

QUINTO CICLO DE SELEÇÃO RECORRENTE NA POPULAÇÃO DE MILHO SINTÉTICO ELITE NT EM SOLOS COM BAIXO NÍVEL DE NITROGÊNIO

Manoel Xavier Santos; Ivanildo Evódio Marriel; Cleso Antônio P. Pacheco; Elto Eugênio G. Gama; Sidney Neto Parentoni; Paulo Evaristo O. Guimarães; Hélio Wilson L. Carvalho; Walter F. Meirelles; Pedro Hélio Estevam Ribeiro; Gonçalo E. França

RESUMO: Os programas de melhoramento, de modo geral, têm selecionado sob condições ótimas, mas, esta parece não ser a estratégia ideal no desenvolvimento de cultivares para áreas sob estresses. O objetivo deste trabalho foi avaliar o quinto ciclo de seleção recorrente na população Sintético Elite NT e efetuar as estimativas de parâmetros genéticos sob duas condições ambientais: com estresse (N-) e sem estresse de nitrogênio (N+). Foram avaliadas em Sete Lagoas-MG, 64 famílias de meios irmãos tendo-se utilizado o delineamento em látice simples 8x8 e uma testemunha intercalar (BR 106), selecionada sempre em condições ótimas. Os resultados da análise individual e conjunta de variância mostraram diferenças altamente significativas para tratamentos ($P < 0.001$) e para a interação tratamentos x ambientes. A redução de produtividade de N+ para N- foi de 75% para a testemunha intercalar e 62% para as famílias selecionadas. A estimativa da variância genética aditiva no ambiente N- foi 5,5 vezes mais baixa que no ambiente N+ e o coeficiente de herdabilidade ao nível de médias foi 2,5 vezes mais alto que ao nível de plantas individuais. O ganho genético estimado em N- foi de 9,66 g/planta enquanto que em N+ foi de 35,03 g/planta. Apesar das estimativas dos parâmetros genéticos serem mais baixas em N-, há suficiente variabilidade genética para continuidade com o programa de melhoramento.

Palavras-chave: estresse abiótico, meios irmãos, parâmetros genéticos, *Zea mays* L.

FIFTH CYCLE OF RECURRENT SELECTION IN THE MAIZE POPULATION SYNTHETIC ELITE NT IN SOILS WITH LOW LEVEL OF NITROGEN

ABSTRACT: Generally, breeding programs, are used to select under good conditions, but, this seems not to be the ideal strategy in developing cultivars for areas under stresses. The objectives of this work were to evaluate the fifth cycle of recurrent selection of the maize population Synthetic Elite NT and to estimate the genetic parameters under two environmental conditions: with stress (N-) and without stress of nitrogen (N+). 64 half sib families were evaluated in Sete Lagoas-MG, using a simple lattice 8x8 with a intercalary check (BR 106), selected in good conditions. Results of the individual and combined analysis of variance showed differences significant ($P < 0.001$). for treatments and for the interaction treatments x environments. The yield reduction from N+ to N- were of 75% for the check and 62% for the selected families. The estimates of additive genetic variance in the environment N- was 5,5 times lower than in environment N+ and the heritability coefficient at the means level of family was 2,5 times higher than at the level of individual plants. The genetic gain estimates in N- were 9,66 g/planta while in N+ was 35,03 g/planta. In spite of the genetic parameters estimates being lower in N-, there is enough genetic variability for gains with the breeding program under stress conditions.

Key-words: abiotic stress, half sib families, genetic parameters, *Zea mays* L.

¹ Eng. Agr., PhD, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas/MG.

² Eng. Agr., MSc, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas/MG

INTRODUÇÃO

Independentemente do esquema de seleção utilizado, os programas de melhoramento produziram inúmeras variedades de milho que foram lançadas no mercado e que têm sido usadas "per se" ou como fontes para a extração de linhagens. No entanto, a maioria destes programas sempre foi conduzido sob condições ambientais bem controladas visando reduzir o erro ambiental e aumentar a herdabilidade (BLUM, 1988; ALMEKINDERS & ELINGS, 2001). Acredita-se que esta é a principal razão pela qual a seleção tenha sido feita em condições ótimas, mas, esta não parece ser a melhor estratégia para selecionar genótipos para ambientes com estresses (BANZIGER & COOPER, 2001). A seleção nesta condição pode não ser a condição ideal para que estas variedades sejam as mais produtivas em áreas consideradas marginais ou sob estresses. É por demais conhecido que se os ambientes são suficientemente diferentes os genótipos avaliados e desenvolvidos para este ambiente podem apresentar comportamentos bastante diferenciados e manifestar uma interação genótipo x ambiente do tipo complexa (PACHECO, 1987; CECCARELLI *et al.* 1992). Entre os estresses minerais de regiões de clima tropical a falta de nitrogênio é uma séria limitação de ordem ambiental para aumento da produção e de acordo com LAFITTE & EDMEADES (1988), a disponibilidade de nitrogênio (N) é o principal fator limitante de produção em mais de 20% da superfície arável. Sabe-se, no entanto, que o uso do nitrogênio mineral é uma das práticas que mais tem dado retorno econômico, porém, é o mais cara e a que tem maior risco de poluição ambiental (Marriel *et al.* 1998). Considerando o fato de que 44,5% da produção nacional do milho advém de pequenos produtores que geralmente utilizam estas áreas marginais (GUANZIROLI *et al.* 1996), além da incerteza de um retorno econômico alia-se a pobreza e falta de financiamentos governamentais (EMBRAPA, 1993), trazendo sérias conseqüências para este segmento de produtores. Sabendo-se que a variabilidade genética presente no milho (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1995) permite explorar e aproveitar seu conjunto gênico, foi iniciado um programa de melhoramento visando desenvolver uma variedade com adaptação para solos com baixo nível de nitrogênio. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o quinto ciclo de seleção com famílias de meios

irmãos da população Sintético Elite NT e efetuar as estimativas dos parâmetros genéticos em duas condições ambientais: com estresse de nitrogênio e sem estresse de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

A população Sintético Elite NT foi formada a partir de dez linhagens elites do programa de melhoramento de Embrapa Milho e Sorgo. Em 1987 foi realizado um dialélico completo, retirando-se, na colheita, quantidades iguais de sementes de cada cruzamento para plantio e obtenção da primeira recombinação. A terceira recombinação foi completada em 1990, sendo retiradas 400 S1 para avaliação no ano agrícola de 1990/91. Após a seleção das famílias superiores e duas recombinações (Ciclo 0), foram retiradas 144 famílias de meios irmãos (FMI) para iniciar o ciclo I de seleção. Os ciclos II, III e IV foram completados em 1997/98, 1999/2000 e 2000/2001, respectivamente. Em todos os ciclos as famílias foram avaliadas em dois ambientes: com estresse de nitrogênio (N-) e sem estresse de nitrogênio (N+). No ciclo IV (quinto ciclo de seleção) foram avaliadas, em Sete Lagoas-MG, 64 famílias de meios irmãos (FMI) tendo-se como testemunha intercalar a variedade comercial BR 106, a qual sempre foi melhorada sob condições ambientais ótimas. Os ensaios foram conduzidos no ano agrícola de 2000/2001 durante a estação chuvosa e não houve suplementação com irrigação. Foi utilizado o delineamento em látice simples 8 x 8 sendo a parcela formada por uma fileira de 5 m de comprimento no espaçamento de 0,90m entre fileiras e 0,20m entre plantas dentro de fileiras. No ambiente N+ foi efetuada a adubação de acordo com o resultado da análise do solo e no ambiente N- nenhuma adubação foi aplicada. Na Tabela I são mostrados os resultados das análises químicas do solo no ambiente N- sendo o mesmo classificado como um latossolo vermelho-escuro, distrófico e de textura argilosa. Foram mensurados os seguintes parâmetros: peso de espigas de cada parcela com posterior correção para 14,5% de umidade, altura de espigas em centímetros e porcentagem de plantas acamadas e quebradas. A análise individual de variância foi feita apenas para a característica peso de espigas e de acordo com a recomendação de COCHRAN & COX (1957). Com base nas médias realizou-se, posteriormente, análise

Tabela I - Resultados das análises químicas dos solos onde foram conduzidos os experimentos em ambientes fértil (N+) e com deficiência de nitrogênio (N-). Sete Lagoas, MG, Brasil, 2000/2001.

Profundidade	pH	Ca (eq.mg/100cm ³)	Mg	K ----- (ppm) -----	P	MO %	NH ₄ ----- (ppm) -----	NO ₃
<i>Sete Lagoas (N-)</i>								
0-20 cm	6,2	3,69	1,04	34	7,5	3,18	1,72	3,26
20-40 cm	6,4	3,95	1,15	45	10,0	3,19	2,45	3,08
<i>Sete Lagoas (N+)</i>								
0-20 cm	6,4	6,65	0,63	194	42,0	2,56	-	-
20-40 cm	6,4	5,40	0,54	122	15,0	2,19	-	-

conjunta. As estimativas dos parâmetros genéticos foram realizadas segundo a metodologia proposta por VENCOVSKY (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com as análises de variância para os ambientes com estresse (N-) e sem estresse de nitrogênio (N+) mostraram diferenças significativas para tratamentos ($P < 0.01$) indicando diferenças entre o potencial produtivo das famílias avaliadas. Quando se efetuou a análise conjunta também foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos e para a interação tratamentos x ambientes ($P < 0.01$). Esta interação genótipo x ambiente já era esperada (PACHECO, 1987 ; CECCARELLI *et al.* 1992) haja vista os ambientes contrastantes onde os tratamentos foram avaliados, refletindo o comportamento diferenciado dos genótipos e se constituindo em um dos principais complicadores para os programas de melhoramento. O coeficiente de variação experimental no ambiente N- foi de 28,45% e para esta condição de estresse valores desta natureza são normais (BLUM, 1988) e valores similares ou mais altos têm sido encontrados em ensaios que sofreram algum tipo de estresse (PARENTONI *et al.* 1992; GAMA *et al.* 1994). Considerando-se que o objetivo principal do programa de melhoramento é aumentar a frequência de alelos favoráveis para o ambiente N-, deve-se pensar também na possibilidade de utilização desta população em ambientes N+. Desta forma a seleção entre famílias deve ser priorizada para N-, desprezando-se a seleção de famílias no ambiente N+

cujas reduções de produção seja superior à testemunha comercial (Tabela II). Observando-se esta tabela pode-se averiguar que a testemunha comercial BR 106, selecionada sempre em condições ambientais ótimas, mostrou uma baixa produtividade em N- e teve uma redução de produtividade de 75% em relação ao ambiente N+, enquanto que na média dos ensaios esta redução foi de 66% e para as progênies selecionadas esta redução foi de 62%. Para as características altura de espigas (AE) e porcentagem de acamamento e quebramento (A+Q) pode-se averiguar reduções similares nos valores obtidos para a média geral do ensaio, média das progênies selecionadas e média da testemunha intercalar em relação ao ambiente N+. Verificando-se na Tabela II, os valores médios obtidos para a produtividade podem parecer baixos, porém, se for considerado que a forma correta para avaliar a disponibilidade de N para as plantas é pela análise do nitrato e da amônia (Tabela I), pode-se constatar, após a transformação, que isto equivale a 25 kg/ha de N na profundidade de 0 a 40cm na densidade do solo de 0,98g/cm³. Sabendo-se que 40 kg de N/ha é tido com um valor muito baixo para suprimento de N para as plantas, o ambiente N- onde o ensaio foi conduzido estava bem abaixo do valor crítico. Estes resultados mostram que se a seleção deve ser direcionada para o ambiente alvo, estando de acordo com CLARCK & DUNCAN (1991), BANZIGER & COOPER (2001). As estimativas dos parâmetros genéticos são mostradas na Tabela III, podendo-se notar que no ambiente N- os valores foram bem mais baixos do que em N+, sendo que a variância genética aditiva foi 5,5 vezes mais baixa no ambiente N-. Apesar destes valores mais baixos, esta estimativa ainda se encontra dentro do intervalo

Tabela II - Valores médios obtidos com as famílias de meios irmãos selecionadas da população Sintético Elite NT, nos ambientes com estresse de nitrogênio (N-) e sem estresse de nitrogênio (N+) considerando os caracteres peso de espigas (PE) em kg/ha, altura de espiga (AE) em cm e porcentagem de acamamento + quebraamento (A+Q%) com respectivas reduções em relação às características e ao ambiente N+. Sete Lagoas - MG. Ano agrícola 2000/2001.

Progênes	Peso Espigas			Altura Espigas			A+Q%		
	N-	N+	RPE%	N-	RAE%	N+	N-	RA+Q%	N+
33	4832	7445	35	65	49	128	2,5	75	10,0
30	4481	9833	54	55	52	115	2,5	64	7,0
13	3835	8147	53	70	41	120	3,5	53	7,5
28	3835	8569	55	55	56	125	3,0	66	9,0
8	3722	9692	62	85	40	140	0,5	83	3,0
21	3638	9130	60	55	57	130	3,0	50	6,0
46	3610	10816	66	50	63	135	3,0	60	7,5
57	3610	10395	65	55	63	150	2,5	64	7,0
53	3568	9973	64	60	62	160	1,5	83	9,5
62	3526	12221	71	50	63	135	1,5	73	5,5
60	3104	10535	70	60	59	145	2,5	-25	2,0
1	2839	10816	74	50	61	130	2,5	0	2,5
\bar{X} Ensaio	3010	8898	66	57	58	136	2,5	61	6,5
\bar{X} Selecionadas	3716	9797	62	58	57	134	2,4	62	6,4
Test. (BR 106)	2465	9868	75	61	57	142	2,9	56	6,7
CV %	28,45	12,02	-	-	-	-	-	-	-

de variação apresentado por RAMALHO (1977) e vem a confirmar resultados encontrados por BLUM (1988), BANZIGER & LAFITTE (1997), SANTOS *et al.* (1998) e CARVALHO *et al.* (2001). Quanto aos coeficientes de herdabilidade, pode-se notar que a melhor alternativa é continuar efetuando a seleção no ambiente N- é ao nível de média de famílias, desde que a herdabilidade foi 2,5 superior (31,60%) em relação à herdabilidade ao nível de plantas individuais. Verificando-se o ganho genético estimado percebe-se que se pode obter sucesso com a continuidade do programa de melhoramento no ambiente N-, desde que a estimativa foi de 9,66 g/planta, equívale a um ganho de 16,94%. Estes resultados foram confirmados através das estimativas obtidas para o coeficiente de

variação genética e do índice b, haja vista que valores mais baixos ou similares foram encontrados por RAMALHO (1977), PACHECO (1987), RESENDE (1989), SANTOS *et al.* (1998) e CARVALHO *et al.* (2001). De um modo geral, todas as estimativas foram mais baixas no ambiente N-, fato este que é explicado devido ao forte estresse que foi imposto e estando de acordo com vários relatos da literatura (BLUM, 1988), RESENDE (1989), BANZIGER & LAFITTE (1997), entre outros, não impedindo, contudo, de se obter sucesso com a continuidade do programa de melhoramento desde que há suficiente variabilidade para ser explorada sob a condição de estresse de nitrogênio.

Tabela III - Estimativas obtidas no quinto ciclo de seleção da população sintético Elite NT nos ambientes com estresse de nitrogênio (N-), sem estresse (N+) e na média dos dois ambientes (conjunta) considerando o caráter de peso de espigas. Sete Lagoas - MG, 2000/2001.

Parâmetros*	Com Estresse(N-)	Sem estresse (N+)	Conjunta
σ_p^2	56,75	310,97	73,65
σ_A^2	227,00	1243,88	294,60
σ_F^2	1822,14	3227,51	24783,57
c_F	179,52	517,12	193,98
σ_e^2	160,49	266,00	213,21
σ_d^2	1604,90	2660,00	2122,10
h_{pi}^2 %	12,45	38,53	11,86
$h_{\bar{x}}^2$ %	31,60	60,12	37,96
Δ_g	9,66 (16,94%)	35,03 (20,75)	11,6 (10,27%)
CV_g %	13,21	10,44	7,60
b	0,48	0,87	0,39

* = variância genética entre famílias; = variância genética aditiva; = variância ambiental entre parcelas; = variância fenotípica dentro de famílias ($=10$); = variância fenotípica entre plantas e = variância fenotípica entre média de famílias em (g/planta)²; = coeficiente de herdabilidade ao nível de plantas individuais; = coeficiente de herdabilidade ao nível de médias; = ganho genético entre e dentro de famílias em g/planta; CV_g= coeficiente de variação genética em %; b= índice b de seleção.

CONCLUSÕES

Sob condição de estresse mineral de nitrogênio, as estimativas dos principais parâmetros genéticos foram de 2,5 a 5,5 vezes mais baixas que sob condições ótimas;

As magnitudes das estimativas, apesar de mais baixas, revelaram que existe suficiente variabilidade genética para se conseguir ganhos com a seleção sob estresse de nitrogênio;

A seleção de genótipos para estresses deve ser efetuada no ambiente em que haja manifestação deste estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEKINDERS, C.J.M.; ELINGS, A. Collaboration of farmers and breeders: Participatory crop improvement in perspective. **Euphytica**, Wageningen, v. 122, p. 425-438, 2001.
- BANZIGER, M.; COOPER, M. Breeding for low input conditions and consequences for participatory plant breeding: examples from tropical maize and wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 122, p. 503-519, 2001.
- BANZIGER, M.; LAFITTE, H.R. Efficiency of secondary traits for for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 110-1117, 1997.

- BLUM, A . **Plant breeding for stress environments**. Boca Ratón: CRC Press, 1988. 223 p.
- CARVALHO, H.W.L.; LEAL, M.L.S.; PACHECO, C.A .P.; SANTOS, M.X. Estimativas de parâmetros genéticos em dois ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos na população de milho CMS 453 de alta qualidade protéica. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 6, n. 1, p.77-84. 2001
- CECCARELLI, S.S.; GRANDO, R.; HAMBLIN, J. Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 64, p. 49-58. 1992.
- CLARK, R.B.; DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.27, n. 3, p. 219-240. 1991.
- COCHRAN, G.W.; COX, C.M. **Experimental designs**. 2.ed. New York; J. Wiley, 1957. 611 p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Petrolina-PE). **Plano Diretor do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA)**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 51p.
- GAMA, E.E.G.; BARROS, D.G.; LEITE, C.E.P.; SANTOS, M.X.; GUIMARÃES, P.E.O .; PARENTONI, S.N. Avaliação do Composto CMS 54. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo**, 1992/93, Sete Lagoas, v. 6, p. 201, 1994.
- GUANZIROLI, C.E.; ROMEIRO, A .R.; SHIKI, S.; COUTO, V.A .; WIKINSON, J.; RESENDE, G.; DI'SABBTO, A .; GROppo, P. **Perfil da agricultura familiar no Brasil: dossiê estatístico**. Brasília:FAO/INCRA, 1996. 24p.
- HALLAUER, A .R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in plant breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468 p.
- LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O . Na update on selection under stress: selection criteria. In: EASTERN CENTRAL AND SOUTHERN AFRICAN REGIONAL MAIZE WORKSHOP, 2., 1987, Harare, Zimbabwe. **Towards self-sufficiency: proceedings...** Harare: College Press, 1988. p. 309-331.
- MARRIEL, I.E.; GAMA, E.E.G.; SANTOS, M.X. **Avaliação e seleção de genótipos de milho sob estresse de N no solo**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 1998. 4p. EMBRAPA-CNPMS. (Pesquisa em Andamento, 27).
- PACHECO, C.A .P. Avaliação de progênies de meios irmãos na população de milho CMS-39 em diferentes condições de ambientes - 2º ciclo de seleção. 1987. 100 f. **Dissertação (Mestrado)** - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.