



MANOEL X. S¹, CAMILO, L. T. A¹, CARLOS, E. P. LEITE¹, FLÁVIA, T. F¹, ELTO, E.G.G¹, PAULO E. O. G¹, CLESO, A. P. P¹, HÉLIO W. L. C², WALTER, F. M¹ e PEDRO, H. E. R¹.

¹xavier@cnpms.embrapa.br - Caixa postal 151 – 35701-970 Sete Lagoas – MG

²helio@cpatc.embrapa.br - Caixa postal 44 – 49025-040 Aracaju - SE

Palavras-chave: tolerância à seca, parâmetros genéticos.

INTRODUÇÃO

O sucesso obtido com o melhoramento tem proporcionado aumentos consideráveis na produção e produtividade das lavouras desde que condições ambientais ótimas têm sido disponibilizadas para as plantas expressarem todo o potencial genético. Em condições adversas, no entanto, poucos são os resultados relatados que mostrem o sucesso obtido em programas de melhoramento. Sabe-se que a seca se constitui em uma das mais sérias limitações para as regiões de clima tropical haja vista que a falta ou distribuição irregular das chuvas é apontada como a causa principal para a perda ou redução da produtividade. De acordo com estimativas mostradas por Santos *et al.* (1997), no Brasil estas perdas podem variar de 14% a 28%, sendo que para Edmeades *et al.* (1989) estes valores oscilam de 10% a 50% em 80% das regiões tropicais onde o milho é plantado. Perdas maiores que 50% podem ser encontradas quando a incidência ou duração do estresse coincide com a fase do florescimento (*Rhoades e Bennet, 1990*), chegando-se muitas vezes a perda total das lavouras. Selecionar nestas condições é um desafio, razão esta pela qual os melhoristas avaliam em condições ótimas desde que o erro ambiental é baixo e são encontrados altos valores para o coeficiente de herdabilidade (*Blum, 1988*). Melhoristas e fisiologistas acreditam que genótipos bem adaptados e de boa produção poderiam ser melhorados de maneira mais eficiente se atributos que conferem tolerância à seca pudessem ser identificados como critérios de seleção. Após estudos com diversas características morfológicas e fisiológicas, Bolanos e Edmeades (1993) indicaram a sincronia de florescimento masculino e feminino (SFMF) como a mais correlacionada com produção e de maior facilidade de mensuração a nível de campo. Levando-se em conta que a grande variabilidade genética presente no milho permite explorar e aproveitar seu conjunto gênico, o presente trabalho teve por objetivo avaliar dois ciclos de seleção de uma população formada a partir de linhagens com a característica SFGF para verificar, através das estimativas dos parâmetros genéticos, seu potencial para melhoramento visando tolerância à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

A base genética da população de milho Sintético Elite Flint tem na sua formação dez linhagens elites selecionadas do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo. Após a realização de um dialelo completo em 1987, foram selecionadas na terceira recombinação 400 famílias S_1 , tendo-se destacado entre estas, um grupo de 47 S_1 que apresentava sincronia de florescimento masculino e feminino (SFMF). Estas foram avançadas até um nível S_4 de endogamia em condições normais de irrigação e na densidade de 100 mil plantas por hectare. Nove linhagens S_4 com a característica SFGF foram selecionadas e plantadas em lotes isolados de recombinação, obtendo-se em 1992/93 a terceira recombinação e selecionando-se 196 famílias de meios irmãos (FMI). Os ciclos II e III de seleção foram avaliados, respectivamente, nos anos de 2002 e 2003, completando-se sempre uma geração por ano. Dentro de cada ciclo foram avaliadas 100 FMI tendo-se como testemunha intercalar a variedade comercial BR 106. O delineamento experimental usado foi o latice simples 10 x 10 sendo a parcela formada por uma fileira de 5m de comprimento e densidade populacional de 55.500 plantas/hectare. Em cada ano os ensaios foram plantados em épocas onde a probabilidade de chuvas no florescimento é mínimo (maio/junho) e sob duas condições ambientais: com e sem estresse de umidade no florescimento. Foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão convencional tendo-se instalado nove pluviômetros distribuídos equitativamente na parte central dos ensaios para medição da lâmina de água. As lâminas médias de irrigação medidas nos coletores instalados no centro das áreas foram muito similares nos dois ensaios, com e sem estresse, indicando que a uniformidade de aplicação de água foi adequada. A suspensão da irrigação no tratamento com estresse foi feita aos 52 dias após o plantio (DAP) e se estendeu por 15 dias, época em que as plantas apresentavam folhas enroladas. Após esse período, reiniciava-se a irrigação repondo-se a umidade do solo até a capacidade de campo. Nesse período, o tratamento com estresse recebeu 86 mm a menos de água.. As principais características mensuradas foram peso de espigas (PE), 50% de florescimento masculino (FM) e 50% de florescimento feminino (FF). Foi considerado 50% de FM e 50% de FF quando metade das plantas apresentaram anteras abertas na parcela e quando metade das espigas expunham os estilo-estigmas. Com estes dados, efetuou-se a mensuração para a característica sincronia de florescimento masculino e feminino (SFGF) através da fórmula : $SFGF = 50\% FF - 50\% FM$. Na análise de variância para PE os dados foram corrigidos para 13% de umidade e para SFGF adicionou-se o valor 20 (somente em 2003). As estimativas dos parâmetros genéticos foram efetuadas de acordo com a recomendação feita por *Vencovsky (1978)*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são mostradas as estimativas dos parâmetros genéticos referentes aos ciclos de seleção II (2002) e III (2003), podendo-se verificar que no ambiente com estresse de umidade as variâncias genéticas aditivas para peso de espigas foram $[328,76 (g/pl)^2]$ e $[277,84 (g/pl)^2]$ para os anos de 2002 e 2003, respectivamente, enquanto que no ambiente sem estresse estes valores foram de $[861,00 (g/pl)^2]$ e $[668,88 (g/pl)^2]$. Valores mais baixos para os componentes de variação genética são esperados quando se trabalha em ambientes com estresse haja vista as dificuldades encontradas no controle ambiental (*Blum, 1988*), razão esta pela qual o melhoramento tem sido direcionado para ambientes sem estresses. Estes valores mais baixos no ambiente com estresse podem ser confirmados dentro de cada ano quer seja através dos coeficientes de herdabilidade ao

nível de plantas individuais (11% e 4,4%) ou de médias (30,36 e 14,02%) bem como através dos ganhos genéticos (11,20 g/pl e 6,78 g/pl). Independentemente das estimativas serem efetuadas no ambiente com e sem estresse, pode-se verificar a tendência de uma queda na variabilidade genética do ciclo II para o ciclo III, podendo-se atribuir esta queda à redução das grandes diferenças entre as progênies de meios irmãos do ciclo original e na fixação de grande parte de genes maiores como resultado da seleção inicial (*Webel e Lonquist, 1967*). Valores similares ou mais baixos têm sido relatados para estimativas de parâmetros genéticos de populações de milho selecionadas sob condições de estresse ambiental na região Nordeste (*Carvalho et al., 2003*), deixando claro a possibilidade de ganhos genéticos com a continuidade do programa. Através dos valores estimados para o coeficiente de variação genética e para o índice de seleção b , sendo que este último evidencia a parte genética que é favorável à seleção, nota-se que mais dificuldade se terá na seleção no ambiente com estresse de umidade. Isto, todavia, não significa impossibilidade em se aproveitar toda a variabilidade genética existente na população, pois, foi detectada significância estatística para tratamentos a 1% de probabilidade nos dois anos e para os dois ambientes. Em se considerando que o objetivo do trabalho é aumentar a frequência dos genes favoráveis da população para uma condição ambiental de estresse e que os ambientes são contrastantes, é de se esperar (*Ceccarelli et al., 1992*), tal como ocorreu, que dentro de cada ano houvesse uma interação genótipo x ambiente. Neste caso, selecionar as melhores famílias para recombinação é uma tarefa que deve se basear no ambiente foco, sem deixar de ter alguns genótipos representativos do ambiente sem estresse uma vez que a instabilidade climática de regiões tropicais é muito alta. de regiões tropicais é muito alta. Pode-se citar, por exemplo, o fato de que em 2003 a média para peso de espigas das famílias avaliadas foi de 3.563 kg/ha e 6.373 kg/ha nos ambientes com e sem estresse, enquanto que a média da testemunha, selecionada sempre em ambiente sem estresse, foi de 2.710 kg/ha e 8.962 kg/ha. Pode-se observar, desta forma, que enquanto a população sob seleção sofreu uma redução de 44,1 % em relação ao ambiente sem estresse, a testemunha comercial sofreu uma redução bem mais acentuada (69,8 %). Verificando-se que estas quedas de produtividades ocorreram em um período de 15 dias de estresse e com redução de água de 86 mm, pode-se notar que para uma região de alta instabilidade climática e de uma agricultura de subsistência, reduzir riscos e ter cultivares adaptadas para tolerância à seca é uma prioridade que deve ser considerada para os sistemas de produção regionais. Considerando-se estes valores e as estimativas obtidas para os ganhos genéticos, espera-se que a seleção sob estresse continue sendo eficiente para aumentar a frequência e expressão dos alelos favoráveis e dar também resultados satisfatórios quando as condições ambientais são mais favoráveis. O inverso não é verdadeiro, conforme evidenciado com a variedade BR 106, e tudo indica que esta não é a melhor estratégia para selecionar genótipos para ambientes com estresses (*Banziger e Cooper, 2001*). Em se tratando da característica sincronia de florescimento masculino e feminino (SFMF), na Tabela 2 podem ser vistas as estimativas dos parâmetros genéticos nas duas condições: com e sem estresse de umidade no florescimento. Pode-se observar que, no ambiente com estresse, tanto a variância genética aditiva quanto os coeficientes de herdabilidade ao nível de plantas, ao nível de média e demais parâmetros genéticos foram mais baixos do que no ambiente sem estresse. De acordo com *Blum (1988)* esta redução já era esperada haja vista as dificuldades no controle ambiental e no presente caso, agrava-se ainda mais em função da alteração na média do florescimento sob a condição de estresse. *Bolanos e Edmeades (1993)* também encontraram alterações na média do florescimento das populações trabalhadas, porém, as

mesmas não haviam sido previamente selecionadas para a característica SFMF. As médias do ensaio para 50% de florescimento masculino e 50% de florescimento feminino sob estresse foram 52,6 e 52,8 dias (SFMF = +0,2 dias) enquanto que sem estresse foram 54 e 53 dias (SFMF = -1 dia) respectivamente, mostrando que a seleção inicial feita para SFMF realizada no ambiente sem estresse foi eficiente para manifestação da característica no ambiente sem estresse. Valores inversos foram obtidos com a variedade BR 106 uma vez que no ambiente com estresse o SFMF foi 3 e no ambiente sem estresse foi zero. Assim sendo, os resultados obtidos parecem indicar, em relação a variedade BR 106, que a sincronia de florescimento conferiu um maior valor adaptativo para a variedade Sintético Elite Flint expressando esta vantagem em termos de maior produção e menor redução na produtividade.

LITERATURA CITADA

BANZIGER, M.; COOPER, M. Breeding for low input conditions and consequences for participatory plant breeding examples from tropical maize and wheat. **Euphytica**, 122: 503-519, 2001.

BLUM, A . **Plant Breeding for stress environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 223 p.

BOLANOS, J.; EDMEADES, G. O . Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. **Field CropS Research**, Amsterdam, v. 31, p. 253-268, 1993.

CARVALHO, H.W.L.de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S.; SOUZA . E. M. de. Estimativas de parâmetros genéticos da variedade BR 5028-São Francisco no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.8, p. 929-935, ago. 2003.

CECCARELLI, S. S.; GRANDO, R.; HAMBLIN, J. Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environments. **Euphytica**, 64: 49-59. 1992.

EDMEADES, G. O.; BOLAÑOS, J.; LAFITTE, H.R.; RAJARAM, S.; PFEIFFER, W.; FISCHER, R.A. Traditional approaches to breeding for drought in cereals. In: BAKER, F.W.G. **Drought Resistance in Cereals**. Paris: ICSU/Wallingford, 1989. p.25-72, 1989.

GRANT, R.F.; JACKSON, B.S.; KINIRY, J.R.; ARKIN, G.F. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.81,p.61-65, 1989.

RHOADS, F.M.; BENNETT, J.M. 1990. Corn. In: STEWART, B.A; NIELSEN, D.R. (Eds). **Irrigation of Agricultural Crops**, Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.569-596.

SANTOS, M.X.; LOPES, M. A; COELHO, A.M.; GUIMARÃES, P.E.O; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; FRANÇA, G.E. Drought and Low N status limiting maize production in Brazil. In: SYMPOSIUM DEVELOPING DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batán, Mexico. **Proceedings...** El Batán : CIMMYT, 1997. p. 20-23. Edited by G. O. Edmeades , M. Bazinger, H.. Mickelson, C.B. Pena-Valdivia.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1978. p. 122-201.

WEBEL, O . D.; LONNQUISTA, J. H. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madson, v. 7, p. 651-655, 1967.

Tabela 1 . Estimativas de parâmetros genéticos para a população de milho Sintético Elite Flint considerando o caráter peso de espigas (g/pl) e dois anos agrícolas e nos ambientes com e sem estresse de umidade no período de florescimento. Janaúba-MG, Anos 2002 e 2003.

Parâmetros genéticos	Ano 2002		Ano 2003	
	Com Estresse	Sem Estresse	Com Estresse	Sem Estresse
$\hat{\sigma}_p^2$	82,19	215,25	69,46	167,22
$\hat{\sigma}_d^2$	328,76	861,00	277,84	668,88
$\hat{\sigma}_e^2$	263,60	284,86	572,30	367,35
$\hat{\sigma}_a^2$	2636,00	2848,60	5723,00	3673,50
$\hat{\sigma}_f^2$	2981,79	3348,71	6364,76	4208,07
$\hat{\sigma}_r^2$	270,66	419,12	495,19	434,37
\hat{h}_{pi}^2	11,00	25,71	4,4	15,89
\hat{h}_r^2	30,36	51,35	14,02	38,50
Δ_p	11,20	25,28	6,78	18,47
$\Delta_p \%$	15,90	16,07	7,80	12,70
$CV_p \%$	12,85	9,3	9,60	8,92
b	0,47	0,72	0,28	0,56

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos para a população de milho Sintético Elite Flint considerando a característica sincronia de florescimento masculino e feminino (SFMF) nos ambientes com e sem estresse de umidade no período de florescimento. Janaúba - MG, Ano 2003.

Parâmetros genéticos	Com Estresse	Sem Estresse
$\hat{\sigma}_d^2$	0,810	1,268
$\hat{\sigma}_e^2$	3,423	0,354
$\hat{\sigma}_a^2$	34,230	3,540
$\hat{\sigma}_f^2$	37,860	4,211
$\hat{\sigma}_r^2$	2,765	0,586
\hat{h}_{pi}^2	2,14	30,11
\hat{h}_r^2	7,33	54,09
Δ_p	0,26	1,03
$\Delta_p \%$	1,3	5,40
$CV_p \%$	2,2	2,90
b	0,20	0,76

