

Seleção de progênes de meio-irmãos de milho para eficiência no uso de nitrogênio¹

Selection of half-sib of maize for nitrogen use efficiency

Rafael Heinz^{2*}, Leandro Henrique de Sousa Mota², Manoel Carlos Gonçalves², Antonio Luiz Viegas Neto² e André Carlesso³

RESUMO - O trabalho teve por objetivo estimar os parâmetros e os ganhos genéticos na seleção de progênes de meio-irmãos para eficiência no uso de nitrogênio, por meio de seleção simultânea de caracteres. Foram instalados dois experimentos, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada (alto N) e outro em condição de estresse (baixo N). O delineamento experimental utilizado foi em látice 10x10, com duas repetições. Nos ensaios foram utilizadas 84 progênes de meio-irmãos e 16 testemunhas. A partir dos quadrados médios das análises de variâncias de cada ambiente foram realizadas as estimativas dos parâmetros genéticos. Após as análises, foram selecionadas em cada ambiente 17 progênes de meio-irmãos, por meio do índice clássico de seleção, e verificou-se a repetibilidade das progênes entre os ambientes. Observou-se variabilidade entre as progênes, determinando o potencial da população para a seleção considerando-se a eficiência no uso de nitrogênio. As estimativas de parâmetros e ganhos genéticos foram maiores em alto N. O uso do índice de seleção promoveu estimativas de ganho por seleção de 24,43 e 21,05% para alto e baixo N, respectivamente, para a produtividade de grãos. As progênes selecionadas apresentaram médias de produtividade de grãos de 13,45 e 19,47% maiores que as testemunhas, em alto e baixo N, respectivamente.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Seleção recorrente. Estresse abiótico. Ganho genético.

ABSTRACT - The study aimed to estimate the parameters and the genetic gain in selection of half-sib for nitrogen use efficiency, through simultaneous selection of characters. Two experiments were established, differentiated by nitrogen fertilization, one with proper fertilization (high N) and another in stress conditions (low N). The experiment was using a 10x10 lattice with two replications. In the tests we used 84 different half-sib and 16 witnesses. From the mean squares of analysis of variance in each environment were the estimates of genetic parameters. After the analysis were selected in each environment 17 different half-brothers, through the classical index selection, and verified the repeatability of the progeny in both environments. Observed variability among progenies, determining the potential for population screening for nitrogen use efficiency. The parameter estimates and genetic gains were higher in high N. The use of selection index promoted estimates of selection gain of 24.43 and 21.05% for high and low N, respectively, for grain yield. The progenies showed average yield of 13.45 and 19.47% higher than control in high and low N, respectively.

Key words: *Zea mays* L.. Recurrent selection. Abiotic stress. Genetic gain.

*autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 08/08/2011; aprovado em 15/03/2012

Parte do trabalho de conclusão de curso dos dois primeiros autores, apresentado ao curso de Agronomia, FCA/UFCD

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil, heinz_rafael@yahoo.com.br, leandromota22@bol.com.br, manaelgoncalves@ufgd.edu.br, antonio-viegas@hotmail.com

³Graduando do curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil, andre_titimi@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O milho é o principal cereal produzido em nosso país, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial da cultura, cultivando cerca de 12,94 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 53,46 milhões de toneladas de grãos e produtividade média estimada de 4,13 toneladas por hectare (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2010). Esta produtividade é de um modo geral considerada baixa, quando comparada com o potencial produtivo das cultivares disponíveis no mercado. As cultivares atuais apresentam potencial para alcançarem uma produtividade de até 13,8 t ha⁻¹, verificadas por Sangoi *et al.* (2006) e Forsthofer *et al.* (2006).

A baixa produtividade encontrada no Brasil se deve a vários fatores, dentre eles, assumem uma importância relevante o fato do desenvolvimento de linhagens endogâmicas para a síntese de híbridos de milho ser realizada em condições sem restrições de nitrogênio (ANDREA *et al.*, 2006). Desta forma, ao final do processo de melhoramento genético a cultivar obtida necessitará de altas doses deste nutriente para a expressão do seu máximo potencial genético (SOUZA, 2007).

A obtenção de cultivares de milho mais eficientes no uso de nitrogênio pode ser realizada via seleção, uma vez que há variabilidade genética para eficiência no uso de nitrogênio em milho (SOUZA *et al.*, 2008; SOARES *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2009; CANCELLIER *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2011). A seleção de genótipos com maior eficiência na utilização de nitrogênio é considerada, uma das maneiras mais adequadas para diminuir o custo de produção das culturas (MAJEROWICZ *et al.*, 2002).

Devido a interação genótipo x ambiente e a baixa herdabilidade em condição de baixo nitrogênio, a seleção para eficiência no uso de nitrogênio é dificultada. Uma alternativa é a utilização de características secundárias no processo seletivo, por meio de seleção indireta ou a composição de índices de seleção (MIRANDA *et al.*, 2005).

Dentre os vários métodos de melhoramento a seleção recorrente se destaca, uma vez que tem por finalidade aumentar a frequência dos alelos favoráveis nas populações, isto é, o seu desempenho médio na expressão do caráter, mantendo a variabilidade necessária durante os ciclos de seleção subsequentes (SOUZA JUNIOR, 2001). A seleção recorrente pode ser intrapopulacional quando visa o melhoramento “per se” da população ou interpopulacional, que tem por objetivo a melhoria da heterose de duas populações, quando cruzadas.

A seleção intrapopulacional vem sendo empregada por causa de sua simplicidade e aplicabilidade para um grande número de caracteres (HALLAUER *et al.*, 1988). Entre os vários métodos de melhoramento intrapopulacional

empregados na cultura do milho, o que utiliza progênes de meios-irmãos é o mais utilizado, sendo empregado para a obtenção de cultivares mais produtivas, como também visando a obtenção de linhagens (PALOMINO *et al.*, 2000).

O trabalho teve por objetivo estimar os parâmetros e os ganhos genéticos na seleção de progênes de meios-irmãos para eficiência no uso de nitrogênio, por meio de seleção simultânea de caracteres.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada (alto N) e outro em condição de estresse (baixo N). O delineamento experimental utilizado foi em látice 10x10, com duas repetições. A unidade experimental foi constituída de uma linha de cinco metros, espaçadas em 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. Nos ensaios foram utilizadas 84 progênes de meio-irmãos e 16 testemunhas. As testemunhas utilizadas foram as variedades AL 25, AL 34, AL Ipiranga, AL Alvorada e AL Bandeirante, os híbridos simples DKB 390, DKB 177, AG 9010, AGN 3050 o híbrido simples modificado AS 1535 e os híbridos duplos AGN 35 A 42, XB 8010, Balu 184, DKB 615, DKB 979 e DKB 789.

As progênes de meio-irmãos foram obtidas de uma população resultante da recombinação de 20 genótipos de milho. Estes genótipos são recomendados para a região centro-sul do Mato Grosso do Sul. A população base foi semeada em campo isolado em ambiente de baixo nitrogênio, utilizando 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio durante o ciclo da cultura. As progênes de meio-irmãos foram obtidas por meio de seleção para altura de planta, prolificidade, teor de clorofila total durante o florescimento feminino e qualidade de espigas.

Para caracterizar o ambiente com alto N, foi utilizada uma dose de 120 kg ha⁻¹ de N, sendo aplicados 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 100 kg ha⁻¹ em cobertura. No ambiente com baixo N foi utilizada uma dose de 40 kg ha⁻¹, sendo aplicados 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 20 kg ha⁻¹ em cobertura.

Os experimentos foram instalados na safra 2009/2010, no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados - MS, localizada na latitude 22°11'55" S, longitude de 54°56'07" W e 452 metros de altitude. O clima da região é classificado como do tipo Cwa (Köppen), apresentando precipitação média acumulada de 1.427 mm (FIETZ; FISCH, 2006).

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico, apresentando as seguintes características granulométricas e químicas da camada de 0-20 cm de

profundidade: 762,11 g kg⁻¹ de argila; 165,48 g kg⁻¹ de silte e 72,41 g kg⁻¹ de areia; 33,6 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 5,6 de pH (H₂O); 17 mg dm⁻³ de fósforo; 5,6 mmol_c dm⁻³ de potássio; 0,6 mmol_c dm⁻³ de alumínio; 38 mmol_c dm⁻³ de cálcio; 24 mmol_c dm⁻³ de magnésio; 45 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 67,6 mmol_c dm⁻³ de soma de bases; 112,6 mmol_c dm⁻³ de capacidade de troca de cátions; 60% de saturação por bases.

O preparo do solo da área foi do tipo convencional e a semeadura dos ensaios foi realizada manualmente no dia 18 de novembro de 2009. Para os dois experimentos foram utilizadas adubação de semeadura com 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 50 kg ha⁻¹ de potássio e 50 kg ha⁻¹ de fósforo, segundo as recomendações de Sousa e Lobato (2004).

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada quando as plantas de milho apresentavam quatro folhas totalmente expandidas, utilizando a dose que caracterizava o ambiente de alto N e baixo N. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Durante o florescimento feminino da cultura foi avaliado o teor de clorofila, por meio de leitura com clorofilômetro (modelo SPAD-502). As leituras foram realizadas de acordo com Argenta *et al.* (2001).

Foram realizadas avaliações dos seguintes caracteres agrônômicos: altura de planta (AP), médias das amostragens feitas no nível do solo à inserção da folha-bandeira, em metros; altura de espiga (AE), média das distâncias do nível do solo até a inserção da espiga superior, em metros; número de espigas por planta (NE), média do número de espigas por planta; tamanho de espiga despilhada (TE), média do tamanho de espigas despilhadas, em centímetros; diâmetro de espiga (DE), média do diâmetro da espiga despilhada, em milímetros; peso de espiga (PE) média do peso individual da espiga, em gramas; e Produtividade de grãos (PROD), estimada através da produtividade de grãos da unidade experimental, corrigido para 13% de umidade, em kg ha⁻¹.

Inicialmente, realizou-se a análise de variância individual de acordo com o modelo proposto por Silva *et al.* (1999), considerando-se a análise individual intrablocos com tratamentos ajustados e blocos dentro de repetições não-ajustados. Em seguida, foi realizada a análise de variância conjunta, segundo o modelo apresentado por Regazzi *et al.* (1999), considerando-se a análise intrablocos com tratamentos ajustados e blocos dentro de repetições não-ajustados. As análises de variância individuais e conjuntas foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC, 2004).

A partir dos quadrados médios das análises de variâncias de cada ambiente foram realizadas as estimativas dos parâmetros genéticos, segundo Vencovsky

e Barriga (1992). Após as análises foram selecionadas em cada ambiente 17 progênies de meio-irmãos, para verificar o índice de repetibilidade entre os ambientes de Alto e Baixo N. Na seleção dos melhores genótipos e estimativas dos progressos genéticos utilizou-se o índice de seleção clássico (SMITH, 1936; HAZEL, 1943). As análises genéticas foram realizadas utilizando o programa Genes (CRUZ, 2006).

O ganho predito pelo índice é expresso por (Equação 1):

$$\Delta g_{j(I)} = DS_{j(I)} h_j^2 \quad (1)$$

Em que:

$\Delta g_{j(I)}$ = $g_{j(I)}$: ganho esperado para o caráter j, com a seleção baseada no índice I;

$DS_{j(I)}$: diferencial de seleção do caráter j, com seleção baseada no índice I;

h_j^2 : herdabilidade do caráter j.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constatada diferença significativa ($p \leq 0,05$) para os caracteres altura de planta (AP), número de espigas por planta (NE), diâmetro de espiga (DE), peso de espiga (PE) e produtividade (PROD) quando avaliados no ambiente de baixo N. No ambiente de alto N não foi observado diferença significativa apenas para número de espiga por planta (NE) e o teor de clorofila total (CT) (Tabela 1). A existência de significância demonstra a variabilidade genética entre as progênies de meio-irmãos. Assim, é possível que ganhos sejam obtidos a partir do melhoramento dessa população, para os diferentes ambientes.

Quando as progênies foram avaliadas em ambiente de alto N observou-se um maior número de caracteres expressando variabilidade genética. Neste ambiente de alto N observou-se variabilidade para altura de espiga e tamanho de espiga, contudo em ambiente de baixo N não foi observado efeito significativo (Tabela 1). Desta forma, seleções realizadas sobre estes caracteres em ambiente com adequada adubação nitrogenada não serão recomendadas para o ambiente com baixo N, pois selecionará materiais com baixa resposta a este ambiente.

Em relação aos coeficientes de variação dos experimentos, verificou-se de modo geral, que foram relativamente baixos, com exceção para o caractere altura de espiga. Os coeficientes do experimento em baixo N variaram de 3,4 (DE) a 39,3% (AE), já para o alto N a variação foi de 3,6 (DE) a 13,9% (PROD) (Tabela 1).

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2008), avaliando a produtividade de populações de milho em

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das variáveis agrônomicas de progênies de meio-irmãos de milho e testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo N

Baixo N									
F.V.	GL	Quadrados Médios							
		AP	NE	AE	TE	DE	PE	PROD	CT
Repetições	1	0,17 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,49 ^{ns}	4,74 ^{ns}	1996,55 ^{ns}	14959377,9 ^{ns}	197,6 ^{ns}
Blocos/Repetições	18	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,26 ^{ns}	9,46 ^{ns}	13,13 ^{ns}	3639,67 ^{ns}	4453562,4 ^{ns}	17,9 ^{ns}
Progênies	99	0,05*	0,02*	0,18 ^{ns}	1,60 ^{ns}	11,33*	1905,60*	2154277,4*	10,4 ^{ns}
CV %		5,30	11,10	39,30	8,00	3,40	16,50	21,10	5,80
Média		1,94	1,07	1,11	15,69	47,56	191,32	4684,29	55,49
Eficiência Látice		103,7	94,61	105,2	100,0	99,81	93,88	99,18	97,64
Alto N									
F.V.	GL	Quadrados Médios							
		AP	NE	AE	TE	DE	PE	PROD	CT
Repetições	1	0,29 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,17 ^{ns}	4,20 ^{ns}	2,36 ^{ns}	1772,98 ^{ns}	10106306,6 ^{ns}	0,0 ^{ns}
Blocos/Repetições	18	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,22 ^{ns}	10,25 ^{ns}	1995,67 ^{ns}	2186418,3 ^{ns}	14,1 ^{ns}
Progênies	99	0,04*	0,01 ^{ns}	0,03*	3,02*	11,00*	2284,13*	3369874,0*	16,2 ^{ns}
CV %		5,90	11,40	7,80	7,10	3,60	13,80	13,90	6,00
Média		2,03	1,07	1,14	16,56	48,79	211,63	5753,98	59,72
Eficiência Látice		103,7	104,4	99,81	116,4	106,55	104,41	109,33	101,7

FV - Fonte de variação; AP - Altura de planta (m); NE - Número de espigas por planta; AE - Altura de espigas (m); TE - Tamanho de espigas (cm); DE - Diâmetro de espigas (mm); PE - Peso de espigas (g); PROD - Produtividade (kg ha⁻¹); CT - Teor de clorofila total (Índice SPAD); * - Efeito significativo a 5% pelo teste F; ^{ns} - não significativo

ambiente com alto e baixo nitrogênio, encontraram CV% variando de 19,0 a 22,8 para ambiente com alto N e, para o ambiente com baixo N o CV% variou de 24,0 a 35,3. Em estudo realizado por Santos *et al.* (1998), avaliando progênies de meio-irmãos, obtiveram coeficientes de variação de 22,27 e 23,42%, para o caractere produtividade, nos ambientes de alto e baixo N respectivamente.

Na análise de variância conjunta dos ambientes, não houve significância ($p > 0,05$) para a interação progênies x ambiente, com exceção para do caractere DE, indicando que as progênies e os níveis de nitrogênio foram independentes. Outros autores verificaram a não existência de interação significativa. Silva Filho *et al.* (2001), avaliando o comportamento de progênies endógamas em dois níveis de nitrogênio não encontraram efeito significativo na interação progênies x níveis de nitrogênio. Corroborando com estes resultados Fidelis *et al.* (2007), não encontraram efeito significativo para a interação genótipos x nitrogênio, na avaliação de genótipos de milho eficientes na absorção de nitrogênio.

A média da produtividade obtida pelas progênies de meio-irmãos no ambiente de alto N foi de 5.753,98 kg ha⁻¹, já para baixo N foi de 4.684,29 kg ha⁻¹. Resultando, desta

forma, em uma redução de 18,59% na média devido ao estresse (Tabela 1). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Souza *et al.* (2008), que constataram redução de 23,20%, sendo estes valores próximos ao encontrado por Silva (2008), que observaram redução de 28,4%.

Quanto ao número de espigas por planta, não houve diferença na média entre os ambientes. Para altura de planta houve redução na média de 4,43%, na qual as progênies apresentaram média de 2,03 em alto N e 1,94 em baixo N. Quanto à altura de espiga a média em baixo N foi 2,63% inferior à média observada em alto N. Em relação ao diâmetro de espiga e teor de clorofila total, verificaram-se reduções de 2,52 e 7,08%, respectivamente (Tabela 1).

Analisando a média das progênies selecionadas (Tabela 2), nota-se que todos os caracteres que estão ligados diretamente a produtividade, apresentaram valores superiores para o ambiente com alto N. A produtividade média das progênies selecionadas para alto N foi de 7.527,79 kg ha⁻¹, já para baixo N foi de 6.326,42 kg ha⁻¹, constatando-se uma redução na produtividade de 15,95%. Santos *et al.* (1998), observaram que em baixo N houve uma redução de 27,14%, na produtividade de grãos das progênies de meio-irmãos, em relação ao ambiente com alto N.

Tabela 2 - Médias de oito características, avaliadas em 17 progênies de meio-irmãos selecionadas pelo índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), submetidas em ambiente com alto e baixo N

Ambiente	Progênies	Médias dos Caracteres							
		AP	NE	AE	TE	DE	PE	CT	PROD
Alto N	13	2,03	1,40	1,24	17,80	52,88	248,10	60,00	8985,89
	58	2,24	1,00	1,21	18,40	51,59	276,39	63,20	7910,89
	91	2,00	1,00	1,19	16,40	51,71	229,68	63,10	7860,55
	100	2,08	1,40	1,16	15,80	50,48	221,36	55,80	7752,78
	86	1,88	1,00	1,07	16,20	52,90	257,48	61,30	7665,89
	17	2,36	1,20	1,34	16,30	49,39	221,23	61,30	7543,55
	30	2,03	1,10	1,11	16,30	49,42	232,62	61,40	7541,22
	28	2,13	1,10	1,25	16,70	51,46	255,10	60,20	7495,00
	70	2,03	1,10	1,18	17,80	51,07	272,35	57,00	7473,44
	26	2,07	1,10	1,18	16,30	46,59	267,50	60,50	7460,81
	46	2,08	1,20	1,11	17,00	48,98	237,84	58,50	7448,11
	2	2,39	1,10	1,36	18,20	50,09	248,84	63,30	7332,44
	14	2,16	1,10	1,28	17,40	50,77	231,59	57,70	7279,00
	15	2,18	1,00	1,14	18,30	51,27	243,72	61,70	7238,22
	21	2,00	1,10	1,13	17,90	49,66	232,28	59,70	7105,11
	48	2,21	1,10	1,19	16,60	48,82	226,91	56,30	6998,89
	41	2,46	1,00	1,46	18,10	49,78	251,00	62,10	6880,67
Média		2,14	1,1	1,21	17,1	50,40	244,35	60,2	7527,79
Baixo N	69	2,02	1,10	1,09	17,30	48,79	254,28	53,90	8261,66
	65	2,17	1,00	1,24	17,90	50,76	264,57	57,00	7774,33
	63	2,16	1,00	1,24	16,40	55,66	253,82	59,80	7686,78
	77	2,02	1,00	1,20	16,40	51,60	252,71	55,80	6522,78
	82	2,04	1,00	1,15	16,50	50,66	230,07	54,20	6447,55
	74	2,11	1,30	1,19	16,10	48,35	204,24	56,30	6444,44
	21	2,35	1,20	1,50	18,30	50,51	255,59	56,80	6432,55
	27	2,04	1,10	1,15	16,40	43,42	193,21	56,80	6395,89
	17	2,09	1,00	1,23	15,10	48,93	206,25	58,10	6375,89
	24	2,21	1,00	1,33	17,70	48,69	202,44	57,40	6335,55
	18	2,03	1,10	1,05	14,80	49,44	198,33	57,50	6139,00
	28	2,23	1,10	1,40	15,90	47,59	189,40	53,50	5672,22
	23	2,26	1,00	1,33	15,60	47,04	199,42	53,90	5624,44
	14	2,13	1,10	1,21	15,20	47,86	195,28	51,30	5476,44
	22	2,14	1,00	1,23	15,60	51,29	240,82	54,70	5376,66
	52	2,10	1,20	1,20	14,80	45,38	162,57	50,40	5364,78
	38	2,28	1,00	1,25	14,80	48,84	185,62	58,30	5218,11
Média		2,14	1,1	1,23	16,2	49,11	216,98	55,6	6326,42

AP - Altura de planta (m); NE - Número de espigas por planta; AE - Altura de espigas (m); TE - Tamanho de espigas (cm); DE - Diâmetro de espigas (mm); PE - Peso de espigas (g); PROD - Produtividade (kg ha⁻¹); CT - Teor de clorofila total (Índice SPAD)

Apesar de não ter ocorrido interação significativa entre os fatores progênes e ambientes, houve uma concordância de apenas 3 progênes de meio-irmãos (17,6%) para os ambientes de alto e baixo N. Caracterizando a importância da seleção ser realizada em ambientes distintos.

Em relação à produtividade média das testemunhas avaliadas nos dois ambientes, nota-se que em baixo N houve uma redução de produtividade de 21,80% em relação ao ambiente com alto N (Tabela 3). A média de produtividade de grãos das progênes de meio-irmãos, selecionadas em alto N, foi 13,45% maior que a média das testemunhas, e em ambiente com baixo N a média foi 19,47% maior que a média das testemunhas. Estes resultados demonstram o potencial de utilização dos materiais para obtenção de cultivares comerciais.

Na tabela 4, são apresentadas as estimativas dos parâmetros genéticos, obtidas na avaliação das características agronômicas, considerando-se os ensaios conduzidos em ambiente com alto e baixo N. As variâncias para os caracteres relacionados à produção foram maiores quando as progênes foram avaliadas em ambiente com alto N. Nos demais caracteres as variâncias foram maiores em ambiente com baixo N. Corroborando com os resultados Silva *et al.* (2008), encontraram estimativas dos parâmetros genéticos maiores quando avaliaram as progênes em ambiente de alto N, considerando o caráter produtividade de grãos.

As estimativas de herdabilidade e ganho por seleção sobre os componentes de produção (TE, PE e PROD) foram maiores em ambiente com alto N.

Tabela 3 - Médias de oito características agronômicas das testemunhas avaliadas em ambiente com alto e baixo N

Testemunha	AP	NE	AE	TE	DE	PE	CT	PROD
	-----Alto N-----							
DKB 390	2,00	1,00	1,19	16,40	51,71	229,68	63,10	7860,55
DKB 789	2,14	1,10	1,13	17,20	49,89	229,08	61,25	7854,00
AGN 3050	1,88	1,00	1,07	16,20	52,90	257,48	61,30	7665,89
DKB 177	2,03	1,10	1,18	17,80	51,07	272,35	56,95	7473,44
AL Alvorada	2,08	1,20	1,11	17,00	48,98	237,84	58,50	7448,11
DKB 979	2,05	1,00	1,13	18,80	48,52	236,90	57,85	7429,33
AL 34	2,40	1,10	1,36	17,20	50,09	246,84	62,00	7330,44
AL Bandeirante	2,40	1,20	1,49	18,90	51,10	267,50	61,45	6918,44
AG 9010	1,76	1,00	0,84	15,40	45,45	170,26	60,05	6690,78
AGN 35A42	1,94	1,10	1,10	15,90	49,88	203,78	60,85	6578,33
DKB 615	1,97	1,10	1,03	17,90	45,55	206,85	74,30	6343,11
AL 25	2,34	1,00	1,38	17,90	51,06	257,33	61,95	6017,55
AS 1535	1,95	1,10	0,97	16,00	49,55	177,83	58,25	5354,11
XB 8010	1,88	1,00	1,09	17,40	49,15	223,48	58,85	5287,55
Balu 184	1,93	1,00	1,09	15,50	47,24	160,90	61,45	5142,78
AL Ipiranga	2,06	1,30	1,15	15,70	45,01	170,65	50,50	2841,66
Média	2,05	1,08	1,14	17,01	49,19	221,92	60,60	6514,88
	-----Baixo N-----							
DKB 789	2,02	1,10	1,09	17,30	48,79	254,28	53,90	8261,66
DKB 177	2,17	1,00	1,24	17,90	50,76	264,57	56,95	7774,33
DKB 390	2,16	1,00	1,24	16,40	55,66	253,82	59,80	7686,78
AL Bandeirante	2,34	1,10	1,33	17,53	47,60	200,64	52,55	6218,89
DKB 979	1,93	1,00	1,03	17,00	48,77	226,33	59,95	6204,00
AGN 3050	1,76	1,00	0,99	14,50	46,58	166,22	58,00	5899,55

Continuação da Tabela 3

AL 34	2,26	1,00	1,28	16,05	49,29	212,44	54,85	4835,77
Balu 184	1,83	1,00	1,06	15,00	45,38	146,60	57,85	4488,11
DKB 615	1,85	1,00	0,95	16,70	45,85	177,23	54,75	4286,22
AS 1535	1,81	1,00	0,87	15,70	51,40	169,72	58,25	4196,44
AL Alvorada	1,97	1,20	1,13	15,40	50,07	205,38	55,00	4151,77
AGN 35A42	1,90	1,00	1,05	15,20	47,79	178,12	56,40	4025,66
XB 8010	1,96	1,00	1,09	17,00	48,02	224,52	54,90	3695,44
AG 9010	1,82	1,00	3,89	17,30	45,52	182,80	61,70	3627,89
AL 25	1,74	1,00	0,93	13,80	45,29	130,63	50,80	3494,66
AL Ipiranga	2,06	1,30	1,25	15,60	46,50	195,61	54,30	2662,11
Média	1,97	1,04	1,27	16,15	48,33	199,31	56,25	5094,33

AP - Altura de planta (m); NE - Número de espigas por planta; AE - Altura de espigas (m); TE - Tamanho de espigas (cm); DE - Diâmetro de espigas (mm); PE - Peso de espigas (g); PROD - Produtividade (kg ha⁻¹); CT - Teor de clorofila total (Índice SPAD)

Tabela 4 - Estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_A^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), herdabilidade ($h^2_{\%}$), ganho por seleção estimado pelo índice de Smith (1936) e Hazel (1943) (GS%), índice de variação (CVg/CVe) e coeficiente de variação genotípica (CV_g%) em progênies de meio-irmãos avaliadas em ambiente com alto e baixo N

Parâmetros	AP	NE	AE	TE	DE	PE	PROD	CT
	Alto N							
$\hat{\sigma}_F^2$	0,025	0,009	0,017	1,661	6,056	1223,188	1788984,927	8,437
$\hat{\sigma}_A^2$	0,008	0,007	0,005	0,798	1,617	450,104	356034,956	6,194
$\hat{\sigma}_G^2$	0,017	0,001	0,012	0,864	4,439	773,084	1432949,971	2,243
$h^2_{\%}$	68,565	15,562	71,270	51,995	73,298	63,202	80,099	26,584
GS%	3,880	0,670	4,980	2,380	2,290	8,920	24,430	0,200
CVg/CVe	1,044	0,304	1,114	0,736	1,172	0,927	1,419	0,426
CV _g %	6,423	3,467	9,625	5,613	4,318	13,138	20,804	2,508
Baixo N								
$\hat{\sigma}_F^2$	0,034	0,011	0,101	1,227	6,447	1158,632	1378119,743	5,926
$\hat{\sigma}_A^2$	0,006	0,008	0,093	1,073	1,506	534,767	503161,689	5,187
$\hat{\sigma}_G^2$	0,027	0,003	0,008	0,154	4,941	623,865	874958,054	0,738
$h^2_{\%}$	81,046	24,503	8,086	12,569	76,643	53,845	63,489	12,459
GS%	8,560	0,010	0,990	0,340	2,420	6,880	21,050	-0,010
CVg/CVe	1,462	0,403	0,210	0,268	1,281	0,764	0,932	0,267
CV _g %	8,503	4,803	8,194	2,503	4,674	13,056	19,969	1,549

AP - Altura de planta (m); NE - Número de espigas por planta; AE - Altura de espigas (m); TE - Tamanho de espigas (cm); DE - Diâmetro de espigas (mm); PE - Peso de espigas (g); PROD - Produtividade (kg ha⁻¹); CT - Teor de clorofila total (Índice SPAD)

As herdabilidades para a característica PROD foram estimadas em 80,01 e 63,49%, para ambiente com alto e baixo N, respectivamente (Tabela 4). O ganho por seleção, para a característica PROD, esperado com a seleção de 17

progênies de meio-irmãos, estimado pelo índice de Smith (1936) e Hazel (1943), foram de 24,40 e 21,05% para alto e baixo N, respectivamente. Resultados parecidos foram observados por Santos *et al.* (1998), onde verificaram

que de um modo geral, todas as estimativas, dentre elas herdabilidade e ganho por seleção, foram superiores no ambiente com alto N.

Quando as progênies foram avaliadas em ambiente com baixo N, as estimativas de herdabilidade e ganho por seleção das características AP, NE e DE, foram maiores. Contudo para as demais características avaliadas a herdabilidade estimada foi menor (Tabela 4). De acordo com Rumbaugh *et al.* (1984), a redução na herdabilidade dos caracteres é tanto maior quanto maior for o grau de estresse. Esta é uma das principais dificuldades encontradas nos programas de melhoramento na seleção de genótipos para ambientes de baixo N.

A relação CVg/CVe ou índice b, proposto por Vencovsky (1978), dá a proporção da variância genética em relação ao erro residual, não havendo, portanto, influência da média populacional. As estimativas do índice b foram em geral altas para os caracteres, indicando suficiente variabilidade genética para os caracteres agrônomicos avaliados, demonstrando potencial para seleção em programa para obtenção de genótipos de milho eficientes no uso de nitrogênio. Contudo para os caracteres AE, TE e NE, foram observados baixo valores do índice b (Tabela 4).

CONCLUSÕES

1. A população de milho avaliada apresenta potencial para o melhoramento visando à obtenção de progênies eficientes no uso de nitrogênio;
2. As estimativas dos parâmetros genéticos e ganho genético esperado com a seleção são maiores em ambiente com alto N;
3. A seleção simultânea de caracteres é eficiente para a seleção de progênies de meio-irmãos para eficiência no uso de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

ANDREA, A. K. E. *et al.* Genotypic variability in morphological and physiological traits among maize inbred lines nitrogen responses. **Crop Science**, v. 46, n. 03, p. 1266-1276, 2006.

ARGENTA, G. *et al.* Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 02, p. 158-167, 2001.

CANCELLIER, L. L. *et al.* Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantis. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 01, p. 139-148, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Central de informações agropecuárias: safra/grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2010.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 382 p.

FIDELIS, R. R. *et al.* Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 03, p. 147-153, 2007.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 32 p.

FORSTHOFER, E. L. *et al.* Desempenho agrônomico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 03, p. 399-407, 2006.

HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A.; LANKEY, K. R. Corn breeding. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. **Corn and corn improvement**. Madison: ASA, 1988. p. 463-565.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 06, p. 476-490, 1943.

MAJEROWICZ, N. *et al.* Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 02, p. 129-136, 2002.

MIRANDA, G. V. *et al.* Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by a chlorophyll meter. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 05, n. 04, p. 451-459, 2005.

PALOMINO, E. C.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meio-irmãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 07, p. 1433-1439, 2000.

RUMBAUGH, M. D.; ASSAY, K. H.; JOHNSON, D. A. Influence of drought stress on genetic variances of alfalfa and wheatgrass seedlings. **Crop Science**, v. 24, n. 02, p. 297-303, 1984.

REGAZZI, A. J. *et al.* Análise de experimentos em látice quadrado com ênfase em componentes de variância. II Análise conjunta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 1987-1997, 1999.

SANGOI, L. *et al.* Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 03, p. 747-755, 2006.

SANTOS, M. X. *et al.* Melhoramento intrapopulacional no sintético elite NT para solos pobres em nitrogênio. I Parâmetros genéticos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 01, p. 29-34, 1998.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.

SILVA, H. D. *et al.* Análise de experimentos em látice quadrado com ênfase em componentes de variância. I Análises individuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 10, p. 1811-1822, 1999.

SILVA FILHO, J. L.; CARVALHO, S. F.; RAMALHO, M. A. P. Comportamento de famílias endógamas de três populações de milho ao nitrogênio em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 01, p. 14-22, 2001.

SILVA, R. G. *et al.* Potencial genético das populações de milho UFVM 100 e UFVM 200 avaliadas em solos com deficiência de nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 01, p. 22-29, 2008.

- SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals Eugenics**, v. 07, n. 03, p. 240-250, 1936.
- SOARES, M. O. *et al.* Discriminação de linhagens de milho quanto à utilização de nitrogênio, por meio da avaliação de características do sistema radicular. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 08, n. 01, p. 95-105, 2009.
- SOARES, M. O. *et al.* Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 01, p. 168-174, 2011.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- SOUZA JUNIOR, C. L. Melhoramento de espécies alógamias. *In*: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação Rondonópolis, 2001. p. 159-199.
- SOUZA, L. V. **Melhoramento de milho para eficiência no uso de nitrogênio**. 2007. 53 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- SOUZA, A. R. R. *et al.* Agronomic performance of white maize landrace in different environmental conditions. **Revista Ceres**, v. 55, n. 06, p. 497-503, 2008.
- SOUZA, L. V. *et al.* Combining ability of maize grain yield under different levels of environmental stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1297-1303, 2009.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. *In*: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1978. cap. 5, p.122-201.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.