

## **Seleção para a tolerância ao Encharcamento na Variedade de Milho CMS54-Saracura.**

S. N. Parentoni, E. E. G. e Gama, M. A. López , M. X. Santos, P. E. O. Guimarães, C. A. P. Pacheco, L. A. Correa, I. R. P. Souza y W. Meireles.

Centro Nal. de Pesquisas de Milho e Sorgo, CNPMS/EMBRAPA. C.P. 151 Sete Lagoas, M.G. CEP 35701-970. Brasil.

### **Resumo**

A variedade de milho CMS 54 é um composto sintetizado no CNPMS/EMBRAPA em 1986, a partir de mistura balanceada de semestres de 36 populações de milho. Esta variedade vem sendo selecionada para tolerância ao encharcamento do solo, sendo que em 1996 foi obtido o nono ciclo de seleção massal. Em 1996 foram conduzidos dois experimentos para avaliar o ganho de seleção tanto sob encharcamento, quanto em condição não encharcada (normal). Os 9 primeiros ciclos de seleção foram avaliados sob encharcamento num delineamento em blocos ao acaso com 7 repetições. Do ciclo 1 para o ciclo 9 o peso de espigas aumentou em 25% com um ganho médio estimado por ciclo (coeficiente de regressão) de 3,2% ( $p < 0.01$ ), equivalente a 164 kg/espigas/ha/ciclo. Em um segundo ensaio, os 8 primeiros ciclos de seleção foram avaliados em condição não encharcada. Houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ) para peso de espigas entre ciclos, com um aumento de 14% do ciclo 1 para o ciclo 8. Entretanto os ganhos por ciclo quando avaliados sob condição não encharcada não foram lineares já que o coeficiente de regressão de 1.3% não foi significativo. No ano agrícola 96/97 a variedade CMS 54-Saracura foi distribuída para teste a cerca de 2000 produtores em áreas sujeitas a encharcamento no Brasil. Sua produção comercial deve iniciar-se no verão 97/98.

### **Introdução**

O Brasil possui cerca de 28 milhões de ha de várzeas com aptidão para utilização agrícola (Silva, 1984). Estas áreas possuem solos de média a alta fertilidade e em geral estão sujeitas a períodos temporários de encharcamento seja por excesso de precipitação, por deficiência de drenagem ou inundação por cursos de água (Lopes, 1988). Uma das formas de se reduzir o risco de utilização dessas áreas é a utilização de cultivares que tolerem períodos intermitentes de excesso de água. Diversos exemplos de plantas adaptadas a estresse causado por excesso de água são encontrados na literatura, mas em geral culturas como milho, soja e feijão são bastante afetadas pelo encharcamento do solo (Rizzini, 1976). A ideia de se utilizar um germoplasma de base genética ampla e submetê-lo a repetidos ciclos de seleção massal para adaptação a determinado tipo de estresse foi discutida por Suneson, 1956. Este princípio foi usado no CNPMS/EMBRAPA para desenvolver-se um composto de milho de ampla base genética que vem sendo melhorado através de seleção massal sob condições de excesso de umidade no solo desde 1986. Em 1996 foram avaliados no CNPMS/EMBRAPA os 9 ciclos de seleção massal para adaptação a ambientes encharcados.

### **Material e métodos**

O CMS54-Saracura é um composto de ampla base genética sintetizado em 1986 no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA) em Sete Lagoas, MG. O CMS54 foi obtido



através de mistura balanceada de sementes de 36 variedades de grãos amarelos pertencentes a coleção ativa do programa de melhoramento do CNPMS. Este composto vem sendo selecionado para tolerância ao encharcamento sendo que em 1997 foi obtido o décimo ciclo de seleção massal. A seleção tem sido realizada em solo aluvial mal drenado, onde foram construídos tabuleiros como os utilizados para a cultura de arroz irrigado. O estresse de água (encharcamento) é iniciado por volta de 30 dias após o plantio de forma intermitente, enchendo-se o tabuleiro a cada 2 dias com lâmina de água de 20 cm e deixando-o drenar naturalmente. Após o florescimento mantém-se continuamente lâmina d água no tabuleiro até o final do ciclo. Foi utilizado o método de seleção massal com os seguintes critérios de seleção: a) plantas que se mantinham mais verdes cerca de 20 dias após o a polinização; b) plantas que não apresentavam esterilidade masculina; c) plantas com espigas mais bem granadas; d) plantas que se mantinham de pé por ocasião da colheita. Cerca de 300 melhores espigas vem sendo selecionadas por ciclo. Uma mistura balanceada de sementes é plantada e submetida a encharcamento para se obter um novo ciclo de seleção. Uma excessão neste processo foi o ciclo 5. Neste ciclo, foram avaliadas sob encharcamento obtido com irrigação por aspersão (em vez do processo tradicional de inundação), 200 progênies de meios irmãos selecionadas do ciclo 4 em dois látices 10x10. Com base nessa avaliação foram selecionadas 24 progênies de meios irmãos as quais foram recombinadas em um lote isolado com encharcamento por inundação. Em Julho de 1995, foi instalado um ensaio para avaliar os 8 primeiros ciclos de seleção do CMS54-Saracura, quando plantados sob condições não encharcadas (irrigação suplementar, quando necessário). O ensaio foi conduzido em um solo aluvial bem drenado. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com 5 repetições. A parcela foi formada por 2 fileiras de 5 m, colhidas integralmente. Em outubro de 1996 foi instalado um experimento para se avaliar os 9 primeiros ciclos de seleção do CMS54-Saracura, quando plantados em condição encharcada (conforme metodologia descrita acima). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com 7 repetições. A parcela foi formada por 1 fileira de 5m. Foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, altura de espiga, número de plantas acamadas, número de plantas quebradas e peso de espigas.

## Resultados e discussão

Para o ensaio de avaliação dos 9 ciclos do CMS54-Saracura, testados sob encharcamento, a análise de variância mostrou significância para peso de espigas ( $p=0.028$ ) e altura de planta ( $p=0.017$ ). Foram significativos a 10% de probabilidade as variáveis: altura de espigas ( $p=0.086$ ), quebramento de colmo ( $p=0.061$ ) e prolificidade ( $p=0.070$ ). Os dados de número de plantas acamadas e número de plantas quebradas foram transformados utilizando-se raiz quadrada do número de plantas quebradas ou acamadas mais 1. Na Cuadro 1 tem-se os valores medios de peso de espigas, altura de planta e espiga, acamamento, quebramento de colmo e prolificidade para os 9 ciclos de seleção. Os pesos de espigas (kg/ha) do ciclo 1 e do ciclo 9 foram respectivamente de 5101 e 6378 kg/ha o que equivale a um aumento de 25%. Regressão linear foi utilizada para se estimar o ganho médio por ciclo (Fig. 1). Este valor foi de 164 kg/espigas/ha/ciclo, ou 3,2% ( $p<0.01$ ) por ciclo. Como respostas indiretas à seleção para tolerância ao encharcamento verificou-se uma tendência a aumentar a altura de planta e espiga, diminuir o quebramento de colmo e aumentar a prolificidade (Cuadro 1).

Para o ensaio de avaliação dos 8 primeiros ciclos plantados sem estresse de encharcamento (condição normal), a análise de variância mostrou significância para peso de espigas ( $p=0.016$ ) e acamamento ( $p=0.007$ ). Não houve diferença significativa entre ciclos para os outros caracteres



avaliados (altura de planta, altura de espigas, quebramento e índice de espigas). Os pesos de espigas (kg/ha) do ciclo 1 e do ciclo 8 foram, respectivamente, de 7860 e 8960 kg/ha o que equivale a um aumento de 14%. Entretanto, estes ganhos não foram lineares ao longo dos ciclos, já que o coeficiente de regressão linear utilizado para estimar-se o ganho médio por ciclo foi não significativo com um  $b$  de 1,3% (Fig. 2) Foi observado que entre os 8 ciclos de seleção avaliados em condição normal de cultivo, o ciclo 5 mostrou a mais baixa produtividade (7640kg esp./ha). Conforme descrito em material e métodos, este foi o único ciclo onde se avaliou progênies de meios irmãos em vez de utilizar-se seleção massal. A matriz de correlação fenotípica entre as 6 características avaliadas nos 9 ciclos testados no ambiente encharcado (dados acima da diagonal) e nos 8 ciclos avaliados em condição normal (dados abaixo da diagonal) encontram-se na Cuadro 2. Correlação positiva foi verificada para peso de espigas (PE) e índice de espigas por planta (IE) nos dois ambientes, sendo que maiores valores foram obtidos no ambiente encharcado. Correlações negativas foram obtidas entre PE e acamamento (RAC) e PE e quebramento (RAQ) no ambiente encharcado.

Os ganhos por ciclo quando avaliados em condição encharcada (3,2%) encontram-se próximos àqueles reportados para seleção massal em diversas variedades de milho (Hallauer e Miranda Filho, 1988). Gardner, (1976) obteve ganho médio de 3% por ciclo de seleção massal em 15 ciclos da variedade Hays Golden. Venkovsky et. al., (1970) obtiveram ganho médio de 3,8% por ciclo de seleção massal em 5 ciclos da variedade Dente Paulista. Osuna-Ayalla, (1976) obteve ganho médio de 2,8% e 3,4% por ciclo de seleção massal em 6 ciclos das variedades Composto Dente e Composto Flint. O fato de ter-se encontrado um ganho de seleção maior para variedade selecionada sob estresse quando se compara avaliação feita na presença e ausência de estresse também foi reportado para seleção para baixo nível de nitrogênio no solo (Lafite & Edmeades, 1994). Os autores avaliaram 3 ciclos de seleção recorrente utilizando-se irmãos completos na variedade de milho Across 8328 selecionada sob baixo nitrogênio no solo. Os ganhos de seleção em condição de estresse de N e ausência de estresse de N foram de 2,8% e 2,3% respectivamente. Os autores verificaram também as seguintes respostas correlacionadas com seleção para peso de grãos sob baixo N: aumento de 4,4% por ciclo para altura de planta e aumento de 0,4% para dias para o florescimento.

A correlação positiva encontrada entre peso de espigas e índice de espigas, principalmente em condição de estresse (no caso encharcamento), também tem sido observada com dados obtidos em estresse de seca. Byrne et al., 1995, reportam dados de avaliação de 8 ciclos de seleção da variedade Tuxpeno Sequia selecionada sob estresse de seca. A avaliação em 12 ambientes mostrou ganhos para peso de grãos de 90 kg/ciclo ( $p < 0.01$ ). A seleção aumentou o número de espigas por planta de 0,87 para 0,96. A correlação entre produção de grãos e índice de espigas foi de 0,96.

No ano agrícola 96/97 amostras de semente da variedade CMS54-Saracura foram distribuídas para teste a cerca de 2000 produtores em áreas sujeitas a encharcamento no Brasil. Sua produção comercial deve iniciar-se no verão 97/98.

## Bibliografia

- Byrne, P.F., Bõlanos, J., Edmeades, G.O., Eaton, D.L. 1995. Gains from Selection under Drought versus Multilocation Testing in Related Tropical Maize Populations. *Crop Sci.* 35:63-69.
- Gardner, C.O. 1976. Quantitative genetic studies and population improvement in maize and

- Gardner, C.O. 1976. Quantitative genetic studies and population improvement in maize and sorghum. In Proc. Int. Conf. Quant. Genet., E.Pollack, O. Kempthorne, and T.B.Bailey, Jr., eds., pp. 475-89. Iowa State Univ.Press, Ames.
- Hallauer, A.R., Miranda Filho, J.B. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press/Ames - 468 p.
- Laffite, H.R., Edmeades,G.O. 1994. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. II grain yield, biomass production, and N accumulation. Field Crops Research 39 15-25.
- Lopes, M.A., Parentoni, S.N., Magnavaca,R. 1988. Adaptaciones morfológicas y fisiológicas en plantas de maíz sometidas a deficiencia de oxígeno en el suelo. IN: IICA-BID-PROCIANDINO. II Seminario de Mejoramiento para Tolerancia a Factores Ambientales Adversos en el Cultivo del Maíz. Ed. por B. Ramakrisna. Quito, Ec. PROCIANDINO, p. 106-124.
- Osuna Ayalla J. 1976. Stratified mass selection for production in two maize populations. Agron. Abstr. p. 45.
- Rizzini, C.T. 1976 - Tratado de Fitogeografía do Brasil. São Paulo. HUCITEC Ed. da Universidade de São Paulo. Brazil.
- Silva, A.R. 1984. Tolerância ao encharcamento. Trabalho apresentado no 1 Simpósio sobre Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Estado do Rio grande do Sul. 22p.
- Suneson, C.A. 1956. An evolutionary Plant Breeding Method. Agr. Journal 188-190.
- Vencovsky, R., Zinsly, J.R., Vello, N.A. 1970. Efeito da seleção massal estratificada em duas populações de milho e no cruzamento entre elas. Abstr. 8 Reunião Bras. Milho.



Cuadro 1: Médias dos 9 ciclos (C) de seleção da variedade CMS54-Saracura avaliados em condição de encharcamento (E) e dos 8 ciclos avaliados sob irrigação normal (N). As variáveis medidas foram: peso de espigas (PE), altura de planta (AP), altura de espigas (AE), raiz quadrada do número de plantas acamadas +1 (RAC), raiz quadrada do número de plantas quebradas +1 (RAQ) e índice de espigas/planta (IE). CNPMS, Sete Lagoas 1997.

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	p <sup>1</sup>	c.v. <sup>2</sup>	LSD <sup>3</sup> (5%)
	PE (kg/ha)											
E	5101 BC*	4528 C	5262 BC	5343 BC	5419 BC	5353 BC	5758 AB	5773 AB	6378 A	0.028	16.0	937
N	7860 CD	8760 ABC	8600 ABCD	8880 AB	7640 D	8140 BCD	9460 A	8960 AB		0.016	9.1	1014
	AP (cm)											
E	218 BC	218 BC	240 A	215 C	236 A	225 ABC	213 AB	230 AB	235 A	0.017	6.3	15.5
N	244	248	253	254	245	239	245	248		0.546	4.7	15.2
	AE (cm)											
E	113 BC	117 ABC	129 AB	112 C	132 A	129 AB	128 ABC	125 ABC	132 A	0.086	12.2	16.4
N	145	150	148	148	141	147	145	149		0.960	8.4	15.9
	RAC											
E	1.98 AB	2.20 A	2.07 A	2.30 A	1.96 AB	1.92 AB	2.09 A	1.96 AB	1.44 B	0.151	25.2	0.54
N	4.07 A	3.18 AB	2.86 B	3.08 AB	2.39 BC	1.55 C	2.56 BC	3.49 AB		0.007	31.0	1.16
	RAQ											
E	2.23 AB	2.16 AB	2.35 A	2.00 ABC	2.21 AB	1.87 ABC	2.05 AB	1.73 BC	1.45 C	0.061	26.0	0.56
N	2.32	1.95	2.17	1.72	1.82	1.75	1.95	2.17		0.686	29.8	0.76
	IE											
E	0.71 B	0.81 AB	0.75 B	0.78 B	0.85 AB	0.75 B	0.85 AB	0.78 B	0.94 A	0.070	16.1	0.13
N	1.15	1.19	1.19	1.18	1.09	1.28	1.26	1.15		0.341	10.5	0.16

\*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem significativamente (LSD 5%)

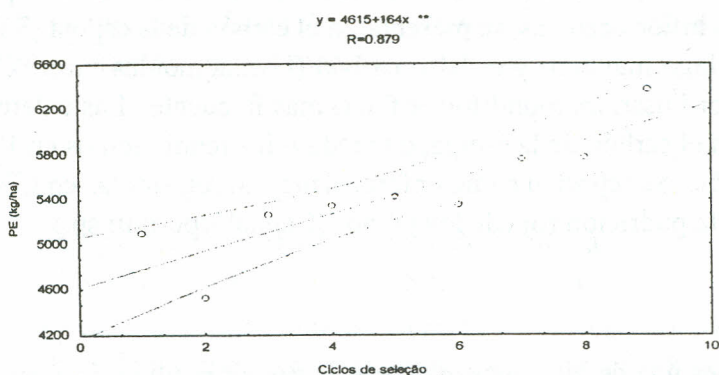
1 Nível de significância do teste de F para QMTr na ANOVA.

2 Coeficiente de variação.

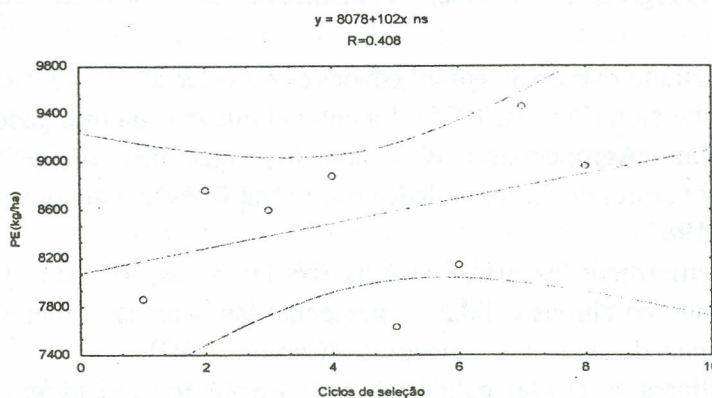
3 Valores de LSD entre ciclos para médias em uma mesma linha.

Cuadro 2 - Matriz de correlação fenotípica entre as características peso de espigas (PE), altura de planta (AP), altura de espigas (AE), raiz quadrada do número de plantas acamadas +1 (RAC), raiz quadrada do número de plantas quebradas +1 (RAQ) e índice de espigas/planta (IE). Dados acima da diagonal são para os 9 ciclos de seleção avaliados no ambiente encharcado. Dados abaixo da diagonal são para os 8 ciclos de seleção avaliados em condição normal (sem encharcamento).

	AE	AP	IE	PE	RAC	RAQ
AE	-	0.89	0.53	0.59	-0.60	-0.29
AP	0.40	-	0.42	0.55	-0.50	-0.09
IE	0.35	-0.30	-	0.63	-0.57	-0.56
PE	0.55	0.40	0.47	-	-0.73	-0.73
RAC	0.23	0.41	-0.51	0.07	-	0.69
RAQ	0.12	0.09	-0.27	-0.02	0.73	-



**Figura 1.** Regressão linear de peso de espigas (kg/ha) em 9 ciclos de seleção para tolerância a encharcamento, quando avaliados em ambiente encharcado. As linhas externas fornecem um intervalo de confiança com 95% de probabilidade. CNPMS/EMBRAPA, 1997



**Figura 2.** Regressão linear de peso de espigas (kg/ha) em 8 ciclos de seleção para tolerância a encharcamento, quando avaliados em ambiente sem estresse de encharcamento (normal). As linhas externas fornecem um intervalo de confiança com 95% de probabilidade. CNPMS/EMBRAPA, 1997