

Correlações entre Caracteres de Milho Tropical sob Estresse por Deficiência de Fósforo

Flávia Ferreira mendes¹, Lauro José Moreira Guimarães², Sidney Netto Parentoni³, Paulo Evaristo Oliveira Guimarães⁴, Kênia Gisele Martins⁵, Kênia Grasielle de Oliveira⁶, Denise Pacheco dos Reis⁷ e Pedro Henrique Ferreira Gomes⁸

¹Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, flvmendes2001@yahoo.com.br,
^{2,3,4}Embrapa/CNPMS, Sete Lagoas, MG, ²lauro@cnpmc.embrapa.br,
³sidney@cnpmc.embrapa.br, ⁴evaristo@cnpmc.embrapa.br, ^{5,6,7,8}Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM), Sete Lagoas, MG, ⁵kegmartins@yahoo.com.br,
⁶keniagrasi@yahoo.com.br, ⁷denisepachecopl@hotmail.com, ⁸engpedrogomes@gmail.com.

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estimar correlações entre características de milho tropical cultivado em condições de baixo fósforo (P). Foram avaliados 280 híbridos topcrosses de milho em ambiente com baixa disponibilidade de P em 2010/2011. As características avaliadas foram: florescimento masculino (FM); florescimento feminino (FF), intervalo entre florescimento feminino e masculino (ASI); altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG); produtividade de massa seca de palhada (MSPa); eficiência de uso de P (E_{USO}); eficiência de aquisição de P (E_{AQ}); e, eficiência de utilização de P (E_{UTIL}). Foram realizadas análises de variâncias e a partir das médias ajustadas dos 280 híbridos, foram estimados os coeficientes de correlações genéticas e fenotípicas entre as características. Observou-se correlações de baixa magnitude entre PG e MSPa, indicando que o desenvolvimento da planta não foi um bom parâmetro para medir a eficiência de uso de P. Plantas de milho mais precoces e com maior sincronia entre FF e FM apresentaram, em média, maior PG. Os índices E_{AQ} e E_{UTIL} se mostraram altamente correlacionados com PG, indicando que tanto os genes responsáveis por aumentar a absorção de P como aqueles responsáveis por aumentar a eficiência de utilização interna contribuíram para aumentar a produtividade de grãos.

Palavras-chave: estresse nutricional; eficiência no uso de P; seleção precoce.

Introdução

O melhoramento de plantas tem contribuído efetivamente para o aumento da produtividade de várias culturas nas últimas décadas. Contudo, ainda são grandes as perdas devido aos estresses abióticos, principalmente nas regiões tropicais. A maioria dos solos brasileiros são altamente intemperizados, possuem alta concentração de alumínio tóxico na solução do solo, e baixa concentração dos principais nutrientes, principalmente o fósforo (P).

Esforços têm sido feitos no sentido de entender e explorar a variabilidade para características relacionadas à eficiência no uso de fósforo. Contudo, ainda são poucos os resultados obtidos para o milho em condições tropicais, principalmente em plantas cultivadas em campo até o final do ciclo. Grande parte dos estudos da eficiência no uso de P é baseada na avaliação da absorção e acumulação de P na fase de plântulas. Ressalta-se que resultados em solução nutritiva, ou mesmo em vasos, podem não se correlacionar com resultados de campo.

Para desenvolvimento de cultivares mais eficientes na utilização de nutrientes torna-se importante o conhecimento de correlações entre características secundárias, que podem auxiliar no processo de seleção de genótipos superiores (BANZIGER ET AL., 2000). A seleção precoce, por exemplo, para eficiência no uso de P, pode economizar tempo e recursos em fases iniciais de programas de melhoramento. Contudo, em estudos conduzidos nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta, a produtividade de grãos, geralmente, é substituída pela massa seca de parte aérea para se estimar a eficiência de uso de P (BRITO et al., 2011; CHEN et al., 2011; FRITSCHÉ-NETO, 2011). Nesse caso, se não existir correlação entre essas características a seleção precoce deixa de ser efetiva.

Por isso, o objetivo deste trabalho foi estimar correlações entre produtividade de grãos e diversas características avaliadas em híbridos de milho cultivados em condições de baixo P.

Material e métodos

Foram avaliadas 280 híbridos topcrosses de milho em ambiente sob baixo fósforo (P). Os experimentos foram avaliados no ano agrícola de 2010/2011, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. A adubação de plantio consistiu da aplicação de 150 kg.ha⁻¹ do formulado 20-00-20 mais 60 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio (30 kg.ha⁻¹ de N e 64 kg.ha⁻¹ de K₂O). A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas encontravam-se no estádio de V6, sendo aplicados 200 kg.ha⁻¹ de uréia (90 kg.ha⁻¹ de N). Os experimentos receberam irrigação suplementar sempre que necessário para evitar a ocorrência de estresse hídrico.

As características avaliadas foram: florescimento masculino (FM); florescimento feminino (FF); intervalo entre florescimento feminino e masculino (ASI); altura de planta (AP);

peso de grãos (PG), em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, corrigido para umidade de 13% e estande ideal. No momento da colheita dos grãos, cinco plantas, representativas de cada parcela, foram cortadas rentes ao solo, para coleta de amostras de visando a determinação da massa seca e teor de P na palhada.

De cada parcela, foram retiradas amostras representativas de grãos e de palhada. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada, a 65 °C, até peso constante, para a determinação da porcentagem matéria seca de grãos e de palhada. Posteriormente, as amostras foram moídas, homogeneizadas e retiradas alíquotas para análise. O teor de P nos grãos e na palhada foi obtido no laboratório de análises químicas de plantas da Embrapa Milho e Sorgo, pelo método espectrofotométrico do azul de molibdênio (SILVA, 1999). Com base nos resultados de campo e de laboratório, foi possível obter a massa seca de palhada (MSPa), e, os índices propostos por Moll et al. (1981), que são: eficiência de aquisição de P (E_{AQ}), eficiência de utilização interna de P (E_{UTIL}) e eficiência de uso de P (E_{USO}).

Foram realizadas análises de variâncias para todas as características e estimadas as médias ajustadas para os 280 híbridos. De posse das médias ajustadas, foram estimados os coeficientes de correlações genéticas e fenotípicas entre produtividade de grãos e as demais características. As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e discussão

As estimativas de correlações fenotípicas (\hat{r}_F) e genéticas (\hat{r}_G) entre produtividade de grãos (PG) e as demais características estão apresentadas na Tabela 1. A variável E_{USO} foi obtida pela relação entre a produtividade de grãos (PG) e o teor de P no solo, portanto, as variáveis E_{USO} e PG apresentaram alta associação para o ambiente sob baixo P, com estimativas \hat{r}_F e \hat{r}_G igual a 0,96 e 0,99, respectivamente. Esse resultado indica que a eficiência de uso de P pode ser avaliada, indiretamente, pela produtividade de grãos em ambiente sob baixo P.

Foi observada correlação fenotípica de média a baixa magnitude entre produtividade de grãos e produtividade de massa seca de palhada (MSPa). A estimativa de correlação genética também indicou associação genética de média magnitude entre PG e MSPa. De foram

semelhante, também foi observado que as estimativas de correlações fenotípicas e genéticas entre PG e AP foram de baixa magnitude. Esses resultados indicam que, para essa população de milho, o desenvolvimento da planta não foi um bom parâmetro para medir a eficiência de uso de P.

Correlações de média a alta magnitude e negativas foram observadas entre a variável PG e as variáveis florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF) e intervalo entre florescimento feminino e masculino (ASI). Infere-se, portanto, que plantas de milho mais precoces e com maior sincronia entre florescimento feminino e masculino apresentaram, em média, maior produtividade de grãos. Resultados apresentados por diversos autores demonstram que um menor intervalo entre florescimentos feminino e masculino proporciona maior tolerância a estresses abióticos, acarretando maior produção de grãos (HERRERO et al., 1981; PARENTONI et al, 2010; STRUICK et al, 1989).

Foi observada correlação de alta magnitude e positiva entre o índice E_{AQ} e a variável PG, indicando que houve alta associação entre essas características. Infere-se, portanto, que os genes responsáveis por aumentar a absorção de P pela planta também contribuíram para aumentar a produtividade de grãos. Por outro lado, a eficiência de utilização interna (E_{UTIL}) apresentou correlação fenotípica de média magnitude com PG, indicando menor associação entre essas características. Contudo, observou-se correlação genética de média a alta magnitude ($\hat{r}_G=0,74$), indicando que os genes responsáveis por aumentar a eficiência de utilização interna de P também contribuíram para aumentar a produtividade de grãos.

A associação entre caracteres apresenta grande valor prático, visto que a seleção em um caráter poderá provocar modificações em diversos outros caracteres de valor econômico. Dentre as causas responsáveis pela correlação genética entre caracteres, têm-se o pleiotropismo e a ligação genética (RAMALHO et al., 2005; VENCOVSKY, 1987). O primeiro caso ocorre quando um ou mais locos afetam diversos caracteres, enquanto o segundo refere-se a blocos gênicos localizados em um mesmo cromossomo, com tendência a serem transmitidos em conjunto. A correlação entre caracteres pode ser explorada no melhoramento por meio da seleção indireta. Esta, segundo Vencovsky e Barriga (1992), pode ser efetiva quando a herdabilidade do caráter secundário é maior do que a herdabilidade do caráter primário e a correlação entre caracteres for substancial. Além disso, para que seja viável a prática da seleção indireta, a

característica secundária deverá ser de mais fácil avaliação.

Conclusões

Em milho, a eficiência de uso de P pode ser avaliada diretamente pela produtividade de grãos em condições de baixo P;

O desenvolvimento da parte aérea da planta não é indicativo de melhor eficiência no uso de P para a população avaliada neste trabalho;

Plantas mais precoces e com maior sincronia entre florescimento feminino e masculino apresentam maior produtividade de grãos, ou seja, são mais eficientes no uso de P.

Agradecimentos

à FAPEMIG, pelo apoio financeiro para participação neste evento, e ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado.

Literatura Citada

BÄNSINGER, M. et al. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: from theory to practice**. Mexico: CIMMYT, 2000. 69 p.

BRITO, C. M. et al. Difference between breeding for nutrient use efficiency and nutrient stress tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 270-275, Sept. 2011.

CHEN, J. et al. Identification of QTLs for biomass production in maize (*Zea mays* L.) under different phosphorus levels at two sites. **Frontiers of Agriculture in China**, New York, v. 5, n. 2, p. 152-161, 2011.

CRUZ, C. D. Programa Genes: Estatística experimental e matrizes. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006.

FRITSCH NETTO, R. **Seleção genômica ampla e novos métodos de melhoramento do milho**. 2011. 28 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

HERRERO, M. P.; JOHNSON, R. R. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 1, p. 105-110, Feb. 1981.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 562-564, Mar. 1981

PARENTONI, S. N. et al. Inheritance and breeding strategies for phosphorus efficiency in tropical maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 55, n. 1, p. 1-15, 2010.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2005. 322 p.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; Campinas: EMBRAPA Informática, 1999. 370 p.

STRUICK, P. C.; DOORGEEST, M.; BOONMAN, J. G. Environmental effects on flowering characteristics and kernel set of maize (*Zea mays* L.). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 34, n. 4, p. 469-484, 1989.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 135-214.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica aplicada ao fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

TABELA 1. Correlações fenotípicas (\hat{r}_F) e genotípicas (\hat{r}_G) entre a característica produtividade de grãos (PG) e as demais características avaliadas em baixo P. Sete Lagoas, MG, 2012

		Ambiente sob baixo P							
		FM	FF	ASI	AP	MSPa	E _{USO}	E _{AQ}	E _{UTIL}
PG	\hat{r}_F	-0,66**	-0,67**	-0,56**	0,19**	0,42**	0,96**	0,85**	0,56**
	\hat{r}_G	-0,71	-0,71	-0,60	0,15	0,51	0,99	0,95	0,74

** significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t. FM: dias para florescimento masculino; FF: dias para florescimento feminino; ASI: intervalo entre florescimento feminino e masculino; MSPa: massa seca de parte aérea; E_{USO}: eficiência no uso de P; E_{AQ}: eficiência de aquisição de P; E_{UTIL}: eficiência de utilização interna de P.