

FONTES DE GERMOPLASMA DE MILHO PARA ESTRESSE DE BAIXO NITROGÊNIO¹

Rodrigo Ribeiro Fidelis², Glauco Vieira Miranda²,
Izabel Cristina dos Santos³, João Carlos Cardoso Galvão²,
Joênes Mucci Peluzio⁴, Saulo de Oliveira Lima⁴

ABSTRACT

MAIZE GERMOPLASM TO LOW NITROGEN STRESS

The objective of this research was to identify sources of maize germplasm (hybrid and open pollination bred populations, ancient and local) efficient in absorption and utilization of nitrogen for seed production at Zona da Mata of Minas Gerais State, Brazil. The trials were carried out at Viçosa, Minas Gerais State (altitude 650 m, 20°45'20" S), during 2001/2002 growing season. To simulate environments with average and severe nitrogen stress, 20 kg ha⁻¹ and 120 kg ha⁻¹ doses on top dressing, respectively, were used. The data traits evaluated were submitted to analysis of variance and cultivar means were grouped by Scott-Knott test. The interactions of germoplasm types with nitrogen doses were not significant ($p > 0.05$). The highest seed yield and ear weight cultivars were the bred populations UFVM3, AL25, and BR106, the hybrids AG122 and BR 201, and the local populations B3, B11, B12, B6, B9, and B22. The environment with the largest nitrogen level presented the highest seed yield, ear weight, plant and ear height, and number of ears by plant.

KEY WORDS: *Zea mays*, breeding, N stress.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar fontes de germoplasma de milho (híbridos e populações de polinização aberta melhoradas, antigas e locais) eficientes na absorção e utilização de nitrogênio para a região da Zona da Mata de Minas Gerais. Os experimentos foram conduzidos em Viçosa, MG (650 m de altitude, 20° 45'20" latitude sul) no ano agrícola 2001/2002. Para simular ambientes com médio e intenso estresse de nitrogênio, foram utilizadas, em cobertura, as doses de 20 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Os dados dos caracteres avaliados foram submetidas à análise de variância e as médias das cultivares foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott. As interações dos tipos de germoplasma com as doses de nitrogênio foram não significativas ($p > 0,05$). As cultivares que apresentaram maior produtividade de grãos e peso de espigas foram as populações melhoradas UFVM3, AL25 e BR106, os híbridos AG122 e BR201, e as populações locais B3, B11, B12, B6, B9 e B22. O ambiente em se que empregou maior nível de nitrogênio proporcionou maiores produtividades de grãos, peso de espiga, alturas de planta e de espiga, e maior número de espigas por planta.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, melhoramento, estresse mineral.

INTRODUÇÃO

O milho tem grande importância social, econômica e cultural no Brasil. É cultivado em larga escala, aproximadamente 13.750 milhões de hectares, em sua maioria por pequenos e médios agricultores (Gama *et al.* 2002, Agriannual 2003). As áreas utilizadas por esses agricultores estão frequentemente sujeitas a problemas de estresse ambiental, dentre os quais a baixa fertilidade natural dos solos, pois mais de 80% dos solos de regiões tropicais apresentam

deficiência de nitrogênio e fósforo (Haag 1987). O alto custo da adubação tem dificultado sua aplicação adequada pela maioria dos produtores, resultando em baixa quantidade de suplementação com nitrogênio na cultura do milho.

No Estado de Minas Gerais, o milho é cultivado em diferentes condições ambientais, que envolvem ampla variação na fertilidade do solo, na quantidade de fertilizantes utilizada e na época de semeadura (Ribeiro *et al.* 2000). Na Zona da Mata de Minas Gerais, o cultivo do milho é realizado principalmente

1. Trabalho recebido em nov./2005 e aceito para publicação em set./2007 (registro n° 672).

2. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: fidelisrr@uft.edu.br

3. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig). Viçosa, MG.

4. Universidade Federal do Tocantins. Campus de Gurupi. Caixa Postal 66, CEP 77402-970 Gurupi, TO.

por pequenos agricultores, quase sempre em condições de estresse mineral. Devido ao alto valor das sementes híbridas, os agricultores utilizam poucas cultivares melhoradas. Por isso, a seleção de cultivares de polinização aberta tolerantes ao estresse mineral, adaptadas às condições edafoclimáticas da região e com baixo custo de sementes, é importante para o fomento da produção de milho.

Na agricultura sob o contexto sustentável, o aumento da produção pode ser obtido com maior eficiência no uso dos fatores de produção, ao invés de aumentos dos insumos. Desta forma, o melhoramento genético de milho deverá modificar ações e conceitos, com a finalidade de atender à política global de desenvolvimento sustentável, agregando, além das características agronômicas tradicionais, parâmetros de eficiência no uso de insumos externos e elementos nutricionais orgânicos e inorgânicos, e de tolerância aos estresses biótico e abiótico. Além disso, há necessidade de que a relação custo/benefício seja satisfatória ao longo do tempo, com a minimização dos riscos decorrentes da irregularidade climática, aumento da estabilidade de produção, maior eficiência no uso de insumos por tonelada produzida e conservação do solo e da água (Machado 1998, Alves *et al.* 2000).

O nitrogênio assume grande relevância por sua atuação no metabolismo, principalmente na síntese de proteínas, sendo muito importante tanto no incremento da produção de grãos, como na elevação do teor protéico. Enfim, é o elemento que mais onera a cultura, sendo os fertilizantes nitrogenados uma das maiores fontes de poluição ambiental dos sistemas agrícolas (Ruttan 1991). O acúmulo de nitrato em mananciais aquíferos pode acarretar sérios problemas ambientais, resultantes da eutrofização e o conseqüente aumento da demanda biológica de oxigênio.

O germoplasma selecionado em condições edafoclimáticas favoráveis não se mostra adequado para uso em condições de estresse mineral (Ceccarelli 1996). Isso porque, em geral, os alelos que controlam a produção em condições de estresses abióticos são diferentes daqueles para condições ótimas (Atlin & Frey 1989, Souza 2003).

A identificação de genótipos que possuem capacidade de absorver e utilizar o nitrogênio de forma eficiente é uma forma de aumentar a eficiência de uso do adubo nitrogenado na cultura do milho, incrementar a produção, minimizar as perdas e reduzir

a contaminação do meio ambiente. As variedades locais, por terem sido cultivadas por pequenos agricultores em áreas e situações de estresses de baixo nitrogênio, por vários ciclos de seleção, podem apresentar características favoráveis para eficiência no uso de N (Machado 1997, Machado *et al.* 1998a, 1998b, 1999). Assim, muitas delas já caracterizadas podem ser úteis em programas atuais de melhoramento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de milho de diferentes origens (híbridos e populações de polinização aberta melhoradas, antigas e locais), buscando-se identificar germoplasma eficiente no uso do nitrogênio, com potencial a Região da Zona da Mata de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos para avaliar a eficiência no uso do nitrogênio pelas cultivares de diferentes origens foram conduzidos em Viçosa-MG (20° 45' 20" de latitude sul, 42° 52' 40" de longitude oeste, altitude de 640 m), Estação Experimental Aeroporto, da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O plantio foi realizado em novembro do ano agrícola 2001/2002, época mais indicada para a semeadura do milho na região da Zona da Mata. Os valores de precipitação e de temperaturas máxima e mínima diárias, em Viçosa, durante o ciclo da cultura, encontram-se na Figura 1.

As cultivares avaliadas foram os híbridos AG122, BR205, BR201 e CX533; as populações de polinização aberta UFVM3 e UFVM4, do Programa Milho do Departamento de Fitotecnia da UFV; AL25, pertencente à Cati-SP; BR106 e BRS Sol da Manhã, da Embrapa, aqui denominadas populações melhoradas (PM); as populações de polinização aberta B1, B3, B4, B5, B6, B9, B10, B11, B12, B14, B16, B17, B21, B22, B23, B24 e B25, oriundas de pequenas propriedades da Zona da Mata Mineira, chamadas de populações locais (PL); e as populações de polinização aberta Sabugo Fino, Dente de Burro, Maia, Maia Antigo e Asteca, chamadas de populações antigas (PA).

As populações locais, identificadas com a letra B, são aquelas cultivadas por agricultores por período mínimo de cinco anos e que foram coletadas na microregião de Viçosa-MG. As populações denominadas antigas foram melhoradas e lançadas no

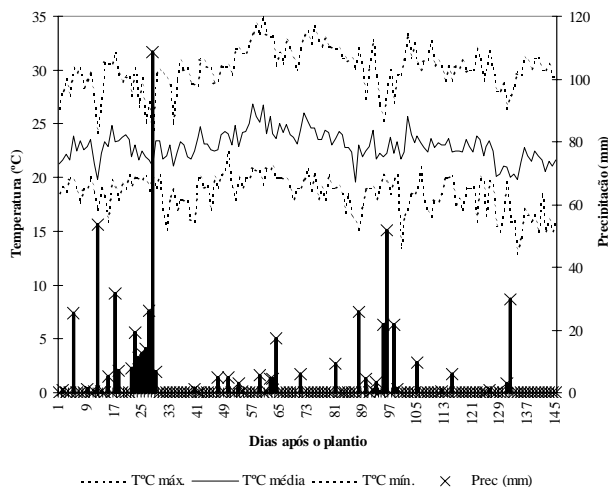


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima diárias em Viçosa-MG, na safra (2001/2002).

mercado por volta da década de 1960, sendo multiplicadas, a partir de então, por pequenos agricultores.

Foram instalados dois experimentos no delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Para simular ambientes com baixo teor (intenso estresse) e alto teor (médio estresse) de nitrogênio, foram utilizadas as doses 20 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, aplicadas em cobertura durante o estágio fenológico dois - quatro folhas completamente desenvolvidas. É importante informar que nem todo o nitrogênio aplicado torna-se disponível para a planta e, por isso, mesmo a dose elevada foi considerada como médio estresse.

Cada parcela foi constituída de três fileiras de 5,0 m, espaçadas de 0,90 m entre si e de 0,2 m entre plantas, com estande final estimado em 55.555 plantas por hectare. Foi realizada semeadura direta sobre a palhada. A adubação de plantio baseou-se nos resultados da análise química e física do solo (pH de 5,5 e sem Al tóxico), utilizando-se a fórmula 4-14-08 como fonte de N-P-K, na dosagem de 250 kg ha⁻¹.

Os tratos culturais foram realizados sempre que necessários e de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho. Não houve necessidade do controle de doenças e pragas.

As seguintes características foram avaliadas: produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹ – peso de grãos tomados na fileira central da parcela, corrigido para 13% de umidade; peso de espigas despalhadas (PE), em kg parcela⁻¹; altura da planta (AP), em metros, medida após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da folha bandeira, em cinco plantas

competitivas por parcela; altura da espiga (AE), em metros, medida após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da espiga superior no colmo, nas mesmas cinco plantas da parcela avaliadas para altura da planta; e número de espigas por parcela (NE)

As análises estatísticas foram realizadas no Programa Saeg (Ribeiro Júnior 2001). As variáveis foram submetidas à análise de variância, com desdobramento dos efeitos de tratamento e aplicação do teste F para testar a diferenciação entre os tratamentos, no nível de significância de 5% de probabilidade. Para as comparações entre suas médias foi utilizado o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (Scott & Knott 1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se a análise de variância obtida (Tabela 1), verifica-se que não houve significância da interação cultivares x nitrogênio, para as características avaliadas, ou seja, cultivares e níveis de nitrogênio foram independentes. Assim, estes fatores foram estudados isoladamente. Na Tabela 1 pode-se observar também que os coeficientes de variação para as características produtividade de grãos, peso da espiga e número de espigas foram elevados, porém considerados adequados para a condição de estresse avaliada. De acordo com Blum (1988), em ambiente de estresse, valores dessa

Tabela 1. Resumo das análises de variância das médias de produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE).

FV ¹	GL	PG (kg ha ⁻¹)	PE (kg ha ⁻¹)	AP (cm)	AE (cm)	NE
Rep./Experimento	4	3699147**	0971163,8**	2484,3**	1840,0**	13,7**
Cultivar	(30)	(1615165**)	2673886**	8931,0**	7279,3**	29,8**
H	3	1408616 ^{ns}	3361430 ^{ns}	2302,8**	2021,7**	40,8*
PM	4	2034814*	3517858 ^{ns}	1184,9*	782,6*	76,1**
PA	4	747749,4 ^{ns}	1154778 ^{ns}	1101,8 ^{ns}	1400,6**	7,1 ^{ns}
PL	16	1015202 ^{ns}	2400072 ^{ns}	8948,34**	6462,5**	26,0**
H vs Pop	1	5047303*	918355,8 ^{ns}	17632,4**	21427,6**	2,6 ^{ns}
PM vs(PA+PL)	1	7934578**	5557181 ^{ns}	54060,5**	47792,2**	2,5 ^{ns}
PA vs PL	1	3873908*	6564665*	37067,6**	30968,3**	16,6 ^{ns}
Nitrogênio (Nit)	1	16520000**	30633000**	38915,3**	30000,0**	194,1**
Cult x Nit	(30)	(1088223 ^{ns})	2123439 ^{ns}	337,91 ^{ns}	295,1 ^{ns}	14,0 ^{ns}
H x Nit	3	731767,8 ^{ns}	1276333 ^{ns}	228,1 ^{ns}	220,2 ^{ns}	0,7 ^{ns}
PM x Nit	4	1277387 ^{ns}	1347008 ^{ns}	506,7 ^{ns}	164,7 ^{ns}	22,2 ^{ns}
PA x Nit	4	308777,1 ^{ns}	906144,8 ^{ns}	460,9 ^{ns}	245,6 ^{ns}	8,6 ^{ns}
PL x Nit	16	1087729 ^{ns}	2293260 ^{ns}	290,3 ^{ns}	290,0 ^{ns}	8,0 ^{ns}
(HvsPop)x Nit (PM vs (PA+PL)) x Nit	1	1911922 ^{ns}	4164597 ^{ns}	187,2 ^{ns}	747,5 ^{ns}	14,7 ^{ns}
PA vs PL x Nit	1	3737796*	7130119*	646,6 ^{ns}	1107,7 ^{ns}	151,7**
Resíduo	120	754605,2	1548360,1	463,2	305,1	12,5
Média geral		3598,4	5586,2	252,6	152,0	16,5
CVgeral %		24,4	23,2	8,9	11,9	21,5

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

¹ Rep.: blocos; H: Híbridos; PM: Populações melhoradas; PA: Populações antigas; PL: Populações locais; Pop: populações de polinização aberta; Cult: Cultivares.

natureza são normais. Gama *et al.* (2002) encontraram coeficiente de variação de 27,5% para a característica peso de espiga, sob ambiente de estresse (média de 10 kg ha⁻¹). Santos *et al.* (1998) obtiveram coeficientes de variação de 22,3% e 23,4% para a mesma variável, nos ambientes de N⁺ (100 kg ha⁻¹ de N) e N⁻ (sem adubação), respectivamente. Como foi realizada análise conjunta de variância, o ambiente de intenso estresse, com maiores valores de coeficiente de variação, acabou por elevar os valores no ambiente de médio estresse.

Para produtividade de grãos, as cultivares foram divididas em dois grupos estatísticos pelo teste de Scott-Knott (Tabela 2). Os pertencentes ao grupo estatístico mais produtivo, para os diferentes tipos de cultivares, foram: UFVM3, AL25 e BR106, entre as populações melhoradas; AG122 e BR201, entre os híbridos; e B3, B11, B12, B6, B9 e B22, entre as populações locais. Embora o teste de agrupamento não tenha declarado diferenças significativas entre as populações antigas, constatou-se que as populações Maia, Maia Antigo e Sabugo Fino apresentaram produtividades de grãos superiores à média das cinco populações pertencentes ao grupo deste tipo de cultivares.

A produtividade média das populações melhoradas foi praticamente a mesma dos híbridos, evidenciando boa adaptação das cultivares às condições oferecidas. Carvalho *et al.* (2001) relataram que os cultivares melhorados e não melhorados de milho, embora tenham produzido menos que os híbridos em cerca de 21,4%, apresentaram bons rendimentos de grãos e, por isso, têm importância fundamental nos sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais da região nordeste.

Os resultados obtidos na presente pesquisa são semelhantes aos obtidos por Alves *et al.* (2000), que encontraram alta variabilidade genética para eficiência no uso de N entre populações de polinização aberta de milho, com valores para produtividade de grãos variando entre 2,0 t ha⁻¹ e 4,0 t ha⁻¹. São concordantes também aos encontrados por Machado *et al.* (1999), que observaram desempenhos semelhantes quanto à eficiência na utilização de P, em variedades locais, melhoradas e híbridos de milho, tanto em casa de vegetação quanto em campo. Corroboram ainda o resultado obtido por Ribeiro *et al.* (2000), com a cultivar melhorada BR106, que apresentou desempenho em produtividade de grãos igual ou superior aos híbridos comerciais de milho.

Tabela 2. Médias das características produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE) de materiais genéticos de milho classificados em quatro tipos de cultivar, na região de Viçosa-MG (2001/2002).

Cultivar	PG (kg ha ⁻¹)	PE (kg ha ⁻¹)	AP (cm)	AE (cm)	NE
Populações melhoradas					
UFVM3	4673 A ¹	6859 A	231 C	130 C	22 A
AL25	4280 A	6117 A	217 D	121 D	13 B
BR106	4267 A	6430 A	234 C	132 C	16 B
Sol da Manhã	3437 B	5295 B	203 D	105 D	15 B
UFVM4	3339 B	5037 B	206 D	113 D	15 B
Média	3999	5948	218	120	16
Híbridos					
AG122	4636 A	6745 A	225 C	123 D	20 A
BR201	4196 A	5963 A	219 D	114 D	16 B
BR205	3642 B	5239 B	210 D	109 D	13 B
CXS33	3631 B	5128 B	255 B	150 C	16 B
Média	4026	5762	227	124	16
Populações antigas					
Maia	3553 B	5633 A	314 A	215 A	15 B
Maia Antigo	3324 B	5340 B	290 A	183 B	16 B
Sabugo Fino	3142 B	4757 B	289 A	176 B	15 B
Dente de Burro	2898 B	5028 B	281 B	189 A	16 B
Asteca	2651 B	4540 B	306 A	200 A	18 A
Média	3114	5060	296	193	16
Populações locais					
B3	4184 A	6616 A	245 C	137 C	18 A
B11	4061 A	5821 A	215 D	109 D	17 A
B12	4042 A	5900 A	251 C	145 C	18 A
B6	3905 A	6436 A	291 A	177 B	21 A
B9	3790 A	6087 A	273 B	170 B	17 A
B22	3789 A	6097 A	272 B	169 B	19 A
B17	3646 B	5969 A	281 B	176 B	19 A
B14	3594 B	5723 A	305 A	198 A	15 B
B4	3463 B	5560 B	228 C	128 C	15 B
B25	3433 B	5310 B	213 D	119 D	16 B
B1	3366 B	5744 A	194 D	135 C	16 B
B21	3358 B	5443 B	295 A	189 A	15 B
B16	3332 B	5194 B	224 C	124 D	17 A
B23	3227 B	5455 B	294 A	197 A	18 A
B24	3051 B	4909 B	288 A	182 B	14 B
B10	2841 B	4727 B	292 A	196 A	18 A
B5	2798 B	4071 B	189 D	102 D	12 B
Média	3522	5560	256	156	17

¹ - Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Entre as cultivares do grupo mais produtivo pelo teste Scott-Knott (Tabela 2), encontraram-se dois híbridos (AG122 e BR201), três populações melhoradas (UFVM3, AL25 e BR106) e seis populações locais (B3, B11, B12, B6, B9 e B22). Isso evidencia o potencial produtivo das variedades locais, pois estas apresentaram rendimentos comparáveis aos das variedades melhoradas. É importante ressaltar que objetivo deste estudo não é resgatar população local ou antiga adequada ao sistema produtivo moderno, e sim identificar novas fontes de genes ou de blocos gênicos que condicionem tolerância a ambientes de estresse abióticos, neste caso, representado pela baixa disponibilidade de nitrogênio.

A variedade experimental UFVM3, formada a partir do cruzamento de híbridos experimentais de alto potencial produtivo e com características de tolerância a estresses ambientais (Fidelis 2003), apresentou produtividade de grãos elevada e potencial

para uso em programas de melhoramento com ênfase na tolerância a estresses ou eficiência nutricional. O potencial das populações melhoradas BR106 e AL25 também deve ser destacado. A variedade BR106 vem sendo trabalhada há mais de vinte anos em diferentes ambientes, sendo uma das mais produtivas do Brasil e com presença no mercado de sementes (Abrasem 2002).

Nota-se ainda que a característica peso da espiga foi similar à produtividade de grãos em relação à formação de dois grupos estatísticos (Tabela 2). No grupo de maior peso da espiga, novamente encontram-se as mesmas onze cultivares que apresentaram maior produtividade de grãos. Entretanto, para esta característica o grupo foi acrescido de outros quatro cultivares (B17, B1, B14 e Maia), devido à maior porcentagem de sabugo na espiga. Estes resultados corroboram os obtidos por Souza *et al.* (2002), demonstrando o potencial produtivo e a viabilidade técnica da utilização das cultivares de polinização aberta de milho e sua importância como fonte de germoplasma. Gama *et al.* (2000) também verificaram diferenças significativas entre diferentes tipos de cultivares, constatando que os híbridos apresentam maior adaptação aos ambientes, devido ao maior peso de espigas despalhadas em relação às populações de polinização aberta.

No que tange à altura de plantas, observou-se a formação de quatro grupos estatísticos de cultivares (Tabela 2). Para o sistema produtivo de milho na Zona da Mata, plantas que apresentam altura até 2,40 m ainda são consideradas adequadas. Pôde-se constatar que a maioria das cultivares do grupo estatístico de maior produtividade de grãos e peso da espiga apresentou altura de plantas intermediária, ou seja, entre 2,0 m e 2,4 m. Entre os híbridos, AG122 e CX533 apresentaram maior altura de plantas, contudo, somente plantas do híbrido CX533 podem ser consideradas muito altas para a região. Como na Zona da Mata Mineira o híbrido CX533 é utilizado para silagem, esta característica de porte elevado representa um fator positivo para o volume de massa verde ou seca produzida. Entre as populações melhoradas, BR106 e UFVM3 apresentaram maior altura de planta, entretanto, ainda são consideradas satisfatórias. Nas cultivares antigas, Maia, Asteca e Maia Antigo apresentaram maiores alturas de plantas em relação às demais, entretanto, todos os cultivares excederam 2,4 m. Das dezessete populações locais,

as populações B11, B4, B25, B1, B16 e B5 apresentaram alturas inferiores a 2,40 m.

Para altura de espigas, houve a formação de quatro grupos estatísticos (Tabela 2). A maioria das cultivares, que se constitui o grupo estatístico de maior produtividade de grãos e peso da espiga, apresentou alturas de planta e de espiga intermediárias; ou seja, entre 1,0 m e 1,4 m, o que é altamente desejável no sistema produtivo moderno, pois diminuem os riscos de acamamento e quebraimento de plantas. Entre os híbridos, apenas CX533 apresentou elevada altura de espiga, o que pode ser considerado desfavorável para a região da Zona da Mata. Entre as populações melhoradas, BR106 e UFVM3 apresentaram maiores alturas de espiga, entretanto, ainda são consideradas satisfatórias. Nas populações antigas, Maia, Asteca e Dente de Burro apresentaram maiores alturas de espigas em relação às demais, no entanto, todas excederam 1,4 m de altura. Das dezessete populações locais, semelhantemente à altura de plantas, as populações B11, B4, B25, B1, B16, B5 e B3 apresentaram alturas que atendem as exigências do mercado na região. Os dois grupos estatísticos de maior altura de espiga (1,69 m a 2,15 m) são constituídos por populações locais e antigas.

O número de espigas por parcela, de forma similar à produtividade de grãos e peso da espiga, originou dois grupos estatísticos (Tabela 2). O híbrido AG122, a população melhorada UFVM3, a população antiga Asteca e as populações locais B6, B22, B12, B3, B17, B23, B10, B16, B9 e B11 compuseram o grupo estatístico de maior número médio de espigas por parcela. Estas cultivares apresentaram número de espigas variando de 17 (B16) a 22 (UFVM3). As demais cultivares constituíram o grupo com menor número médio de espigas, entre 12 e 16. O número de espigas por parcela está associado ao número de plantas e, conseqüentemente, à origem da semente do germoplasma, que pode resultar em qualidade e vigor diferenciados. Germoplasma com baixa qualidade e vigor de sementes pode resultar em menor porcentagem de emergência e em menor produção final; pois, em geral, o baixo estande de plantas não é compensado pela maior produção das plantas remanescentes (Durães *et al.* 1993).

O ambiente em que foi empregado a maior dose de nitrogênio proporcionou maior produtividade de grãos, peso de espiga, alturas de plantas e de espigas, e maior número de espigas relativamente ao ambiente em que se empregou a menor dose de

nitrogênio (Tabela 3). Os resultados mostraram que as populações antigas e a maioria das populações locais apresentaram médias de produtividade de grãos inferiores às médias alcançadas pelos híbridos e populações melhoradas (Tabela 4). De acordo com Ribeiro *et al.* (2000), a menor produtividade dos cultivares de polinização aberta em relação aos híbridos é esperada, haja vista que uma variedade de polinização aberta de milho é composta por uma infinidade de híbridos simples com diferentes potenciais produtivos. Ao passo que os híbridos, sejam simples, triplos ou duplos, são teoricamente as melhores combinações híbridas específicas que podem ser obtidas dentro de uma ou mais variedades.

Observando-se a significância dos contrastes entre híbridos e populações de polinização abertas, e entre populações melhoradas e populações antigas e locais, verificam-se diferenças estatisticamente significativas para as características produtividade de grãos e alturas de plantas e de espigas (Tabela 1). Isso significa que a média dos híbridos é estatisticamente diferente da média das populações e que a média das populações melhoradas é diferente das populações antiga ou local, quanto à produtividade de grãos e alturas de plantas e espigas (Tabela 4). O contraste entre populações antigas e locais foi também significativo para as características produtividade de grãos, peso de espigas, alturas de plantas e de espigas (Tabelas 1 e 4), mostrando a superioridade das variedades locais.

Todas as interações com nitrogênio foram estatisticamente não significativas (Tabela 1). Isso significa que os diferentes tipos de cultivares não tiveram suas características influenciadas pelas doses de nitrogênio. O contraste entre populações melhoradas e populações antigas e locais, nos diferentes níveis de nitrogênio, foi significativo para as características produtividade de grãos, peso de

Tabela 3. Médias de produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE) de milho, em nível baixo (20 kg ha⁻¹) e alto (120 kg ha⁻¹) de nitrogênio (Viçosa-MG, safra 2001/2002).

Nível de N (kg ha ⁻¹)	PG (kg ha ⁻¹)	PE (kg ha ⁻¹)	AP (cm)	AE (cm)	NE
20	2.656 B	4.303 B	238 B	139 B	15 B
120	4.451 A ¹	6.870 A	267 A	165 A	18 A

¹- Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Produtividades de grãos (kg ha⁻¹) em ambiente de baixo (20 kg ha⁻¹) e alto (120 kg ha⁻¹) nível de nitrogênio, diferenças e média de ambientes para cultivares de milho e alguns contrastes entre suas médias (Viçosa-MG, safra 2001/2002).

Cultivar ¹	Nível de nitrogênio		Diferença entre ambientes	Média
	20 kg ha ⁻¹	120 kg ha ⁻¹		
Híbridos	3347,4	4705,5	1358,1	4026,3
PM	3336,4	4662,1	1325,7	3999,2
PA	2224,5	4002,8	1778,3	3113,6
PL	2428,1	4624,8	2196,7	3522,4
Híbridos vs Pop	3005,2	4567,7	1562,5	3786,5
PM vs (PA + PL)	2831,4	4488,0	1657,0	3659,7
PA vs PL	2326,3	4313,8	1987,5	3320,1

¹- PM: Populações melhoradas; PA: Populações antigas; PL: Populações locais; Pop: populações de polinização aberta.

espigas e número de espigas. Os híbridos e as populações melhoradas foram superiores às demais populações quanto a estas características, que são justamente as que promovem maior retorno financeiro aos produtores. Isso evidencia a importância de se realizar o melhoramento de plantas, haja vista a inadequação do uso direto de populações locais e cultivares antigas no sistema produtivo moderno.

CONCLUSÕES

1. As interações de cada tipo de germoplasma com as doses de nitrogênio foram não significativas ($p > 0,05$), indicando que as cultivares não mostraram comportamentos diferenciais aos níveis de estresse de nitrogênio aplicados.
2. As populações de milho UFVM3, AL25, BR106, B3, B11, B12, B6, B9 e B22 e os híbridos AG122 e BR201 apresentam potencial produtivo quando submetidas a estresse de nitrogênio, na região da Zona da Mata de Minas Gerais.
3. Nas condições avaliadas, a utilização do maior nível de nitrogênio (120 kg ha⁻¹) proporciona maior produtividade de grãos, peso de espiga, alturas de planta e de espiga, bem como maior número de espigas por planta.

REFERÊNCIAS

Abrasem. Associação Brasileira dos Produtores de Sementes. 2002. Anuário Abrasem 2002. Abrasem, Brasília. 135 p.

- Agriannual. 2003. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio/Mendes & Scotoni. Editora Argos, São Paulo. 544 p.
- Alves, V.M.C., S.M. Parentoni, I.E. Marriel, C.A. Vasconcellos, G.V.E. Pitta & A.A.C. Purcino. 2000. Eficiência nutricional em milho: a experiência da Embrapa Milho e Sorgo. In Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 23. Uberlândia, Minas Gerais. CD-Rom.
- Atlin, G.M. & K.J. Frey. 1989. Breeding crop varieties for low-input agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 4: 53-58.
- Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton. 223 p.
- Carvalho, H.W.L., M.L.S. Leal, M.J. Cardoso, M.X. Santos, B.C.L. Carvalho, J.N. Tabosa, M.A. Lira & M.M. Albuquerque. 2001. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36: 637-644.
- Ceccarelli, S. 1996. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica*, 92: 203-214.
- Durães, F.M., H.M.C.P. Chamma, J.D. Costa, D.C. Magalhães & C.S. Borba. 1993. Índices de vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.) associados com emergência no campo e rendimento de grãos. In Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4. SBFV/UFCE, Fortaleza. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 5: 90 p.
- Fidelis, R.R. 2003. Metodologias de seleção para eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 37 p.
- Gama, E.E.G., S.N. Parentoni, C.A.P. Pacheco, A.C. Oliveira, P.E.O. Guimarães & M.X. Santos. 2000. Estabilidade da produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1143-1149.
- Gama, E.E.G., I.E. Marriel, P.E.O. Guimarães, S.N. Parentoni, M.X. Santos, C.A.P. Pacheco, W.F. Meireles, P.H.E. Ribeiro & A.C. Oliveira. 2002. Combining ability for nitrogen use in a selected set of inbred lines from a tropical maize population. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1: 68-77.
- Haag, H.P. 1987. A Nutrição Mineral e o Ecossistema. p. 49-68. In P.R.C. Castro (Ed). *Ecofisiologia da Produção Agrícola*. Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fósforo, Piracicaba. 249 p.
- Machado, A.T. 1997. Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 219 p.
- Machado, A.T. 1998. Histórico do melhoramento genético realizado pelas instituições públicas e privadas no Brasil: um enfoque crítico. p. 32-38. In A.C. Soares, A.T. Machado, B.M. Silva & J.M. Weid (Ed.). *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. AS-PTA, Rio de Janeiro. 196 p.
- Machado, A.T., M.B. Pereira, M.E. Pereira, C.T.T. Machado & L.O. Médice. 1998a. Avaliação de variedades locais e melhoradas de milho em diferentes regiões do Brasil. p. 93-106. In A.C. Soares, A.T. Machado, B.M. Silva, J.M. Weid (Ed.). *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. AS-PTA, Rio de Janeiro. 196 p.
- Machado, A.T., L. Sodek, J. Döbereiner & V.M. Reis. 1998b. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33: 961-970.
- Machado, C.T.T., J.G.M. Guerra, D.L. Almeida & A.T. Machado. 1999. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. *Bragantia*, 58: 109-124.
- Ribeiro Júnior, J.I. 2001. Análises estatísticas no SAEG. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 301 p.
- Ribeiro, P.H.E., M.A.P. Ramalho & D.F. Ferreira. 2000. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 2213-2222.
- Ruttan, V.W. 1991. Constraints on sustainable growth in agricultural into 21st century. *Outlook on Agriculture*, Elmsford, 20: 225-234.
- Santos, M.X., P.E.O. Guimarães, C.A.P. Pacheco, G.E. França, S.N. Parentoni, E.E.G. Gama & M.A. Lopes. 1998. Melhoramento intrapopulacional no sintético elite NT para solos pobres em nitrogênio. I. Parâmetros genéticos de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33: 55-61.
- Scott, A.J. & M. Knott. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30: 507-512.
- Souza, L.V., G.V. Miranda, A. Vaz de Melo, L.J.M. Guimarães, M.J.R. Calais, F.R. Eckert & J.S. Lima. 2002. Comportamento de cultivares de polinização aberta de milho na Zona da Mata de Minas Gerais. In Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24. Florianópolis, Santa Catarina. CD-Rom.
- Souza, L.V. 2003. Capacidade de combinação de cultivares de milho sob estresses abióticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 44 p.
- Vencovsky, R. & P. Barriga, P. 1992. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto. 487 p.