

## Avaliação dos Ciclos de Seleção da Variedade de Milho BRS 4154 – Saracura para Tolerância ao Encharcamento do Solo

No Brasil, estima-se que haja cerca de 28 milhões de hectares de solos sujeitos a encharcamento (solos aluviais e hidromórficos), dos quais cerca de 12 milhões estão localizados na região dos Cerrados, que podem ser incorporados ao processo produtivo. Somente no estado de Minas Gerais, são cerca de 500.000 ha. A cultura do milho apresenta-se como uma opção válida, especialmente para várzeas sujeitas a encharcamento temporário. O excesso de umidade no solo é uma condição ambiental estressante ao desenvolvimento do milho. No entanto, existe nesta espécie variabilidade genética para características que estão ligadas a esse tipo de estresse, o que permite o melhoramento genético para essa condição de solo. O alagamento como um fator de estresse causa ação inibitória na fase bioquímica da fotossíntese. Sabendo-se que o fotossistema II (PSII) é responsável pelo fornecimento de energia para a fotossíntese, a avaliação de sua eficiência pode tornar-se um indicador da tolerância em plantas sob alagamento. Esse monitoramento pode ser obtido pela fluorescência da clorofila. Também o teor de clorofila pode ser um importante indicador da senescência das folhas, sendo essa acelerada pelo excesso hídrico. O fechamento estomatal confere uma proteção temporária contra seca fisiológica da parte superior das plantas sob encharcamento, mas a sobrevivência a longo prazo, de toda a planta, depende de que pelo menos algumas raízes continuem a funcionar. Isso pode ser assegurado pela transferência de oxigênio da parte aérea para a raiz. Esse processo é intensificado pela alta porosidade interna da raiz, conferida pelo aerênquima. As folhas são importantes na captação da energia luminosa utilizada na fotossíntese; desta forma, o seu amarelecimento ou seca parece ser um importante critério de seleção em programas de melhoramento de milho, visando à tolerância ao encharcamento.

São poucos os programas que produziram material comercial de milho adaptado às condições de encharcamento. A carência de conhecimento científico sobre os possíveis mecanismos de tolerância e de adaptação de genótipos ao encharcamento reproduz a relevância de estudos dessa natureza, visando ao desenvolvimento de cultivares de milho. Assim, a Embrapa Milho e Sorgo vem conduzindo estudos com o objetivo de avaliar os ciclos de seleção da variedade de milho BRS 4154 – Saracura quanto aos parâmetros fisiológicos de tolerância ao encharcamento.

### Metodologia

Um ensaio foi conduzido no campo, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG numa área de várzea mal drenada, onde foram avaliados quatro ciclos de seleção (ciclos 1, 5, 9 e 15) da variedade de milho BRS 4154 – Saracura, uma cultivar de milho suscetível ao encharcamento do solo (BR 107) e o híbrido simples BRS 1010.

### Autores

**Paulo C. Magalhães**  
Eng. Agr., Ph. D., Embrapa  
Milho e Sorgo. Caixa Postal  
151 CEP 35701-970 Sete  
Lagoas, MG. E-mail:  
pcesar@cnpms.embrapa.br

**Celso H. M. Coelho**  
Estudante de pós-graduação  
da Universidade Federal de  
Viçosa

**Elto E. G. Gama**  
**Paulo E. O. Guimarães**  
**Cláudia T. Guimarães**  
**Frederico O. M. Durães**  
Pesquisadores da Embrapa  
Milho e Sorgo

**Aluizio Borém**  
Professor da Universidade  
Federal de Viçosa

Esses materiais foram testados em dois ambientes: 1 - irrigação normal; 2 - encharcado, a partir de trinta dias de germinação (essa é considerada fase crítica para esse tipo de estresse). As cultivares receberam uma lâmina de irrigação de 20 cm (inundação do tabuleiro), três vezes por semana, até a maturidade fisiológica. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições por ambiente. A parcela experimental foi constituída por 4 fileiras de 4 m, 0,9 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas, sendo que os dados foram obtidos a partir de três plantas de uma só fileira por parcela. O solo foi adubado de acordo com o resultado da análise química e baseado no manual de recomendação de adubação para o estado de Minas Gerais.

As avaliações do ensaio foram realizadas no estádio de grão leitoso, avaliando-se: fluorescência da clorofila a, através do PEA II (Hansatech Instruments Co. UK), teor relativo de clorofila pelo medidor da minolta modelo SPAD 502, área foliar, através de um integrador de área foliar da marca LICOR (Licor-1000), e porosidade de raiz realizada segundo a metodologia de Jensen et al., (1969).

## Resultados

No que diz respeito à fluorescência da clorofila, não houve diferenças entre ambientes e genótipos e todos os valores nas duas situações ficaram iguais ou acima de 0,75, que é o índice considerado como limite para acontecer danos ao fotossistema II (Tabela 1). Com relação aos teores de clorofila, também não houve diferenças entre genótipos; no entanto, para ambiente foi observado uma redução nos teores de clorofila para todos os genótipos quando submetidos ao encharcamento (Tabela 1), indicando que sob esse tipo de estresse há uma aceleração da senescência das folhas do milho. Para a variável área foliar, não houve diferenças estatísticas entre genótipos no ambiente normal; entretanto, ocorreu redução da área foliar para todos os genótipos e ciclos de seleção na condição de encharcamento, quando comparado ao ambiente normal. No ambiente encharcado, houve uma redução de 27% na área foliar com o avanço dos ciclos de seleção (Tabela 2). A redução da área foliar

pode ser um possível mecanismo de tolerância ao encharcamento em plantas de milho. Já para porosidade de raiz (Tabela 3), em relação ao ambiente encharcado, foi verificado que a seleção causou um aumento na porosidade do ciclo 1 (4,37%) para o ciclo 15 (8,47%), sendo que os maiores aumentos foram de C1 para o C5. Resultados semelhantes demonstrando a importância da porosidade de raiz em cultivares de milho para tolerância ao encharcamento têm sido relatados por outros pesquisadores.

## Conclusões

A redução da área foliar pode ser um possível mecanismo utilizado pelas plantas de milho quando em condições de encharcamento.

A porosidade de raízes é a principal estratégia utilizada pela planta de milho para tolerar ambientes encharcados.

## Bibliografia Consultada

- FERRER, J. R.; MAGALHÃES, P. C.; ALVES, J. D. Efeito do cálcio em plantas de milho "Saracura" BRS-4154 sob condições de alagamento avaliados através da fluorescência da clorofila. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo: Epagri, 2002. CD-ROM. Secao Trabalhos
- JENSEN, C. R.; LUXMOOR, R. J.; GUNDY, S. D. van; STOLZY, H. L. Root air space measurements by a pycnometer method. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n. 3, p. 474-475, 1969.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; ANDRADE, C. de L. T. de; OLIVEIRA, A. C. de; SOUZA, I. R. P. de; GAMA, E. E. G. Adaptação do milho a diferentes condições de alagamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Resumos expandidos...** Ilhéus: CBFV, 2001. CD-ROM.
- PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R.; MAGALHÃES, P. C. Selection for tolerance to waterlogging in maize (*Zea mays* L.). In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL, 1., 1992, Belo Horizonte. **O milho em perspectiva**: anais. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS; Mexico: CIMMYT, 1995. p.433-449.

Tabela 1. Fluorescência e clorofila da folha de milho avaliado em dois ambientes de quatro ciclos (C) de seleção da variedade BRS 4154 – Saracura e duas testemunhas.

| Genótipos | Fluorescência |            | Clorofila |            |
|-----------|---------------|------------|-----------|------------|
|           | Ambientes     |            | Ambientes |            |
|           | Normal        | Encharcado | Normal    | Encharcado |
| C 1       | 0,77 A        | 0,78 A     | 59,8 A    | 54,8 A     |
| C 5       | 0,75 A        | 0,77 A     | 58,6 A    | 50,9 A     |
| C 9       | 0,75 A        | 0,77 A     | 57,5 A    | 50,2 A     |
| C 15      | 0,77 A        | 0,77 A     | 61,2 A    | 53,1 A     |
| BR 107    | 0,76 A        | 0,78 A     | 60,3 A    | 56,7 A     |
| BRS 1010  | 0,77 A        | 0,78 A     | 63,3 A    | 53,5 A     |
| CV(%)     | 3,07          | 1,68       | 4,52      | 7,87       |

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas colunas, para genótipos, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Área foliar (cm<sup>2</sup>) de quatro ciclos (C) de seleção da variedade de milho BRS 4154, da variedade BR 107 e do híbrido simples BRS 1010, avaliados em dois ambientes.

| Genótipos | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) |             |
|-----------|--------------------------------|-------------|
|           | Ambientes                      |             |
|           | Normal                         | Encharcado  |
| C 1       | 6976,02 A                      | 6757,37 AB  |
| C 5       | 6343,29 A                      | 5347,15 BC  |
| C 9       | 7313,44 A                      | 4956,44 C   |
| C 15      | 6692,98 A                      | 4503,76 C   |
| BR 107    | 5875,09 A                      | 6013,54 ABC |
| BRS 1010  | 7194,79 A                      | 7199,85 A   |
| CV(%)     | 11,41                          | 13,34       |

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas colunas, para genótipos, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Porosidade de raiz (%) de quatro ciclos (C) de seleção da variedade de milho BRS 4154, da variedade BR 107 e do híbrido simples BRS 1010, avaliados em dois ambientes.

| Genótipos | Porosidade de raiz (%) |            |
|-----------|------------------------|------------|
|           | Ambientes              |            |
|           | Normal                 | Encharcado |
| C 1       | 4,62 A                 | 4,37 CD    |
| C 5       | 3,70 A                 | 6,38 ABC   |
| C 9       | 4,66 A                 | 7,66 AB    |
| C 15      | 4,48 A                 | 8,47 A     |
| BR 107    | 4,11 A                 | 5,60 BCD   |
| BRS 1010  | 4,77 A                 | 3,63 D     |
| CV(%)     | 14,71                  | 17,76      |

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas, para genótipos, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

SAAB, I.; SACHS, M. M. A flooding induced xyloglucan endo-transglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenquima. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 112, p. 385-391, 1996.

SCHREIBER, U.; GADEMANN, R.; RALF, P. J.; LARKUN, A. W. D. Assessment of photosynthetic performance of prochloron in *Lisocinum patella* in hospite by chlorophyll fluorescence measurements. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 38, n. 8, p. 945-951, 1997.

**Circular  
Técnica, 67**

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

**Endereço:** MG 424 Km 45 Caixa Postal 151 CEP  
35701-970 Sete Lagoas, MG

**Fone:** (31) 3779 1000

**Fax:** (31) 3779 1088

**E-mail:** sac@cnpms.embrapa.br

**1ª edição**

1ª impressão (2005): 200 exemplares

**Comitê de  
publicações**

**Presidente:** *Antônio Carlos de Oliveira*

**Secretário-Executivo:** *Paulo César Magalhães*

**Membros:** *Camilo de Lélis Teixeira de Andrade,  
Cláudia Teixeira Guimarães, Carlos Roberto Casela,  
José Carlos Cruz e Márcio Antônio Rezende Monteiro*

**Expediente**

**Supervisor editorial:** *Clenio Araujo*

**Revisão de texto:** *Clenio Araujo*

**Editoração eletrônica:** *Dilermando Lúcio de Oliveira*