

Desempenho de Híbridos de Milho sob Estresse de Seca

Lauro José Moreira Guimarães¹, Flávia Ferreira Mendes², Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães¹, Cleso Antônio Patto Pacheco¹, Walter Fernandes Meirelles¹, Jane Rodrigues de Assis Machado¹, Adelmo Resende da Silva¹, Edson Alves Bastos³, Milton José Cardoso³, Newton Portilho Carneiro¹, Sidney Netto Parentoni¹ e Márcia Pereira Moreira⁴

Resumo - O objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de híbridos de milho, desenvolvidos no programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, quanto à tolerância à seca. Para tanto, foram avaliados a produtividade de grãos (PG) e o intervalo entre florescimentos masculino e feminino (IFMF), em uma série de híbridos cultivados em cinco anos consecutivos, sob estresse por deficiência hídrica, em Janaúba – MG. Os dados foram analisados por meio do método de modelos mistos, para obtenção dos valores genotípicos, via REML/Blup. As variâncias genéticas foram significativas para PG e IFMF e a magnitude das acurácias indicou boa precisão experimental para ambas as características. A correlação entre PG e IFMF foi negativa. Foi possível identificar cultivares com elevado potencial produtivo e baixo IFMF sob condições de seca. Vários híbridos experimentais superaram testemunhas comerciais, demonstrando o potencial do programa de melhoramento de milho em gerar cultivares mais tolerantes à seca.

Introdução

Atualmente, o milho é o cereal mais cultivado no mundo (FAOSTAT, 2013), representando a base alimentar de vários países, sendo utilizado, principalmente na produção de ração animal. Na safra de 2012/13, o milho foi cultivado no Brasil em 15,7 milhões de hectares, sendo colhidas, aproximadamente, 78 milhões de toneladas de grãos, consolidando o país como o terceiro maior produtor mundial deste cereal (CONAB, 2013). Apesar do elevado potencial produtivo do Brasil, vem crescendo a preocupação com os danos causados por estresses abióticos sob a produção de grãos, visto que as mudanças climáticas globais podem aumentar a ocorrência e a intensidade da seca, causando problemas de insegurança alimentar (Varshney et al. 2011).

Áreas que atualmente são grandes produtoras de grãos podem não estar mais aptas ao plantio antes do final do século. Estima-se que, cerca de 15% da área cultivada com milho no Brasil seja afetada pela seca, e as previsões obtidas a partir do quadro de aquecimento global indicam que, em 2050, a área favorável para plantio desta cultura deverá ser 15% menor (Assad e Pinto, 2008). Deve-se ressaltar que em 2012 a segunda safra de milho (safrinha) foi superior à safra de verão. A segunda safra está muito mais sujeita a riscos climáticos por déficit hídrico devido à realização do plantio já no final da estação chuvosa. Este cenário traz novos desafios para a os melhoristas de plantas, que precisam desenvolver cultivares mais adaptadas às condições adversas (Hao et al. 2010). É interessante, portanto, desenvolver cultivares mais tolerantes à seca e buscar tecnologias de manejo cultural mais apropriadas, como forma de mitigação dos efeitos desse estresse.

A cultura do milho apresenta grande sensibilidade a estresses abióticos, sendo o estresse por deficiência hídrica, a principal causa de perdas na produção (Ribaut et al., 2009). A seca afeta a cultura do milho em quase todas as fases de desenvolvimento, mas uma das fases de maior sensibilidade é o florescimento. Estresse hídrico pouco antes e durante a floração provoca um atraso na emissão dos estímulos da espiga, levando a um aumento no intervalo entre florescimentos masculino e feminino (IFMF), o que causa menor taxa de fertilização e aumento no índice de aborto de grãos. Assim, no melhoramento para tolerância à seca, aplicando-se estresse controlado durante o período de florescimento, aumenta-se o potencial de seleção/identificação de cultivares superiores em condições de restrição hídrica (Banzinger et al 2000; Monneveux et al 2006).

Estudos relacionados à tolerância a seca serão cada vez mais estratégicos para o país, já que, este é

¹ Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo – CNPMS - EMBRAPA/Sete Lagoas-MG. e-mail: lauro.guimaraes@embrapa.br,

²Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas e-mail: flaviafmendes@yahoo.com.br, ³Pesquisadores da Embrapa Meio Norte:

edson.bastos@embrapa.br e milton.cardoso@embrapa.br; e Graduanda em Ciências Biológicas – UNIFEMM/Sete Lagoas-MG.

⁴Bolsista do CNPq/PIBIC/EMBRAPA-CNPMS. e-mail: marcia.p.moreira@outlook.com

um dos estresses abióticos mais complexos, sendo o principal fator que deve limitar a produção mundial de alimentos nos próximos anos (Berrang-Ford, 2011). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de híbridos de milho desenvolvidos no programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, quanto à tolerância à seca.

Material e Métodos

Foram avaliados, sob estresse por deficiência hídrica, 122 híbrido de milho, em cinco anos consecutivos (2008, 2009, 2010, 2011 e 2012), na estação experimental da Embrapa em Janaúba – MG. Foram utilizados os Ensaios Elite, que são utilizados como ensaios de VCU (valor de cultivo e uso) para registro, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), dos novos híbridos de milho da Embrapa com potencial para serem lançados no mercado de sementes. Dentre os tratamentos, 108 eram híbridos experimentais do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, e 14 eram híbridos comerciais incluídos como testemunhas (P3862, DKB390, 2B707, BRS3040, BRS1055, P30F35, BRS1060, AG7088, 2B710, BRS3025, BRS1010, BRS2022, BRS1040 e AS1567). Nos Ensaios Elite os melhores híbridos e algumas testemunhas são avaliados em, pelo menos dois anos, havendo entrada de novos híbridos a cada ano. Portanto, neste conjunto de dados, existem desbalanceamentos causados pelas substituições de cultivares em anos subsequentes. Deste modo, os dados foram tratados via análises de modelos mistos, utilizando-se o software SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2007).

Os ensaios foram instalados no delineamento experimental em látice 6x6, com duas ou quatro repetições, dependendo do ano. As parcelas foram constituídas por uma linha de quatro metros, com espaçamento entre linhas de 0,80 m. A cada cultivo, as adubações de plantio foram realizadas com 300 kg.k^a, utilizando-se o formulado 8-28-16, e nas adubações de cobertura foram aplicados 100kg.ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de uréia. Foi avaliada a produtividade de grãos (PG), corrigida para 13% de umidade e transformada em kg.ha⁻¹ e o intervalo entre florescimentos masculino e feminino (IFMF).

A cultura foi conduzida na estação seca, sendo os ensaios instalados sempre no mês de maio, de modo que toda água foi aplicada via irrigação. Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento, com controle de umidade do solo para aplicação de lâminas d'água suficientes para recuperação da capacidade de campo a cada irrigação. O sistema de gotejamento possibilitou melhor distribuição de água na área experimental, pois minimiza a influência de ventos. A imposição do estresse foi feita através do corte da irrigação aos 45 dias após o plantio, permanecendo assim até a colheita. As análises foram realizadas de acordo com o modelo:

$$y = Xr + Zg + Wb + Ti + e, \text{ em que:}$$

y é o vetor de observações da característica avaliada; r é o vetor dos efeitos de repetições dentro de ano (assumido como de efeito fixo) somados à média geral. g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); b é o vetor dos efeitos de blocos (assumido como aleatório); i é vetor dos efeitos da interação genótipos x anos (considerado aleatório); e é o vetor de erros ou resíduos (também considerado aleatório). X , Z , W e T representam as matrizes de incidência para os efeitos de r , g , b e i , respectivamente. Nesse caso, o vetor r contempla todas as repetições de todos os ensaios, possibilitando o ajuste das combinações repetições-anos.

Resultados e Discussão

Tanto para a produtividade de grãos (PG) quanto para o intervalo entre florescimentos masculino e feminino (IFMF), sob estresse por deficiência hídrica, as variâncias genéticas foram altamente significativas ($p < 0,01$) pelo teste de Qui-quadrado para a razão de verossimilhança (teste LRT). As estimativas de acurácia medem a correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros e, segundo Resende (2007), ensaios que apresentem valores de acurácia, em torno, de 80% podem ser considerados de alta precisão experimental. Verificou-se, portanto, que houve alta precisão experimental para ambas as características, com valores de acurácias de 0,79, para PG, e de 0,87 para IFMF, nas análises agrupadas.

As médias genotípicas, obtidas via BLUP (melhor preditor linear não-viesado), para PG variaram entre 5.961 e 3.635 kg.ha⁻¹, com média geral de 4.846 kg.ha⁻¹, e para IFMF o maior valor foi de 3,87 dias e o menor valor foi de -2,65 dias, sendo que a média para o intervalo entre florescimentos foi de 0,97 dia (ou, aproximadamente, um dia).

No programa de melhoramento de milho da Embrapa, na série de safras entre 2007/08 e 2011/12, os Ensaio Elite foram avaliados em 136 ambientes, distribuídos no Brasil Central, em safra e safrinha. Dentre estes, 69 ambientes foram classificados como favoráveis, por apresentarem médias de produtividade de grãos acima das médias gerais em cada ano agrícola, sendo que a média geral do conjunto de ambientes favoráveis foi de 9.669 kg de grãos por hectare (dados não mostrados). Verificou-se, portanto, que a imposição do estresse por deficiência hídrica, nos experimentos conduzidos em Janaúba-MG, provocou redução de 49,9% na produtividade de grãos, comparando-se a média geral dos ensaios sob estresse de seca (4.846 kg.ha⁻¹) com a média geral dos ambientes favoráveis (9.669 kg.ha⁻¹). Diante do exposto, verifica-se a seleção/escolha de híbridos mais tolerantes à seca pode ser efetiva, visto que o nível de estresse foi suficiente para a expressão de alelos favoráveis para tolerância a esse estresse (Guimarães, 2011).

Os dez híbridos mais produtivos foram, na sequência, P3862 (testemunha), 2F633, 2H834, 3F624, 1I923, 1I926, DKB390 (testemunha), 1I862, 1J1143, e, 1F632, com médias genotípicas variando entre 5.961 a 5.340 kg.ha⁻¹ de grãos. As médias genotípicas destes tratamentos não diferiram do híbrido mais produtivo (P3862), que apresentou limite inferior para o intervalo de confiança de 5.298 kg.ha⁻¹ (p<0,05). Vale a pena ressaltar que, dentre as testemunhas comerciais, os híbridos P3862, DKB390, 2B707, BRS3040, BRS1055, P30F35, BRS1060 e AG7088 apresentaram médias de PG acima da média geral. A distribuição de frequências das médias genotípicas, demonstram a grande variabilidade para produtividade de grãos, em milho, sob condições de estresse por deficiência hídrica (Figura 1).

Em milho, o florescimento é um dos estádios fenológicos mais sensíveis à seca, sendo que esse estresse provoca atraso do florescimento feminino em relação ao florescimento masculino. Isso provoca falhas na fertilização por falta de sincronia entre a liberação do pólen e o surgimento dos estilo-estigmas, desidratação de estilo-estigmas e abortamento de óvulos. Desta forma, para maior segurança em plantios de milho conduzidos em regiões ou épocas de cultivo com elevado risco de ocorrência de estresse por deficiência hídrica, é interessante a escolha/seleção de cultivares que associem alto potencial produtivo com baixo intervalo entre florescimentos masculino e feminino. Observou-se, também, grande variabilidade para IFMF entre os híbridos avaliados, como pode ser verificado pela distribuição de frequências das médias genotípicas desta característica (Figura 1).

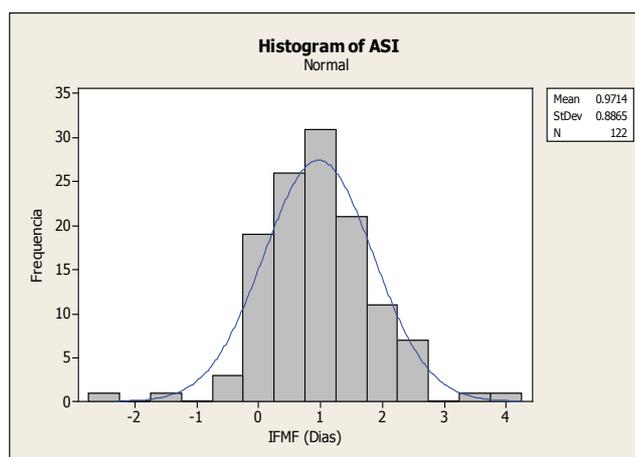


Figura 1. Distribuição de frequências das médias genotípicas para produtividade de grãos – PG (A), e para o intervalo entre florescimento masculino e florescimento feminino – IFMF (B), para os 122 híbridos de milho avaliados, sob estresse de seca em Janaúba - MG, em cinco anos consecutivos (2008, 2009, 2010, 2011 e 2012).

A correlação entre médias genotípicas para as características PG e IFMF, avaliadas sob estresse de seca, foi de média magnitude (-0,36), mas negativa, indicando que os híbridos mais produtivos tendem a apresentar menores intervalos entre os florescimentos masculino e feminino. Entretanto isso não é regra, visto que o híbrido mais produtivo (P3862), nesta série de dados, apresentou IFMF de 1,44, valor superior à média geral.

Dentre os dez híbridos mais produtivos, exceto o P3862, nove apresentaram IFMF menor que a média geral dos ensaios, com destaque para os híbridos 3F624; DKB390 e 1F632, que apresentaram tendência de protoginia (florescimento feminino mais precoce que o florescimento masculino), com médias para IFMF de -0.03, -2.65; -0.50, respectivamente.

Desta forma, pode-se concluir que existe variabilidade entre híbridos de milho para tolerância à seca e que a seleção simultânea para maior produtividade de grãos e menor intervalo entre florescimentos masculino e feminino podem levar a ganhos genéticos na cultura sob estresse de seca. Além disso, foram identificados diversos híbridos experimentais superiores a testemunhas comerciais, demonstrando o potencial do programa de melhoramento de milho em gerar cultivares mais tolerantes a esse estresse.

Agradecimentos

A todos os colaboradores deste trabalho, à Embrapa Milho e Sorgo e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

Referências

- Assad, E.; Pinto, H.S. (2008). Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. 82 pg.
- Banzinger, M., G.O. Edmeades, D. Beck and M. Bellon. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice. Mexico, D.F. CIMMYT, 68 pp.
- Berrang-Ford L, Ford JD, Paterson J. Are we adapting to climate change? *Global Environ Change*. 2011; 21: 25–33.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. 8º Levantamento de Grãos Safra 2012/2013. Maio, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>.
- FAOSTAT, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org> > Acesso em: 20/05/2013
- Guimaraes, L. J. M.; Parentoni, S. N.; Mendes, F. F.; Martins, A. O. Melhoramento visando à tolerância a estresses abióticos (melhoramento do milho para estresses abióticos). In: Cardoso, D. L.; Luz, L. N. da; Pereira, T. N. S. (Ed.). Estratégias em melhoramento de plantas. Viçosa, MG: Arka, 2011. p. 39-53.
- Hao Z, Li X, Liu X, Xie C, Li M, Zhang D, Zhang S. 2010. Meta-analysis of constitutive and adaptive QTL for drought tolerance in maize. *Euphytica* 174: 165-177.
- Monneveux,P.; C. Sanchez, D. Beck, and G. O. Edmeades. 2006. Drought Tolerance Improvement in Tropical Maize Source Populations: Evidence of Progress. *Crop Sci*. 46:180–191.
- Rezende, M. D. V. de. Software Selegem – REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 350 p
- Ribaut, J.M.; Betran, J.; Monneveux, P.; Setter, T. (2009) Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L.; Hake, S.C. (Ed.) *Handbook of Maize: Its Biology*, p 311 - 344.
- Varshney RK, Bansal KC, Aggarwal, PK, Datta SK, Craufurd PQ. 2011. Agricultural biotechnology for crop improvement in a variable climate: Hope or Hype?. *Trends in Plant Science* 16: 363-371.