

ADAPTAÇÃO DE MILHO ÀS CONDIÇÕES DE SECA: 2. FLORESCIMENTO E MATURIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE LINHAGENS CONTRASTANTES PARA O PARÂMETRO FENOTÍPICO IFMF

FREDERICO O.M. DURÃES¹, PAULO C. MAGALHÃES¹, JORGE L.R. FERRER², ROGÉRIO A.F. MACHADO³

(E-mail: fduraes@cnpms.embrapa.br (¹Embrapa Milho e Sorgo, C.P. 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG, Brasil); (²Corpoica. Córdoba, Colombia), (³Estagiário, Embrapa Milho e Sorgo).

Palavras-chave: milho, tolerância, seca, período de enchimento de grãos, descritores, agrupamento.

INTRODUÇÃO

Seca é a maior fonte de instabilidade de rendimento de grãos de milho em áreas tropicais. Entretanto, existem fatores tais como manejo de práticas agronômicas, baixa fertilidade natural dos solos e estresses bióticos, dentre outros que contribuem para que as plantas possam ou não tolerar as adversidades ambientais. Grant et al. (1989), Bolaños & Edmeades (1993), Durães et al. (1993, 1994, 1997, 1999) mostram que quando um período de seca ocorre durante o florescimento, as perdas de produção de grãos podem ultrapassar 50%. As perdas resultam de uma redução no número de sementes por planta, devido a inibição do florescimento, falhas na fertilização e aborto de embriões (Hall et al. 1982, Westgate, 1985, 1986). O período compreendido entre a emergência dos estilo-estigmas e a extrusão de anteras com a consequente liberação de grãos de pólen é denominado IFMF (DuPlessis & Dijkhuis 1967, Bolaños & Edmeades 1996, Durães et al. 1997, 1998). Para o milho, o IFMF (intervalo entre florescimentos masculino e feminino) é considerado um eficaz indicador fenotípico de tolerância ao déficit hídrico, e vem sendo utilizado em programas de melhoramento que tem como objetivo aumentar a estabilidade na produção sobre condições de déficit hídrico (Durães et al. 1997; Labory et al. 1997). Baixo valor de IFMF indica um sincronismo no florescimento, que traduz uma adaptação a um dado estresse e está associado ao rendimento de grão sobre condições adversas. Reduzido IFMF é parcialmente consequência de um maior potencial hídrico da planta durante o florescimento. Neste contexto, o IFMF pode ser considerado uma potente ferramenta de diagnóstico no desenvolvimento de cultivar que a emissão de estilo-estigma em si, uma vez que o IFMF é totalmente independente das diferenças de maturação entre os genótipos (Bolaños & Edmeades 1993). Após a fertilização, o grão se desenvolve em etapas, com incremento característico do genótipo quanto ao acúmulo de matéria seca e respostas diferenciadas quanto ao conteúdo de água. Neste estudo objetivou-se caracterizar linhagens endogâmicas de milho durante o período de enchimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, no período de agosto a dezembro de 1999, sob condições de campo (solo LE, álico, fase "cerrado"), com irrigações suplementares, suprimidas nas fases de pré-floração e floração. As práticas de manejo foram as convencionais, para permitir plenas condições de desenvolvimento dos genótipos.

Utilizaram-se doze linhagens (com alto grau de endogamia): a) Em S8 (L1- L 1170, L2- L 1147, L3- L 13.1.2, L4- L 6.1.1, L5- L10.1.1, L6- L8.3.1, L7- L1.2.1, L8- L1.2.3, L9- L8.1, L10- L10.2), b) em S10 (L11- LC237-67 e L12- L53). As características avaliadas foram: floração masculina e feminina (dias), altura de planta e de espiga principal (cm), de 13 plantas previamente identificadas; e, conteúdo de clorofila ($\mu\text{g/g}$ MF Foliar - Método de Arnon, 1949), duração do período de enchimento de grãos (dias), área foliar fotossinteticamente ativa (cm^2), produção de matéria seca por órgão (g/planta), de 03 plantas representativas da parcela, em três períodos: floração, 21 dias após a floração e ponto de maturidade fisiológica. Na colheita, mediram-se, de 03 plantas representativas, os componentes do rendimento: número de espigas por planta, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, peso de 100 grãos, umidade e peso de matéria seca de grão e da planta, e índice de colheita. A intensidade de enfermidade por *Puccinia polysora* foi avaliada empregando-se uma escala visual (1- ausência a 9- mais de 75%). Utilizaram-se medidas de tendência central e construíram-se agrupamentos dos dados (método de percentagem), com o seguinte critério de valores e distribuição em quartil: 1º (0 a 25%), 2º (26 a 50%), 3º (51 a 75%), 4º (76 a 100%), com respeito à diferença entre os valores mais alto e o mais baixo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis altura de planta e de espiga principal permitiram a construção de um índice (Tabela 1) e a classificação das linhagens em quatro grupos, baseados em quartil (Tabela 2). Esta informação apresenta importante significado fisiológico e pode, se correlacionada a rendimento de grão, servir como um parâmetro de seleção, baseando-se em critérios de particionamento de fotoassimilados e distribuição diferencial de fitomassa. A L11- L C 237-67 apresentou maior altura e a L3- L13.1.2 a menor.

O parâmetro IFMF, considerado como indicador para selecionar genótipos com tolerância à seca (Bolaños & Edmeades 1993; Durães et al. 1997; Labory et al. 1997), prestou-se para discriminar as linhagens estudadas (Tabela 1). As linhagens L3, L4, L5, L6 e L8 apresentaram protogenia (valores negativos de IFMF, entre -2,1 a -1,5). O valor negativo (-1,5) da linhagem L3- 13.1.2, classificada como de baixo IFMF, é também relatado por Labory et al. 1997.

O período de enchimento de grãos, enquanto etapa crítica do desenvolvimento, permite distinguir estresses sofridos pela planta e perdas de rendimento (Martiniello 1984; Bolaños & Edmeades 1993). Na Tabela 1 são apresentados os períodos de enchimento de grãos (PEG) e do ciclo de vida de cada uma das linhagens estudadas. Observa-se que ocorreu um período de oscilação de oito dias entre as linhagens, sendo as L2- L1147 e L11- LC237-67 as mais precoces (com 37 dias) e a L9- L8.1 a mais tardia (com 45 dias), sem grande diferenciação no ciclo total de vida (com 117, 120 e 117 dias, respetivamente).

O rendimento e os componentes, apresentados na Tabela 1, mostram que o Índice de Colheita (IC) oscila entre 11 e 56%, nas linhagens L11- LC237-67 e L10- L10.2,

respectivamente. As linhagens L3, L4, L12, L6, L8 e L10 apresentaram IC superior a 50%. O IC tem um valor fisiológico importante, por representar a porcentagem de partição de matéria seca do grão em relação à planta total. A linhagem L11- LC237-67 apesar de apresentar um IC inferior a 20%, tem uma característica promissora para prolificidade (capacidade de produzir duas espigas viáveis). É importante observar, através dos resultados de IC, que este indicador de rendimento é modulado por fatores ambientais, e que separadamente, não se presta como critério de seleção de genótipos (Monteiro et al. 1998). Observa-se, por exemplo, que as linhagens L6 e L8, e L5 e L9, que IC superior não representa necessariamente uma maior produção de grão.

A intensidade de enfermidade por *Puccinia polysora* nos indica que a linhagem com menor incidência foi a L7- L 1.2.1 (com valor 2) e as linhagens L1- L1170 e L5- L10.1.1 (com valores 7) nos indicam que as linhagens L1 e L5 são mais susceptíveis à enfermidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis descritoras de linhagens de milho, durante a fase reprodutiva. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. Maio/2000.

Linhagem	Altura (cm)		Relação (%) Altura Espiga/Planta	IFMF (dias)	Etapas de crescimento (dias)			MS (g)		IC	<i>Puccinia polysora</i>
	Planta	1 Espiga			FV' = G a FF	FR' = FF a PMF	Ciclo' = G a PMF	Planta	Grão		
L1- L1170	134,3	65,4	48,7	2,0	72	42	114	129,4	35,1	0,29	7
L2- L1147	126,6	66,9	53,1	4,8	80	37	117	85,0	19,4	0,25	4
L3- L13.1.2	90,8	35,8	39,4	-1,5	73	43	116	110,9	54,4	0,48	6
L4- L6.1.1	114,9	54,2	47,2	-2,1	75	41	116	125,4	65,3	0,53	6,5
L5- L10.1.1	118,8	69,2	58,3	-2,1	78	39	117	132,9	55,6	0,45	7
L6- L8.3.1	99,9	38,8	38,8	-2,1	75	41	116	86,2	42,9	0,51	6
L7- 1.2.1	132,1	68,7	52,0	0,0	79	38	117	126,7	62,2	0,49	2
L8- L1.2.3	152,5	67,3	44,1	-1,0	74	43	117	136,1	70,0	0,51	3
L9- L8.1	135,6	57,3	42,3	0,8	72	45	117	92,1	44,2	0,48	8
L10- L10.2	100,7	50,4	50,0	0,8	76	38	114	55,7	63,3	0,56	6
L11- LC23767	164,7	90,3	54,8	3,0	83	37	120	125,7	13,1	0,11	6
L12- L53	126,9	45,4	35,8	2,8	79	41	120	94,4	50,3	0,53	3

1 FV- Fase Vegetativa (G, Germinação a FF, Florescimento Feminino, em dias)

2 FR- Fase Reprodutiva (PEG, Duração do período de enchimento de grão = de FF a PMF, Ponto de Maturidade Fisiológica, em dias)

3 Ciclo: (G até PMF, em dias)

IFMF (Intervalo entre florescimentos masculino e feminino, em dias)

MS (Peso de Matéria Seca, g)

IC (Índice de Colheita, % = fração de grão em relação à fitomassa seca total da planta (g/g)

O parâmetro conteúdo de clorofila, se associado a área foliar verde, pode constituir-se em indicador de senescência foliar para os genótipos que tenham a tendência típica de baixar o conteúdo de clorofila a partir da floração. A maioria das linhagens apresentaram uma tendência de aumentar o conteúdo de clorofila nas folhas, da floração aos 21 dias depois da floração, exceto as L3, L4, L7, L9 e L10. Todos os grupos de linhagens (Tabela 2) tiveram reduzido a valores próximo de zero o conteúdo de clorofila, ao chegar à maturidade fisiológica. Comportamento similar observou-se pra a área foliar verde, em todas as linhagens.

Nos agrupamentos por linhagens se observa uma tendência de que as linhagens que apresentam menor duração do período de enchimento de grãos são as que também apresentam maior rendimento de grão (Tabela 2). Este fato não ocorre em todos os genótipos, indicando que a velocidade de enchimento e, portanto, a inclinação da curva de enchimento é uma variável influenciada pela interação genótipo-ambiente.

Tabela 2 - Dados de agrupamento, no período de florescimento a maturidade fisiológica de sementes de linhagens de milho contrastantes para o parâmetro fenotípico IFMF.

Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. Maio/2000.

Linhagens	Agrupamentos/Variável
	Altura de Planta (cm)
L8, L11	152 a 165
L1, L2, L7, L9, L12	126 a 136
L4, L5	114 a 119
L3, L6, L10	90 a 101
	Altura de 1ª Espiga (cm)
L11	> 76
L1, L2, L5, L7, L8	63 a 76
L4, L9, L10	49 a 62
L3, L6, L12	35 a 48
	IFMF (dias)
L3, L4, L5, L6, L8	-2,5 a -0,1
L7, L9, L10	0,0 a 0,9
-	1,0 a 1,9
L1, L12, L11, L2	2,0 a 5,0
	Área Foliar (cm²) na Floração
L5, L7, L8, L11	> 4260
L1, L9, L12	3546 a 4260
L2, L3, L4	2201 a 3345
L6, L10	2116 a 2200
	[Clorofila, µg/g MF Foliar] na Floração
L4, L10	> 3000
L3, L5, L9	2701 a 3000
L2, L7, L8, L11	2001 a 2700
L1, L6, L12	1900 a 2000
	Período de Enchimento de Grãos (dias)
L9	> 43,0
L1, L3, L8	41,1 a 43,0
L4, L6, L12	39,1 a 41,0
L2, L5, L7, L10, L11	37,0 a 39,0
	MS grão (g) no P.M.F.
L3, L4, L5, L6, L7, L8, L10, L12	> 49,0
-	37,1 a 49,0
L1, L9	25,1 a 37,0
L2, L11	13,0 a 25,0
	Rendimento de grão (g)*, na colheita
L4, L7, L8, L10	> 55,8
L3, L5, L6, L9, L12	41,6 a 55,8
L1	27,4 a 41,5
L2, L11	13,1 a 27,3

* Média de 03 plantas/Linhagem.

LITERATURA CITADA

ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Bethesda, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

BOLANOS, J.; EDMEADES, G.O. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, p.65-80, 1996.

BOLANO, 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.

DuPLESSIS, D.P.; DIJKHUIS, F.J. The influence of the time lag between pollen-shedding and silking on the yield of maize. **South African Journal Agricultural Science**, Pretoria, v.10, p.667-674, 1967.

DURAES, F.O.M.; MAGALHAES, P.C.; OLIVEIRA, A.C.; FANCELLI, A.C.; COSTA, J.D. Partição

de fitomassa e limitações do rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionadas com a fonte-dreno..
Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, São Carlos, v.5. n.1, p. 1-12, 1993.

DURAES,F.O.M.; MAGALHAES,P.C.; PITTA,G.V.E.; GAMA,E.E.G.; OLIVEIRA,A.C.

Respostas para características fisiológicas e morfológicas de adaptação à seca em plantas de três linhagens de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia, GO. **Resumos**. Goiânia: ABMS;EMGOPA;EMBRAPA;UFG;EMATER-GO, 1994. p.200

DURAES,F.O.M.; PAIVA,E.; MAGALHAES,P.C.; SANTOS,M.X.; PEREIRA,J.J.;

LABORY,C.R.G. Critérios morfo-fisiológicos utilizados para seleção de genótipos de milho visando tolerância à seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FIOLOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém,, PA. **Resumos**. Belém: SBFV, 1997. p.291

MONTEIRO,M.A.R.; DURAES,F.O.M.; CRUZ,J.C.; Oliveira,A.C. Índice de colheita: um forte conceito fisiológico de uso inadequado para seleção de cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife, PE. **Resumos**. Recife: IPA, 1998. p.261

DURAES, F.O.M.; MAGALHAES, P.C.; SANTOS, M.X., LOPES,M.A., PAIVA,E. Intervalo entre florescimentos masculino e feminino como parâmetro fenotípico útil ao melhoramento de milho tropical para tolerância à seca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife, PE. **Resumos**. Recife: IPA, 1998. p.27

DURAES,F.O.M.; MACHADO, R.A.F.; MAGALHAES,P.C.; SANTOS,M.X.; SILVA,R.;

MOLINA,M. Adaptação de milho às condições de seca: 1. Caracterização de genótipos contrastantes quanto ao parâmetro fenotípico IFMF. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.11(Suplemento). p..53, 1999. Resumo

GRANT,R.F.; JACKSON,B.S.; KINIRY,J.R.; ARKIN,G.F. Water Deficit Timing Effects on Yield Components in Maize. **Agronomy Journal**, v.81, p.61-65, 1989.

HALL, A.J.; VILELLA,F.; TRAPANI, N.; CHIMENT,C. The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silking in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.5, p.349-363, 1982.

LABORY, C.R.G.; TEIXEIRA,F.F.; SANTOS,M.X.; MAGALHAES, P.C.; DURAES,F.O.M.;

COUTO,L.; PAIVA,E. Estimativa de parâmetros genéticos de caracteres relacionados a tolerância ao déficit hídrico no milho tropical. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 43., 1997, Poços de Caldas, MG. **Resumos**. Poços de Caldas: SBG, 1997.

MARTINIELLO, P. Drought resistance in maize: Methods of detection and breeding considerations. **Genetics Agr**. v.38. n.3. p. 267-302. 1984.

WESTGATE,M.E.; BOYER,J.S. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potential in maize. **Crop Science**, Madison, v.25, p.762-769, 1985.

WESTGATE,M.E.; BOYER,J.S. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v.26, p.:951-956, 1986.