

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS DE MILHO SELECIONADOS PARA SINCRONIA DE FLORESCIMENTO SOB CONDIÇÕES NORMAIS DE IRRIGAÇÃO E COM ESTRESSE DE UMIDADE

Manoel Xavier dos Santos¹; Camilo de Lelis Teixeira Andrade¹; Carlos Eduardo Prado Leite¹; Cleso Antonio Patto Pacheco¹; Elto Eugênio Gomes e Gama¹ Sidney Neto Parentoni¹; Hélio Wilson Lemos de Carvalho²; Walter Fernandes Meirelles¹; Frederico Ozanan Durães¹

INTRODUÇÃO

A habilidade que as plantas têm em produzir sob condições de estresse de seca tem sido definida como resistência à seca havendo, todavia, diferentes mecanismos que as tornam mais resistentes (Levitt, 1972). Sabe-se que deficits de umidade por um período de um a dois dias na fase de florescimento ou polinização pode causar uma redução na produção de 22% (Robins e Domingo, 1953) sendo que estes valores podem ser maiores que 50% quando a incidência ou duração do estresse coincide com a fase de florescimento/fertilização (Grant *et al.*, 1989; Rhoades e Bennett, 1990). Estimativas realizadas por Santos *et al.*, (1997) mostraram que, no Brasil, estas perdas podem variar de 14 % a 28%, enquanto que Edmeades *et al.*, (1989) estimaram que 80% do milho plantado em regiões tropicais tem seu rendimento médio reduzido de 10% a 50. Inúmeros parâmetros foram estudados por Bolaños e Edmeades (1993) em estudos com tolerância à seca, sendo que a seleção para baixo intervalo de florescimento

¹ Eng^o Agr^o, Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, CEP 35701-970. Sete Lagoas, MG. E-mail: xavier@cnpms.embrapa.br

² Eng^o Agr^o, Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Cx. Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju - SE.

masculino e feminino (ASI) mostrou-se ser de fácil exequibilidade e foi o procedimento que mais se correlacionou com a produtividade de grãos sob condições de estresse hídrico. O Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (Cimmyt) tem utilizado e recomendado a seleção de plantas com sincronia de florescimento masculino e feminino como uma das estratégias mais viáveis para obtenção de cultivares com tolerância à seca (Bolaños e Edmeades, 1990).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar linhagens e híbridos de milho selecionados para sincronia de florescimento masculino e feminino a fim de verificar o potencial produtivo sob duas condições ambientais: sem estresse de umidade e com estresse de umidade no florescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

No ano agrícola de 1999 foram avaliados, em Janaúba-MG, seis experimentos, sendo três com estresse de umidade no período do florescimento e três sem estresse de umidade. Os tratamentos de cada ensaio foram formados a partir de linhagens selecionadas para a característica ASI e estavam a nível de S₅ a S₇ de endogamia. No caso dos híbridos com 50% de ASI a fêmea foi um híbrido simples originado da variedade BR 105. Os tratamentos do primeiro experimento foram formados por 18 linhagens das quais 14 foram selecionadas para sincronia de florescimento masculino e feminino (ASI) e 4 linhagens não selecionadas para ASI. Os tratamentos do segundo experimento continham: 11 híbridos triplos (50% de ASI), 7 híbridos simples (100% de ASI) e 3 híbridos testemunhas (0% de ASI). O terceiro experimento foi formado por 22 tratamentos: 13 híbridos duplos com 100% de ASI, 7 híbridos duplos com 50% de ASI e 2 híbridos testemunhas (0% de ASI). Janaúba está localizada na região norte de Minas Gerais, altitude de 516m, latitude 15° 47'S e longitude 43°18'W. Os ensaios foram conduzidos na época em que a probabilidade de chuvas é mínima (inverno). Foi utilizado o sistema

de irrigação por aspersão convencional e o manejo da irrigação foi baseado em dados climáticos de uma estação meteorológica situada nas proximidades. Durante o período de aplicação do estresse hídrico, a umidade do solo, em três profundidades do perfil (0-20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm), foi monitorada utilizando-se o método gravimétrico. Os dados de umidade foram convertidos para porcentagem de água disponível e para o potencial matricial da água no solo, empregando-se curvas de retenção existentes para a área.

No ensaio conduzido com estresse (CS) suspendeu-se a irrigação na época do emborrachamento do pendão, voltando-se a irrigar logo após o florescimento. Em ambos os ensaios o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, três repetições e a parcela foi formada por duas fileiras de 5 m de comprimento na densidade populacional foi de 55 mil plantas/há.

Foram mensurados os seguintes parâmetros: 50% de florescimento masculino (dias), peso de espigas (kg/há), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), porcentagem de plantas acamadas e quebradas e porcentagem de espigas doentes. A transformação dos dados para porcentagem foi feita de acordo com a contagem do número de plantas/espigas de cada característica em função do stand e do número total de espigas. A análise estatística foi realizada para cada ambiente considerando-se apenas a característica peso de espigas, sendo efetuada, posteriormente, a análise conjunta para cada experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estresse hídrico foi iniciado aos 53 dias após a emergência (DAE) e se estendeu além dos 70 DAE., podendo ser considerado como moderado. Durante o período de estresse a água disponível para as plantas decresceu para valores abaixo de 20% entre os 60 e 65 DAE (Figura 1), podendo-se também verificar que o estresse ocorreu além dos 70 DAE. Neste mesmo período pode ser visto na Figura 2 que o potencial matricial decresceu para valores abaixo de - 450 kPa

evidenciando também estresse após 70 DAE. Para condições de alta demanda evaporativa, como é o caso do local onde foram conduzidos os ensaios, água disponível abaixo de 50% e potenciais matriciais de água no solo, na zona das raízes, abaixo de - 60 kPa causam decréscimos na produtividade da cultura do milho (Resende *et al.*, 1992).

Os resultados das análises de variâncias evidenciaram diferenças significativas para peso de espigas ($P < 0,05$) dentro dos experimentos com estresse de umidade no florescimento (CS), sem estresse de umidade durante o ciclo da cultura (SS) e para a interação CS x SS ($P < 0,05$).

A Tabela 1 mostra os valores médios obtidos com as linhagens nos ambientes CS e SS, podendo-se verificar que o estresse de umidade causou uma redução média na produtividade de 47% e aumentou em 60% o percentual de espigas doentes (NED%). As testemunhas avaliadas (tratamentos 15 a 18) não foram selecionadas para sincronia de florescimento masculino e feminino (ASI) e conforme pode ser visto suas produtividades foram muito baixas em relação a maioria dos tratamentos selecionados para ASI. Para as demais características avaliadas as reduções causadas pelo estresse de umidade foram muito baixas para altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e sem nenhum efeito para o percentual de acamamento e quebramento (AC+Q%). Os efeitos adversos do estresse de umidade nos híbridos simples e triplos foram mais altos para peso de espigas e NED%, provocando uma redução de 36% e aumentando em 287%, respectivamente. Efeitos menos pronunciados foram observados para AP e AE, com reduções de 11,5% e 9,5%, enquanto que para AC+Q% houve um aumento de 25%.

Na Tabela 3 são mostrados os valores médios obtidos nos ensaios com híbridos duplos, podendo-se verificar que o deficit de umidade no florescimento reduziu a produtividade de espigas em 42% e aumentou em 337% o NED%. Para AP e AE a redução foi de 14% e 11%, respectivamente, enquanto que nenhuma alteração foi observada para AC+Q%. Independentemente da seleção nas linhagens para a

sincronia de florescimento masculino e feminino (ASI) e dos híbridos avaliados com diferentes proporções de genes para ASI, os resultados obtidos são concordantes com dados da literatura (Robins e Domingo, 1953; Grant *et al.*, 1989; Rhoads e Bennet, 1990 e Santos *et al.*, 1997) mostrando que o estresse de umidade no florescimento afeta a produtividade, sendo que a duração do estresse é essencial para quantificar esta redução. Apesar das linhagens apresentarem produtividades baixas, o que é explicado pela depressão endogâmica (Hallauer e Miranda Filho, 1988), as linhagens selecionadas para ASI expressaram melhor potencial produtivo em relação às linhagens não selecionadas para ASI (Tabela 1, tratamentos 15 a 18), esta vantagem adaptativa não foi transmitida nas combinações híbridas. Isto pode ser observado nos tratamentos 19 a 21 (Tabela 2) e 21 a 22 (Tabela 3), haja vista que as testemunha não foram selecionadas para ASI e apresentaram produtividades superiores ou equivalentes aos tratamentos com ASI. Resultados obtidos por Blum e Pnuel (1990) mostraram que quando cultivares são selecionadas em ambientes ótimos para alto potencial de produção, em ambientes com estresses moderados apresentaram também boas produções. No entanto, se o estresse for severo, as cultivares com genes responsivos e adaptados para a condição de estresse se expressam dando melhores produtividades (Blum *et al.*, 1992). No presente estudo, se o estresse que foi dado for considerado moderado (Figuras 1 e 2), o potencial genético produtivo dos híbridos com ASI não foi manifestado em função do estresse moderado. Outro fato que pode esclarecer as produtividades superiores ou equivalentes dos híbridos não selecionados para ASI é a heterose.

Considerando as demais características avaliadas foi observado que, de modo geral, as características AP e AE sofreram reduções ao redor de 15% e 10%, respectivamente, enquanto que AC+Q% houve uma maior tendência de aumento para os valores médios de cada tratamento dentro do ambiente CS. Foi observado no ambiente CS que os híbridos apresentaram valores muito altos para NED%, fato este que deve ser visto com maior atenção devido ser uma característica

que tem valor agregado ao grão, devendo os programas de melhoramento dar ênfase no processo seletivo e efetuar forte pressão de seleção.

CONCLUSÕES

1. Sob condições de moderado estresse hídrico, híbridos de milho selecionados para sincronia de florescimento masculino e feminino (ASI) não expressaram genes com vantagem adaptativa para produtividade em relação à híbridos sem seleção para ASI.
2. O estresse hídrico no período do florescimento reduziu de forma mais acentuada a produtividade de linhagens (47%) enquanto que para híbridos esta redução foi ao redor de 35%.
3. Os efeitos do deficit de umidade foram de alta magnitude para o caráter número de espigas doentes recomendando-se forte pressão de seleção em ambientes com estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUM, A.; GOLAN, G.; MAYER, J.; SINMENA B.; OBILANA, T. The comparative productivity and drought response of semi-tropical hybrids and open pollinated varieties of sorghum. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.118,p.29-36, 1992.
- BLUM, A.; PNUEL, Y. Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.41,p.799-810, 1990.

- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DRYLAND FARMING, 1990, TEXAS, USA. **Challenges in dryland agriculture – a global perspective : proceedings.** Texas: TAES, 1990. p.752-754. Edited by P.W. Unger, W.R. Joradan, T.V. Sneed, R.W. Jensen.
- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. III. Responses in drought-adaptative physiological and morphological traits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, p.269-286, 1993.
- 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.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding.** 2. ed. Ames: Iowa State University , 1995. 468 p.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses.** New York: Academic Press, 1972. 697 p.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C.; COELHO, A .M.; SANTOS, N.C.; LEITE, C.E.P. Momento de irrigar a cultura do milho de inverno no Norte do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19, 1992, Porto Alegre, RS. **Resumos...** Porto Alegre:SSA/SCT/ABM/EMATER-RS/CNPMS-EMBRAPA/CIENTEC, 1992. p.143.

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.

ROBINS, J.S.; DOMINGO, L.E. Some effects on severe soil moisture deficits at specific stages in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.45, p.618-621, 1953.

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.

Tabela 1. Valores médios obtidos com linhagens de milho para os caracteres peso de espigas (t/ha), altura de plantas (AP) em cm, altura de espiga (AE) em cm, acamamento + quebramento em %, número de espigas doentes (NED) em % e 50% de florescimento masculino (FL), considerando os ambientes sem estresse de umidade (SS) e com estresse de umidade no florescimento. Janaúba-MG, 1999.

Linhagens	PE		AP		AE		AC+Q%		NED %		FL	
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
1	1.3	2.37	135	185	65	72	57	71	60	76	74	74
2	3.7	4.27	142	165	70	75	18	16	48	16	66	70
3	2.1	2.85	122	137	71	85	21	25	26	24	77	79
4	1.1	1.68	140	165	65	60	58	78	34	59	73	73
5	2.2	5.47	142	160	75	90	21	10	62	44	69	70
6	2.4	3.05	115	138	50	61	55	54	22	29	67	71
7	0.87	1.52	97	132	42	55	43	56	41	23	68	70
8	1.95	2.4	115	125	45	42	27	26	65	13	68	69
9	1.5	4.5	145	180	85	80	12	10	39	35	74	73
10	1.57	2.4	132	150	57	65	19	14	25	18	67	70
11	2.2	3.2	125	152	67	92	21	13	67	27	68	70
12	1.65	3.1	130	145	57	75	57	35	35	10	68	71
13	2.05	2.75	117	145	60	80	23	29	33	11	74	75
14	0.87	2.32	115	137	55	60	25	33	38	14	67	68
15	0.9	1.9	140	150	70	75	7	6	44	10	74	77
16	0.92	2.45	140	152	82	87	23	25	30	23	75	76
17	0.8	3.57	97	142	50	62	10	24	24	20	77	76
18	1.2	4.45	135	160	77	82	7	2	24	16	77	74
Média	1.62	3.05	127	150	77	72	28	29	40	25	71	73

Tabela 2. Valores médios obtidos com os híbridos de milho para os caracteres peso de espigas (t/ha), altura de plantas (AP) em cm, altura de espiga (AE) em cm, acamamento + quebramento em %, número de espigas doentes (NED) em % e 50% de florescimento masculino (FL), considerando os ambientes sem estresse de umidade (SS) e com estresse de umidade no florescimento. Janaúba-MG, 1999.

Híbridos	PE		AP		AE		AC+Q%		NED%		FL	
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
1	4,7	10,3	205	225	130	132	9,7	4	44	8	67	66
2	6,5	10,6	215	237	135	147	8,7	3	25	10	68	68
3	7,3	11,6	190	217	105	125	14,9	7,5	37	9	67	65
4	7,2	10,7	195	210	125	122	18,6	23	23	3	66	66
5	5,6	9,2	175	207	95	132	7,2	5	36	11	67	67
6	7,1	10,6	185	230	110	115	11,4	16	59	11	67	67
7	8,8	10,2	190	217	125	135	10,3	21	44	12	68	68
8	7,8	9,1	190	205	100	107	12,1	8,5	5	3	68	67
9	7,5	9,8	215	212	110	117	9,6	12,5	22	6	68	66
10	7,5	11,6	205	225	125	135	18,6	11,5	26	12	66	64
11	6,5	11,1	205	212	125	135	9,2	3	34	7	67	67
12	4,8	10,6	165	202	90	125	9,4	13	62	11	67	68
13	5,1	10,9	185	232	130	150	10,5	7	52	5	67	67
14	7,2	10,1	195	205	120	115	43,4	15,5	31	4	68	65
15	8,9	10,1	200	220	120	120	7,8	10	21	18	66	66
16	6,9	10,2	195	225	120	120	12,2	7	31	4	68	67

Continua

Continuação

17	6,3	10,4	195	222	115	135	22,8	15	35	4	66	64
18	6,2	9,7	210	225	115	115	11	9	14	14	66	64
19	9,5	13,7	185	222	120	132	1	0	21	4	71	70
20	5,4	13,5	200	245	115	145	5,8	13	24	3	70	68
21	10,3	12,5	210	220	120	130	7,5	2	12	11	69	70
Média	7,02	10,9	195	220	116	128	12,5	10	31	8	67	67

Tabela 3. Valores médios obtidos com os híbridos duplos de milho para os caracteres peso de espigas (t/ha), altura de plantas (AP) em cm, altura de espiga (AE) em cm, acamamento + quebramento em % número de espigas doentes (NED) em % considerando os ambientes sem estresse de umidade (SS) e com estresse de umidade no florescimento. Janaúba-MG, 1999.

Híbridos	PE		AP		AE		AC+Q%		NED%		FL	
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
1	5,9	10,1	190	220	105	105	13	9	30	8	67	65
2	6,1	9,2	207	225	110	107	14	5	34	8	67	65
3	6,6	9,2	187	200	92	105	26	23	34	5	67	65
4	4,3	7,4	192	205	97	102	9	11	33	11	67	66
5	3,6	7,4	157	197	87	122	9	15	26	4	66	66
6	5,6	8,2	167	192	105	112	18	37	34	9	67	66
7	5,6	8,6	175	197	95	102	10	19	42	9	65	64
8	4,1	10,4	180	222	107	137	6	7	43	9	65	68

Continua

Continuação

9	4,8	11,7	190	225	122	130	9	8	66	9	69	69
10	4,9	11,3	197	225	112	140	9	12	49	4	69	68
11	6,4	8,5	195	197	105	105	21	25	26	6	67	67
12	5,1	10,4	187	217	110	135	11	8	35	10	67	68
13	4,7	9,7	150	227	90	137	9	7	35	12	68	67
14	6,4	11,3	190	227	125	147	12	8	40	9	67	67
15	6,9	10,4	192	222	115	125	16	8	30	8	68	67
16	6,4	6,7	200	207	122	107	33	30	27	12	66	67
17	5,1	8,8	187	215	107	105	21	11	48	9	67	65
18	6,4	9,7	197	220	105	125	11	13	41	6	65	66
19	4,7	6,9	155	192	80	95	12	13	27	9	66	65
20	7,8	9,7	192	217	97	112	15	18	30	6	66	65
21	4,6	11,1	180	232	100	122	4	3	13	7	70	71
22	6,3	12,4	197	227	127	127	5	0	29	7	69	69
Média	5,5	9,5	185	214	105	118	14	14	35	8	67	67

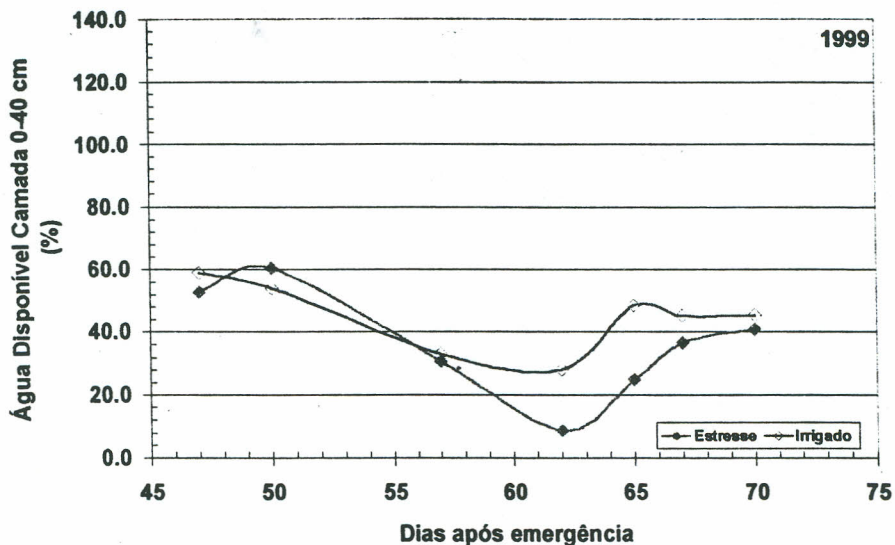


Figura 1 . Porcentagem de água disponível na camada 0 a 40 cm do perfil do solo, durante o ciclo do milho cultivado em 1998 e 1999. Janaúba, MG.

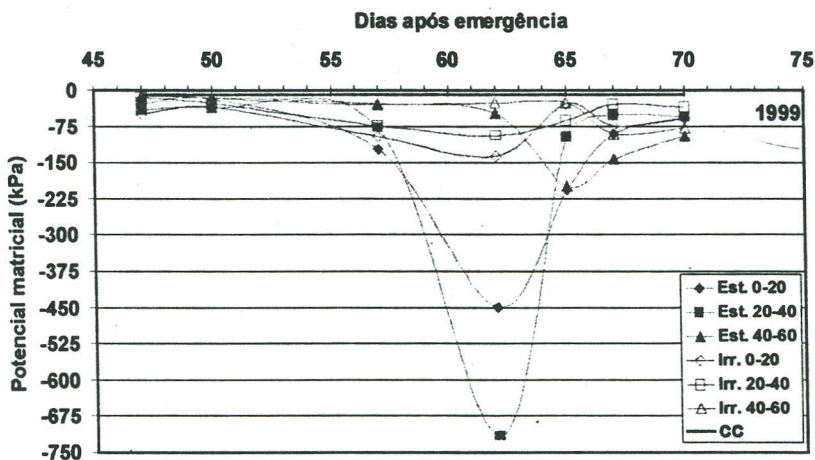


Figura 2 . Potencial matricial da água no perfil do solo, durante o ciclo do milho cultivado em 1998 e 1999. Janaúba, MG.