

Identificação de híbridos de milho eficientes e responsivos ao uso de fósforo em duas regiões contrastantes

Lauro José Moreira Guimarães⁽¹⁾; Flavia Ferreira Mendes Guimarães⁽²⁾; Sidney Netto Parentoni⁽¹⁾; Lafayette Franco Sobral⁽³⁾; Álvaro Vilela de Resende⁽¹⁾ e Flávia Cristina dos Santos⁽¹⁾

⁽¹⁾Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas-MG; lauro.guimaraes@embrapa.br; ⁽²⁾ Bolsista Pós-doc CNPq / Embrapa Milho e Sorgo; ⁽³⁾Pesquisador; Embrapa Tabuleiros Costeiros; Aracajú-SE; lafayette.sobral@embrapa.br

RESUMO: A baixa disponibilidade de fósforo (P) em solos tropicais é um dos principais fatores limitantes à obtenção de altas produtividades de milho. Mesmo em sistemas de cultivo onde são aplicadas altas doses de adubos fosfatados, a eficiência de uso de P (EUP) é baixa. Uma alternativa sustentável para minimizar as limitações impostas pela baixa disponibilidade de P e baixa EUP seria a exploração da variabilidade genética existente para gerar cultivares capazes de utilizar mais eficientemente o fósforo disponível no solo e com melhor resposta à adição desse nutriente ao sistema de cultivo. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi identificar híbridos mais eficientes no uso de P e responsivos à aplicação deste nutriente, em duas regiões distintas. Para tanto, nove híbridos foram avaliados em ambientes com baixa e alta disponibilidade P em Sete Lagoas - MG e Aracajú - SE. As análises estatísticas revelaram diferenças significativas entre genótipos, entre ambientes e presença de forte interação genótipos x ambientes e genótipos x nível de P. O híbrido AG7088RR2 se mostrou o mais promissor, sendo eficiente e responsivo ao uso de P. Para a região de Sete Lagoas, além do AG7088RR2, os híbridos BRS1055 e 2B707Hx também se mostraram eficientes e responsivos. Já para Aracajú os híbridos AG7088RR2, BRS1040 e BRS1030 são os mais indicados para cultivo em áreas de baixa disponibilidade de P no solo, sendo também responsivos à aplicação desse nutriente.

Termos de indexação: *Zea mays* L.; nutrientes; EUP.

INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais e subtropicais, grande parte da área agricultável é constituída por solos ácidos, onde o fósforo (P) encontra-se em baixa disponibilidade, sendo este um dos macronutrientes mais limitante à produção das culturas e com menor eficiência de aquisição e uso pelas plantas. Assim,

para alcançar altas produtividades, elevadas dosagens de adubos fosfatados são necessárias, sendo que quase a totalidade do fosfato inorgânico solúvel aplicado no solo é rapidamente imobilizada, tornando-o indisponível para as plantas. O difícil manejo desse nutriente é agravado pelo fato do P ser produzido a partir de fontes não renováveis. Desse modo, uma alternativa sustentável para minimizar as limitações impostas pela baixa disponibilidade de P seria explorar a variabilidade genética existente para gerar cultivares capazes de utilizar mais eficientemente o fósforo aplicado.

A maioria das cultivares de milho, desenvolvidas pelos programas de melhoramento, são avaliadas e recomendadas para ambientes favoráveis, para obtenção de altas produtividades, demandando elevadas doses de insumos. Existem esforços para identificação de genótipos de milho mais eficientes no uso do fósforo (Coimbra et al., 2014; Fritsche Netto, 2011; Fidélis et al., 2008), porém, ainda com pouca expressividade. Vários estudos são baseados na avaliação da absorção e acumulação de P na fase de plântulas, em solução nutritiva, ou mesmo em vasos, e que pode não correlacionar com resultados de campo.

Outra questão importante, é que o germoplasma selecionado como eficiente no uso de P (EUP) deve ser também responsivo à aplicação desse nutriente, pois essas duas características são importantes para o desenvolvimento de cultivares superiores. Assim, a avaliação de genótipos em ambientes com baixa e alta disponibilidade de um dado nutriente tem sido utilizada para medir a resposta dos mesmos ao aumento da disponibilidade do nutriente. Nesse sentido, a utilização de um índice que reúne a eficiência e resposta em uma única estatística seria vantajosa, pois facilitaria a seleção de genótipos pelos dois atributos simultaneamente. Vários índices de eficiência e resposta ao P são descritas na literatura (Mendes et al., 2011; Parentoni et al., 2011). Por outro lado, Guimarães (2006) cita que o próprio desempenho produtivo nos

ambiente de baixa e alta disponibilidade de nutriente pode ser considerado como índice de eficiência e resposta ao nutriente, respectivamente.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi identificar híbridos eficientes e responsivos ao uso de fósforo para as regiões de Sete Lagoas - MG e Aracajú - SE.

MATERIAL E MÉTODOS

Para identificar genótipos de milho eficientes no uso de P e responsivos à aplicação desse nutriente, nove híbridos foram avaliados em experimentos conduzidos em dois ambientes contrastantes quanto à disponibilidade de P, em dois locais: Sete Lagoas-MG e Aracajú-SE.

Os ensaios foram conduzidos em blocos ao acaso com três repetições e nove tratamentos. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 70 cm entre linhas e 20 cm entre plantas. Para os ambientes de alto P, a adubação de plantio consistiu de 500 kg.ha⁻¹ de 08-28-16 e para o ambiente de baixo P, 500 kg.ha⁻¹ de 08-00-16. Para adubação de cobertura foram aplicados 200 kg de ureia, em dose única, no estágio V6 da cultura. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para cada região e condições de cultivo. A característica avaliada foi produtividade de grãos (PG), sendo essa corrigida para 13% de umidade, e expressa em kg.ha⁻¹.

As análises de variâncias foram realizadas individualmente, por experimento. Para verificar as possíveis interações, análises de variâncias conjuntas foram realizadas de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkw} = m + r_{j(kw)} + a_k + l_w + al_{(kw)} + g_i + ga_{(ik)} + gl_{(iw)} + gal_{(ikw)} + \bar{e}_{ijkw}$$

em que: Y_{ijkw} é a média do híbrido i na repetição j no ambiente k no local w ; m é a média geral dos experimentos; $r_{j(kw)}$ é o efeito da repetição j ($j = 1, 2, 3$) dentro do ambiente k ($k = 1, 2$) dentro do local w ($w = 1, 2$); g_i é o efeito do genótipo i ($i = 1, \dots, 9$); $g_{k(w)}$ é o efeito do ambiente k dentro do local w ; l_w é o efeito do local; $al_{(kw)}$ é o efeito da interação ambientes por locais; $ga_{(ik)}$ é o efeito da interação entre híbridos por ambientes; $gl_{(iw)}$ é o efeito da interação híbridos por locais; $gal_{(ikw)}$ é o efeito da interação híbridos por ambientes por locais; e, e_{ijkw} é o erro experimental médio. Após as análises de variâncias, as médias foram comparadas pelo teste DMS-t a 5% de probabilidade.

Para identificar os híbridos eficientes e responsivos, as médias de PG obtidas em cada local foram plotadas em gráficos de dispersão de acordo com Guimarães et al (2009). Para cada local, nos eixos das ordenadas foram plotadas as médias do ambiente de alto P, enquanto nos eixos das abcissas foram plotadas as médias do ambiente de baixo P.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta revelou diferença significativa ($p < 0,01$) para a fonte de variação genótipos, indicando variabilidade entre as médias dos híbridos. Contudo, foram observadas interações genótipos por ambientes e genótipos por locais altamente significativas ($p < 0,01$), indicando comportamento diferencial dos híbridos nos ambientes de alto e baixo P no solo, bem como entre as localidades de Sete Lagoas e Aracajú. Por isso, nesse trabalho, foram apresentadas as análises individuais, cujo resumo geral encontra-se na **tabela 1**.

A precisão experimental, dada pela acurácia seletiva, foi considerada alta ($r_{gg} > 0,70$), com exceção do ambiente de baixo P em Sete Lagoas, que apresentou estimativa de acurácia seletiva abaixo de 0,67. Nesse ambiente, devido ao elevado efeito ambiental, não foi possível detectar diferenças significativas entre os genótipos. As médias de produtividade de grãos foram superiores nos ambientes de alto P, tanto em Sete Lagoas quanto em Aracajú. A porcentagem de redução na PG foi de 53% em Aracajú e 56% em Sete Lagoas, tendo ambiente sem estresse como referência.

Para os ambientes de alto P no solo, a média de produtividade de grãos variou de 6.306 kg.ha⁻¹ a 11.166 kg.ha⁻¹ em Sete Lagoas, e de 7.054 kg.ha⁻¹ a 9.686 kg.ha⁻¹ em Aracajú (**Tabela 1**), enquanto que a variação entre as médias para o ambiente de baixo P em Aracajú foi de 2.500 kg.ha⁻¹ a 4.722 kg⁻¹. Para os ambientes sem estresse, os híbridos que apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos, em Sete Lagoas foram: 2B707Hx; AG7088RR2; BRS1055 e (L176-11-2-1xL3), não diferindo entre si pelo teste DMS-t a 5% de probabilidade (Tabela 1). Em Aracajú os híbridos mais produtivos foram: AG7088RR2; 2B707Hx; BRS1040 e BRS1030. Já para o ambiente de estresse em Aracajú, os híbridos (L176-11-2-1xL3); BRS1030; (L3xL26); AG7088RR2; e BRS1040 apresentaram as maiores produtividades (**Tabela 1**).

Dentro de cada local, a interação genótipos por ambientes foi altamente significativa ($p < 0,01$) (dados não apresentados) indicando comportamento diferencial dos híbridos nos ambientes de alto e baixo P no solo. Em Sete Lagoas, os híbridos que apresentaram média superiores tanto no ambiente de baixo quanto no ambiente de alto P no solo foram o AG7088RR2, BRS1055 e 2B707Hx, sendo considerados, portanto eficientes e responsivos (**Figura 1**). Para as condições de Aracajú, os híbridos eficientes e responsivos foram o AG7088RR2, BRS1040 e BRS1030 (**Figura 1**). O único híbrido com desempenho consistente nos dois locais de avaliação foi o AG7088RR2, o que pode estar relacionado a uma boa adaptabilidade e estabilidade por parte deste genótipo.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsas, à Embrapa Milho e Sorgo pelo suporte financeiro e às instituições parceiras pela ajuda na condução dos experimentos.

REFERÊNCIAS

COIMBRA, R. R.; FRITSCHÉ-NETO, R.; COIMBRA, D. B.; NAOE, L. K.; CARDOSO, E. A.; RAONI, D.; MIRANDA, G. V. Relação entre tolerância do milho a baixo teor de fósforo no solo e responsividade a adubação fosfatada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 332-339, 2014

FIDELIS, R. R.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, G. R.; LEMUS, E. A. E. Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo em solos naturais de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 39-45, July/Sept. 2008.

FRITSCHÉ 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.

GUIMARÃES, P. E. O.; MACHADO, J. R. A.; GUIMARÃES, L. J. M. Plotagem em quadrantes para estudos de adaptabilidade e estabilidade em pares de grupos de ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5. 2009, Vitória. **O melhoramento e os novos cenários da agricultura**: anais. Vitória: Incaper, 1 CD-ROM. (Incaper. Documentos, 11).

GUIMARÃES, L. J. M. **Caracterização de genótipos de milho desenvolvidos sob estresse de nitrogênio e herança da eficiência de uso deste nutriente**. 2006. 110 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MENDES, F. F.; PARENTONI, S. N.; GUIMARAES, L. J. M.; GUIMARAES, P. E. O.; GOMES, P. H. F.; OLIVEIRA, K. G. de; REIS, D. P.; TAVARES, R. B. Seleção Simultânea para eficiência de uso e resposta ao fósforo em híbridos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. 1 CD-ROM.

PARENTONI, S. N.; MENDES, F. F.; GUIMARÃES, L. J. M. Melhoramento para eficiência no uso de P. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 250-255.

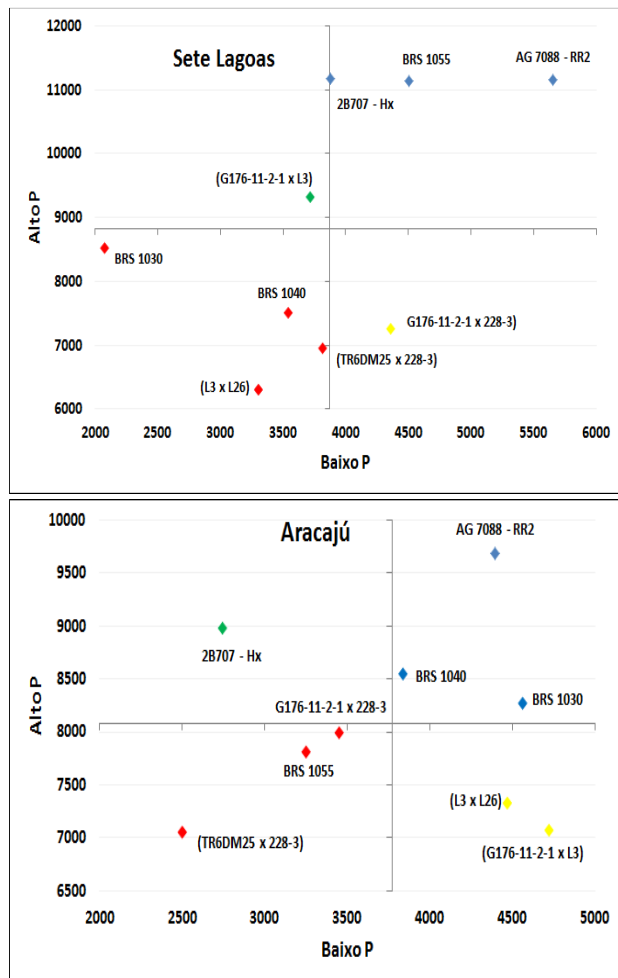


Figura 1. Gráfico de dispersão das médias de produtividade de grãos de dez híbridos de milho avaliados em alto e baixo P no solo, Sete Lagoas e Aracaju.

CONCLUSÕES

Considerando o conjunto de ambientes e locais avaliados, o híbrido AG7088RR2 se mostrou o mais promissor, sendo eficiente e responsivo ao uso P.

Para a região de Sete Lagoas, além do AG7088RR2, os híbridos BRS1055 e 2B707Hx também se mostraram eficientes e responsivos. Já para Aracaju os híbridos AG7088RR2, BRS1040, BRS1030 são os mais indicados para cultivo em áreas de baixa disponibilidade de P no solo, sendo também responsivos à aplicação desse nutriente.

Tabela 1. Médias de produtividade de grãos para os ambientes de alto e baixo P nos locais de Sete Lagoas e Aracajú.

Genótipo	Sete Lagoas				Aracajú			
	Alto P		Baixo P		Alto P		Baixo P	
BRS1055	11143	a ¹	4505	a	7812	bc	3250	cd
AG7088RR2	11164	a	5654	a	9686	a	4396	ab
(L176-11-2-1xL228-3)	7258	cd	4359	a	7993	abc	3451	bcd
2B707Hx	11166	a	3875	a	8981	ab	2744	cd
BRS1040	7509	bcd	3541	a	8548	abc	3837	abc
(L176-11-2-1xL3)	9321	ab	3716	a	7073	c	4722	a
BRS1030	8523	bc	2074	a	8272	abc	4562	a
(L3xL26)	6306	d	3303	a	7329	bc	4470	ab
(TR6DM25x228-3)	6954	cd	3815	a	7054	c	2500	d
Média	8816.04		3871.30		8083.26		3770.19	
CV	12.92		32.28		12.10		16.9	
Teste F	8.87**		1.80 ^{NS}		2.49*		5.02**	
Acurácia	0.94		0.67		0.77		0.89	

¹ Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.