O potencial do genitor no melhoramento, segundo diversos autores citados por Cruz (1983), é determinado pela capacidade geral de combinação. Segundo Gardner e Eberhart (1956), por meio de estudos utilizando cruzamentos dialélicos o melhorista de plantas busca a tomada de decisões

concernentes à seleção de genitores que mostrem características superiores nas combinações híbridas.

Os cruzamentos dialélicos têm sido utilizados por vários autores na formação de híbridos, e dentre eles, Vasal et al. (1992), Ferrão et al. (1994), Gama et al. (1995), Lemos et al. (1999) e Gama et al. (2002) desenvolveram trabalhos com híbridos de linhagens de milho de diferentes bases genéticas.

Assim, os objetivos deste trabalho consistiram-se na determinação da capacidade de combinação dessas populações, na identificação de fontes de germoplasma, e na definição de estratégias para o melhoramento de populações tropicais de milho sob condições de estresse de baixo N.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, utilizou-se duas fontes de germoplasma de milho, sendo uma composta por três populações melhoradas (UFVM 5, BR 106 e BRS Sol da Manhã) e a outra por oito populações crioulas (Carioca, Caiano de Alegre, Caiano de Sobrália, Dente de Burro, Asteca, Cravo Araponga, Pedra Dourada e Nitrodente).

As populações de milho estudadas apresentavam as seguintes características:

UFVM 5: população de polinização aberta obtida de gerações avançadas de híbridos comerciais adaptados em regiões de "Cerrado", e que possui grãos semi-dentados e amarelos.

BR 106: população de grãos dentados, amarelos, formada a partir de três cultivares brasileiros (Maya, Centralmex e Dentado Composto) e uma introdução exótica (Tuxpeño 1) (NASPOLINI et al., 1981);

BRS Sol da Manhã: população de grãos duros, alaranjados, com predomínio das raças Cateto, Eto e Duros do Caribe, e com ciclos de seleção visando maior eficiência na utilização do N (MACHADO et al., 1992);

Carioca: variedade resgatada em Laranjeiras do Sul, PR, que possui grãos semi-dentados, com coloração amarela e segregação para cinza; ciclo normal (floresce entre 70 e 80 dias após emergência) e porte médio de plantas. Destaca-se pela alta produtividade (SOARES et al., 1998);

Dente de Burro: variedade resgatada em Viçosa, MG, de grãos dentados, ciclo normal (floresce entre 70 e 80 dias após emergência) e porte de planta alto (SOARES et al., 1998);

Caiano de Sobrália: variedade resgatada em Sobrália, MG, ela possui grãos dentados e coloração amarela, ciclo precoce (floresce 60 e 70 dias após emergência) e porte baixo. Destaca-se pela alta

produtividade em locais cujo solo apresentam deficiência de fósforo (P) (SOARES et al., 1998);

Caiano de Alegre: variedade semelhante ao Caiano de Sobrália, porém coletada em Alegre, ES (SOARES et al., 1998);

Asteca: variedade resgatada em Ervália, MG, possui grãos dentados, coloração amarela, ciclo normal (floresce entre 70 e 80 dias após emergência), e porte de planta alto (SOARES et al., 1998);

Cravo Araponga: variedade resgatada em Araponga, MG, possui grãos dentados e amarelos com ciclo longo (floresce acima de 80 dias após emergência) e porte de plantas alto (SOARES et al., 1998);

Pedra Dourada: variedade resgatada em Tombos, MG, possui grãos semiduros, coloração alaranjada, ciclo precoce (floresce entre 60 e 70 dias após emergência), e porte médio (SOARES et al., 1998);

Nitrodente: população de grãos dentados, amarelos com segregação para branco, com predomínio da raça Tuxpeño, tendo sofrido ciclos de seleção visando maior eficiência na utilização de nitrogênio (MACHADO et al., 1992). Mesmo tendo sido melhorada, pelo fato de ter sido cultivada e armazenada por muitos anos sob as mesmas condições das populações crioulas, passou a ser considerada como do mesmo grupo.

No primeiro semestre de 2001, na Estação Experimental Diogo Alves de Mello, no Campus da Universidade Federal de Viçosa, mediante o emprego de cruzamentos em esquema de dialelo parcial entre os dois tipos de populações, foram obtidas vinte e quatro combinações híbridas.

Posteriormente, no ano agrícola 2001/02, na Estação Experimental pertencente à Universidade Federal de Viçosa, no Município de Coimbra, MG, procedeu-se a avaliação das 24 combinações híbridas, e de quatro cultivares testemunhas (BR 106, BRS Sol da Manhã, Caiano de Sobrália e BR 201), em ensaio sob delineamento de blocos completos casualizados, com duas repetições. Cada unidade experimental foi constituída por duas fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,9 m, com 40 plantas por parcela. O ambiente de baixo N foi obtido fornecendo-se este nutriente apenas por ocasião da semeadura no plantio, na dose de 400 kg ha⁻¹ da formulação 8-28-16 (NPK), e com a instalação do experimento em local de baixa disponibilidade do nutriente, onde as amostras de material de solo continham 30 g kg⁻¹ de matéria orgânica. Ao longo do período experimental foram utilizados os tratamentos culturais comuns à cultura do

milho (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), sendo que utilizou-se de irrigação suplementar.

As características avaliadas foram produtividade de grãos, peso da espiga, alturas de plantas e espigas. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e dialélica segundo o método 4 (somente os F1's) de Griffing (1956).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos (combinações híbridas e testemunhas) apresentaram diferenças significativas para todas as características avaliadas (Tabela 1). Observou-se produtividade de grãos acima de 5.400 kg ha⁻¹ para a combinação BR 201 (híbrido duplo), Caiano de Sobrália, Pedra Dourada x BRS Sol da Manhã, Caiano de Sobrália x BRS Sol da Manhã, Dente de Burro x UFVM 5, Carioca x BRS Sol da

Manhã e Nitrodente x BR 106, mostrando que alguns apresentaram bons desempenhos, próximos ao BR 201 (Tabela 1). As médias dos tratamentos com melhores desempenhos podem ser consideradas adequadas para situação de estresse de baixo N, pois em diferentes condições climáticas diversos autores obtiveram valores semelhantes. Gama et al. (2002) encontraram, em condições de baixo N, média geral de cultivares de milho de 3.734 kg ha⁻¹, das combinações híbridas de 4.346 kg ha⁻¹ e da testemunha de 1.477 kg ha⁻¹. Por sua vez, Fidelis (2003) obteve média geral de cultivares de milho em baixo nitrogênio de 2.510 kg ha⁻¹, enquanto que Bänziger e Lafitte (1997), em dezenove experimentos de milho conduzidos de 1986 até 1995, no México, também em ambiente de baixo N, obtiveram médias gerais de produtividade de grãos variando de 690 kg ha⁻¹ até 4.420 kg ha⁻¹, com média geral de 2.220 kg ha⁻¹.

Tabela 1. Produtividade de grãos (PG) e de espigas (PE) e alturas de planta (AP) e de espiga (AE) para as populações de milho avaliados em condições de baixo nitrogênio.

Cultivar	PG (kg ha ⁻¹)	PE (kg ha ⁻¹)	AP (cm)	AE (cm)
Carioca x UFVM 5	2.170	2.952	1,735	0,880
Caiano de Alegre x UFVM 5	1.351	1.805	1,955	1,035
Caiano de Sobrália x UFVM 5	2.539	3.525	1,695	0,880
Dente de Burro x UFVM 5	5.760	7.563	1,990	1,095
Asteca x UFVM 5	2.943	3.941	1,965	1,040
Cravo Araçonga x UFVM 5	4.390	5.769	2,000	1,110
Pedra Dourada x UFVM 5	2.499	3.469	1,790	0,950
Nitrodente x UFVM 5	3.223	4.320	1,780	0,870
Média	3.109	4.168	1,864	0,98
Carioca x BR 106	3.101	4.287	2,010	1,025
Caiano de Alegre x BR 106	2.650	3.732	2,060	1,180
Caiano de Sobrália x BR 106	5.054	6.842	2,215	1,205
Dente de Burro x BR 106	4.919	6.533	2,345	1,350
Asteca x BR 106	4.974	6.601	2,215	1,240
Cravo Araçonga x BR 106	4.933	6.632	2,165	1,310
Pedra Dourada x BR 106	4.370	6.149	2,450	1,500
Nitrodente x BR 106	5.626	7.513	1,970	1,015
Média	4.453	6.036	2,18	1,23
Carioca x BRS Sol da Manhã	5.635	7.640	2,100	1,125
Caiano de Alegre x BRS Sol da Manhã	4.106	5.749	2,140	1,170
Caiano de Sobrália x BRS Sol da Manhã	5.841	7.967	1,985	1,050
Dente de Burro x BRS Sol da Manhã	4.666	6.365	2,210	1,355
Asteca x BRS Sol da Manhã	1.316	1.851	1,815	0,930
Cravo Araçonga x BRS Sol da Manhã	3.237	4.455	2,225	1,265
Pedra Dourada x BRS Sol da Manhã	5.959	8.189	2,080	1,180
Nitrodente x BRS Sol da Manhã	4.655	6.301	2,125	1,080
Média	4.427	6.065	2,085	1,14
BR 106	3.953	5.635	1,935	1,045
BRS Sol da Manhã	4.161	5.835	1,800	0,870
BR 201	6.473	8.850	1,935	1,090
Caiano de Sobrália	6.000	8.050	2,250	1,250
CV (%)	16	15	8,6	11,2

Os tratamentos com as médias mais baixas da altura de plantas foram Caiano de Sobrália x UFVM 5, Carioca x UFVM 5, Nitrodente x UFVM 5, Pedra Dourada x UFVM 5, BRS Sol da Manhã e Asteca x BRS Sol da Manhã (Tabela 1). Por outro lado, os tratamentos com altas médias de altura de plantas, ou seja, acima de 2,20 m, foram Dente de Burro x BRS Sol da Manhã, Caiano de Sobrália x BR 106, Asteca x BR 106, Cravo Araçá x BRS Sol da Manhã, Caiano de Sobrália, Dente de Burro x BR 106 e Pedra Dourada x BR 106. Esses resultados mostraram a possibilidade de se reduzir a altura de planta das populações crioulas por meio de cruzamentos com as populações melhoradas, especialmente a UFVM 5. Outro fato a se destacar é que essas cultivares, quando semeadas em solos com alta disponibilidade de N podem atingir alturas superiores a 2,50 m, tal como foi relatado por Fidelis (2003) que encontrou médias para o Dente de Burro de 2,81 m, Sabugo Fino de 2,89 m, Asteca de 3,06 m e Maia de 3,16 m, entre outras cultivares. Lafitte e Edmeades (1995) encontraram média de altura de planta para cultivares de milho em baixa e alta disponibilidade de nitrogênio de 1,22 m e 1,61 m, respectivamente; enquanto que Gama et al. (2002) encontraram valores de 1,72 m e 1,99 m para as plantas de linhagens de milho em ambiente de baixa e alta disponibilidade de N. A redução de altura das plantas é comum em ambientes com baixo N, como relatado por Souza (2003), Godoy (2003) e Fidelis (2003). De acordo

com Taiz e Zeiger (2004), a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal, pois ele é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos.

A altura de espiga das populações apresentou correlação fenotípica de 0,92 com a altura de plantas, sendo que os tratamentos que apresentaram médias abaixo de 1,0 m foram Pedra Dourada x UFVM 5, Asteca x BRS Sol da Manhã, Caiano de Sobrália x UFVM 5, Carioca x UFVM 5, Nitrodente x UFVM 5 e BRS Sol da Manhã. Essas combinações apresentaram médias adequadas para o sistema produtivo moderno, e conseqüentemente, quando cultivadas em lavouras comerciais, e em elevadas populações de plantas, as mesmas podem exibir menores riscos de apresentarem acamamento e quebra de plantas, quando submetidos a ambientes com solos férteis, e locais com maior intensidade de ventos. Em condições de adequada disponibilidade de N, Fidelis (2003), encontrou médias para a altura de espiga para o BR 106 de 1,32 m, Dente de Burro 1,89 m, Sabugo Fino 1,76 m, Asteca 2,00 m e Maia 2,15 m; enquanto que Gama et al. (2002) encontraram valores de 1,15 m e 0,88 m para as plantas de milho em alta e baixa disponibilidade de N, respectivamente.

As combinações híbridas apresentaram variabilidade genética para todas as características avaliadas, indicando a possibilidade de ganho genético ao se realizar ciclos de seleção (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo das análises de variância e quadrados médios da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação em relação à produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP) e altura da espiga (AE).

FV	GL	Quadrado Médio			
		PG	PE	AP	AE
Combinações híbridas	23	946.117 *	1.563.744 *	0,073217 *	3,450 **
CGC Melhoradas (I)	2	864.304 ^{ns}	1.831.490 ^{ns}	0,418575 *	15,857 **
CGC Crioulas (II)	7	1.172.674 *	1.755.327 **	0,047243 ^{ns}	4,301 **
CEC I x II	14	844.526 ^{ns}	1.429.703 ^{ns}	0,036864 ^{ns}	1,253 ^{ns}
Resíduo	27	460.214	747.059	0,030810	0,015
CV %		16	15	8,6	11,2

ns: não-significativo; *: significativo ao nível de $P < 0,05$; **: significativo ao nível de $P < 0,01$ pelo teste F.

Para produtividade de grãos, a capacidade geral de combinação (CGC) das populações melhoradas foi não significativa, indicando a presença de variância genética aditiva semelhante quando combinado com as populações crioulas de milho (Tabela 2). No caso das populações crioulas, que apresentaram CGC significativa, certamente estas contribuíram de forma diferenciada na presença dos alelos favoráveis para aumentar a produtividade de grãos em estresse de baixo N. As

estimativas de CGC da produtividade de grãos para as populações melhoradas foram semelhantes estatisticamente, a 5% de probabilidade (Tabela 2), apesar da população BR 106 apresentar o maior valor absoluto, tal como ocorreu para Pacheco (1997) em estudo de capacidade de combinação desta cultivar com outras populações. Para as populações crioulas, com as maiores estimativas positivas de produtividade de grãos para CGC, destacaram-se como melhores genitores Dente de

Burro, Caiano de Sobrália e Nitrodente (Tabela 2). Por outro lado, as populações Carioca, Pedra Dourada, Caiano de Alegre e Asteca apresentaram os maiores valores negativos de CGC, possuindo, portanto, menores possibilidades de formar combinações híbridas mais produtivas. Ainda para produtividade de grãos, o efeito da CEC não foi significativo (Tabela 2), indicando que todas as combinações híbridas foram semelhantes à média dos genitores, sendo, portanto, poucas as chances de se obter bom híbrido entre esse conjunto de populações.

Tanto sob estresse ou não de N a CGC e a CEC variaram de acordo com os experimentos ou com o germoplasma utilizado. Estudos desenvolvidos por Gama et al. (2002) obtiveram a não significância dos efeitos da CGC e a significância dos efeitos de CEC para produtividade de grãos de linhagens de milho em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio. Além disso, esses autores constataram os efeitos significativos para CGC e de CEC para a produtividade de grãos em alta disponibilidade de N. Em outro estudo, Arellano et al. (1997) encontraram estimativas significativas para CGC e CEC para produtividades de grãos de milho em alta e baixa disponibilidade de N. Além disso, as linhagens derivadas de populações locais de milho mostraram menores efeitos de CGC do que as linhagens derivadas de populações amplamente adaptadas. Entretanto os híbridos F1 resultantes dos cruzamentos entre variedades crioulas e de ampla adaptação mostraram efeito significativo de CEC para produtividade de grãos em alta e baixa disponibilidade de N. Adicionalmente, observou-se que os efeitos de CEC foram maiores em baixa disponibilidade de N, mostrando maior importância desses efeitos em baixo N do que em alto N.

Na ausência de estresse de N, Below et al. (1997), trabalhando com seis linhagens de milho de clima temperado observaram que os efeitos aditivos foram mais importantes do que os efeitos de dominância. Melo et al. (2001) constataram que os genitores diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo assim, genitores com maior possibilidade de formar híbridos mais produtivos. Em condições adequadas de N, eles verificaram que a CEC significativa indicava que alguns híbridos F1's apresentavam desempenho superior, ou inferior, ao previsto pela CGC. De forma análoga, Gama et al. (1992), em condições adequadas de nitrogênio, também verificaram efeito significativo de CEC, o que indica a presença de efeitos não-

aditivos na variância genotípica entre os cruzamentos para florescimento, altura da planta e produtividade de grãos.

O efeito da CGC e de CEC do peso da espiga foi similar à produtividade de grãos (Tabela 2), tanto para as populações melhoradas como para as crioulas. Entre essas, as que apresentaram maior efeito positivo de CGC do peso de espiga foram Dente de Burro, Caiano de Sobrália e Nitrodente. No entanto, não houve significância dos efeitos não aditivos (Tabela 2), sendo que a correlação fenotípica entre a produtividade de grãos e peso de espigas foi de 0,998, explicando os resultados similares.

Para a altura de planta, o efeito da CGC associado às populações melhoradas foi significativo (Tabela 2), demonstrando que essas combinaram de forma diferenciada com as populações crioulas. No entanto, para altura de plantas o efeito de CEC foi não significativo. A população UFVM 5 foi a que mais contribuiu para reduzir a altura de plantas das populações crioulas em relação ao BR 106 e BRS Sol da Manhã (Tabela 3). Essa contribuição da população UFVM 5 pode ser aproveitada em programas de melhoramento com a realização de ciclos de seleções visando à obtenção de plantas de porte intermediário, principalmente quando no programa estiverem envolvidas populações de milho crioulas, que apresentam, em geral, alto porte de planta, o que é totalmente indesejável em sistemas de produção modernos. Esses resultados corroboram aos obtidos por Pacheco (1997) e Araújo e Miranda Filho (2001), que relataram que as plantas resultantes de combinações híbridas da população BR 106 foram mais altas do que as demais. Gorgulho e Miranda Filho (2001) constataram que a variedade Tuxpeño Amarillo foi considerada a mais promissora em diminuir os caracteres altura da planta e de espiga e essa, inclusive, foi utilizada para reduzir a altura da população que deu origem ao BR 106. A CGC para altura da planta não foi significativa para as populações crioulas (Tabela 2), constatando-se que essas populações influenciaram, por meio de suas combinações, de maneira a aumentar a altura das populações melhoradas, o que é indesejável.

Os efeitos da CGC para a altura de espiga associado as populações melhoradas e crioulas foram significativos (Tabela 2), mostrando que os dois tipos de populações proporcionaram diferentes alelos favoráveis para a altura da espiga. Para a altura de espiga, o efeito de CEC foi não significativo.

Tabela 3. Efeito da capacidade geral de combinação para as características produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP) e altura da espiga (AE).

Genitor	Efeito			
	PG	PE	AP	AE
Populações melhoradas				
UFVM 5	-138.29166	-270.33333	-0.17875	-0.135833
BR 106	268.33333	379.41666	0.13625	0.109792
BRS Sol da Manhã	-130.04166	-109.08333	0.04250	0.020420
Populações crioulas				
Carioca	-593.7499	-781.5418	-0.09416	-0.10833
Caiano de Alegre	-208.0834	-229.5418	0.00916	0.01000
Caiano de Sobrália	293.2498	428.7916	-0.07700	-0.07333
Dente de Burro	782.2498	941.7916	0.13916	0.14833
Asteca	-135.4166	-190.8748	-0.04416	-0.04833
Cravo	16.2498	-44.2083	0.08700	0.11000
Pedra Dourada	-426.4166	-427.8748	0.06416	0.09166
Nitrodente	271.9168	303.4581	-0.08416	-0.13000

Na Tabela 3, verifica-se que nas populações melhoradas, a BR 106 e a UFVM 5 foram os que mais contribuíram para aumentar e diminuir, respectivamente, a altura de espiga. Constata-se também que as populações Nitrodente, Carioca e Caiano de Sobrália foram as que mais contribuíram para reduzir a altura da espiga e a Dente de Burro a que mais contribuiu para aumentar. Esses resultados indicam a possibilidade de ganhos genéticos para a redução da altura da espiga, com a realização de ciclos de seleções, utilizando as populações crioulas Nitrodente e Carioca e a população melhorada UFVM 5. Araújo e Miranda Filho (2001) encontraram resultados semelhantes avaliando populações de milho, pois constataram que dentre as populações, a BR 106 foi a que mostrou as maiores estimativas de CGC para produtividade, entretanto exibiu caracteres indesejáveis como plantas altas e florescimento tardio. Deve-se considerar também que a relação de altura de espiga e altura de plantas encontrado nesse estudo foi bastante superior aos 50% considerado ideal por Sawazaki et al. (2000) para o ideótipo da planta de milho. Portanto, os caracteres de arquitetura da planta, similarmente aos dados apresentados por Gorgulho e Miranda Filho

(2001), exibiram variabilidade dentro e entre grupos de variedades, o que possibilita melhor aproveitamento desse germoplasma, no sentido de se obterem variedades ou compostos com melhor arquitetura de plantas.

CONCLUSÕES

No conjunto de populações tropicais de milho sob estresse de baixo N para as condições experimentais avaliadas pode-se concluir que:

A capacidade geral de combinação mostrou ser o efeito de maior importância;

É possível sintetizar novas populações com este germoplasma crioulo para realizar melhoramento intrapopulacional;

As populações crioulas Caiano de Sobrália e Nitrodente, em combinações híbridas com populações melhoradas, são fontes adequadas de alelos favoráveis para aumentar a produtividade de grãos sem aumentar as alturas de plantas e espigas;

O conjunto das populações crioulas e melhorados não é adequado para a obtenção de híbridos interpopulacionais em condições de baixo N.

ABSTRACT: The aim of this study was to determine the combination capacity among populations, to identify germoplasm fonts of tropical maize populations and, to define strategies to maize breeding under low nitrogen stress (N). Two germoplasm fonts of maize were used (elite cultivars and local open pollinated populations) in a complete randomized block scheme, with two replicates. It one was obtained with low nitrogen fertilizer only in the sowing. The general combination abilities (GCA), that evaluated additive effects, were significantives to height of plants and ears to elite cultivars and to grain yield, ear yield, and height of ears to local populations. The specific combination abilities, that evaluated non-additive effects, were not significantive to every trait. So, we conclude that to tropical maize populations evaluated in the low nitrogen the general combination capacity is the main effect to traits; It is possible to make new populations with local populations and use intrapopulation methods; the populations Caiano de Sobrália and Nitrodente in hybrids combinations with elite cultivars were adequate germoplasm to increase the grain yield with short plants and ears; the hybrids combinations between local populations and elite cultivars are not adequate to obtain hybrids.

KEYWORDS: *Zea mays* (L.); Low input. Population of maize. Mineral stress.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. M.; MIRANDA FILHO, J. B. Analysis of diallel cross for the evaluation of maize populations across environments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n. 3, p. 255-262, 2001.
- ARELLANO, V. J. L.; CASTILLO, F. G.; ALCANTAR, G. G.; MARTÍNEZ, A. G. Parámetros genéticos de la eficiencia en el uso de nitrógeno en líneas de maíz de Valles Altos. In: EDMEADES, G. O.; BÄNZINGER, M.; MICKELSON, H. R.; PENA-VALDIVIA, C. B. (Ed.). In: SYMPOSIUM DEVELOPMENT DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batán: **Proceedings...** El Batán: CIMMYT, 1997. p. 320-325.
- BÄNZIGER, M.; LAFITTE, H. R. Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, .37, n. 4, p.1110-1117, 1997.
- BELOW, F. E.; BRANDAU, P. S.; LAMBERT, R. J.; TEYKER, R. H. Combining ability for nitrogen use in maize. In: EDMEADES, G. O.; BÄNZINGER, M.; MICKELSON, H. R.; PENA-VALDIVIA, C. B. (Ed.). In: SYMPOSIUM DEVELOPMENT DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batán: **Proceedings...** El Batán: CIMMYT, 1997. p. 320-325.
- CASTLEBERRY, R. M.; CRUM, C. W.; KRULL, C. F. Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environments. **Crop Science**, Madison, v.24, n. 1, p. 33-36, 1984.
- CRUZ, C. D. **Análise dialélica e correlações entre caracteres em combinações híbridas de linhagens endogâmicas de milho** (*Zea mays* L.). 1983. 54 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1983.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa, MG. UFV, 1997. 390 p.
- DUVICK, D. N. What is yield? p. 332-335. In: **Developing Drought and Low N-tolerant maize**. Proceedings of a Symposium, march, 25-29, 1996, CIMMYT, El Batán, México. Eds. EDMEADS, G. O.; BANZIGER, M.; MICKELSON; PENA-VALDIVIA, C. B., 566 p, 1996.
- EDMEADES, G. O.; BÄNZINGER, M.; CORTES, C. M.; ORTEGA, C. A. **From stress-tolerant populations to hybrids: the role of source germplasm**. In: SYMPOSIUM DEVELOPING DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1., 1996, El Batán, México, Proceedings...El Batán, México: CIMMYT, 1996. p. 254-262.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FERRÃO, R. G.; GAMA, E. E. G.; CARVALHO, H. W. L.; FERRÃO, M. A. G. Avaliação da capacidade combinatória de 20 linhagens de milho em um dialelo parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1933-1939, 1994.
- FIDELIS, R. R. **Metodologias de seleção para eficiência ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- FIDELIS, R. R. **Melhoramento de milho para o cerrado do estado do Tocantins**. 2006. 45 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

- GAMA, E. E. G.; MARRIEL, I. E.; GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; PACHECO, C. A. P.; MEIRELES, W. M.; RIBEIRO, P. H. E.; OLIVEIRA, A. C. Capacidade de combinação para uso de nitrogênio de um grupo de linhagens selecionadas de uma população de milho tropical. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 68-77, 2002.
- GAMA, E. E. G.; GUIMARÃES, P. E. O.; MAGNAVACA, R.; PARENTONY, S. N.; PACHECO, C. A. P. Avaliação das capacidades geral e específica de combinação em sete populações de milho da América Latina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 8, p. 1167-1172, 1992.
- GAMA, E. E. G.; HALLAUER, A. R.; FERRÃO, R. G.; BARBOSA, D. M. Heterosis in maize single crosses derived from a yellow Tuxpeño variety in Brazil. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p. 81-85, 1995.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, London, v. 22, n. 3, p. 439-452, 1966.
- GODOY, C. L. **Estratégias de melhoramento de milho para estresse de baixo nitrogênio**. 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- GORGULHO, E. P.; MIRANDA FILHO, J. B. Estudo da Capacidade Combinatória de Variedades de Milho no Esquema de Cruzamento Dialélico Parcial. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 1-8, 2001.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. **Australian Journal Biological Science**, East Melbourne, v. 9, n. 3, p. 463-493, 1956.
- LAFITTE, H. R.; EDMEADES, G. O. An update on selection under stress, selection criteria. In: EASTERN CENTRAL AND SOUTHERN AFRICAN REGIONAL MAIZE WORKSHOP, 2., 1987, Harare, Zimbabwe. Proceedings towards self-sufficiency. Harare: College Press, 1988. p. 309-331.
- LAFITTE, H. R.; EDMEADES, G. O. Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. **Maydica**, Bergamo, v. 40, n. 259, p. 259-267, 1995.
- LEMO, M. A.; GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; OLIVEIRA, A. C. de; Reifschneider, F.J.B.; Santos, J.P.B & Tabosa, J.N. Capacidade geral e específica de combinação em híbridos simples de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 48-56, 1999.
- MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R.; MAGNAVACA, R.; SILVA, M. R. Determinação da atividade de enzimas envolvidas **no metabolismo do nitrogênio em diferentes genótipos de milho**. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 45-47, 1992.
- MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. **Estresse ambiental: o milho em perspectiva**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991. 46 p.
- MELO, W. M. C.; VON PINHO, R. G.; FERREIRA, D. F. Capacidade combinatória e divergência genética em híbridos comerciais de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 821-830, 2001.
- NASPOLINI FILHO, V. GAMA, E. E. G.; VIRNA, R. T.; MORO, J. R. General and specific combining ability for field in a diallel cross among 18 maize populations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 3, p. 571-577, 1981.
- PACHECO, C. A. P. **Associação das metodologias de análise dialélica de Griffing e de análise de adaptabilidade e estabilidade de Eberhart e Russel**. 1997. 118 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; GALVÃO, J. C. C.; SAES, L. A. Potencial de Linhagens de Populações locais de Milho Pipoca para Síntese de Híbridos. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 143-151, 2000.

SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, J. M. **Milho crioulo conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998. 185 p.

SOUZA, L. V. **Capacidade de combinação de cultivares de milho sob estresses abióticos**. 2003. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

VASAL, S. K.; SRINIVASAN, G.; HAN, G. C.; GONZALES, C. F. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 319-327, 1992.