

Seleção Precoce de Genótipos de Milho Tropical Para Eficiência no Uso da Água
Italo Stefanine Correia Granato¹, Paulo Henrique Coutinho², Roberto Fritsche-Neto³, Júlio César DoVale⁴, Luciano Rezende Moreira⁵ e Glauco Vieira Miranda⁶

^{1,2,3,6}Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG, ¹italo.granato@gmail.com, ²couthoph@gmail.com, ³roberto.neto@ufv.br, ⁶glaucovmiranda@ufv.br ⁴Universidade Federal do Tocantins, Gurupi – TO, ⁴juliocvale@gmail.com ⁵Instituto Federal Fluminense, Bom Jesus do Itabapoana, RJ. ⁵lmoreira@iff.edu.br.

RESUMO - O objetivo foi identificar caracteres fisiológicos e radiculares relacionados com a eficiência no uso da água (EfUA) visando a seleção precoce de genótipos de milho tropical quanto a EfUA. Para isto, combinações híbridas de seis linhagens foram avaliadas em casa de vegetação, para diversos caracteres fisiológicos, de raiz e quanto à EfUA, sob duas condições de disponibilidade hídrica. O delineamento foi o inteiramente ao acaso, com duas repetições, em esquema fatorial (genótipos x disponibilidade hídrica). Pela análise de trilha, em condição hídrica ideal o caráter segurança hidráulica é o mais indicado para a seleção precoce de genótipos de milho tropical mais EfUA. Em estresse hídrico por seca não foi observado caracteres que possam ser usados na seleção precoce.

Palavras-chave: estresse abiótico; análise de trilha; controle genético.

Introdução

No Brasil, o cultivo do milho ocorre, na maioria das áreas, sem a utilização de irrigação e, mesmo em anos climaticamente “favoráveis”, são observadas reduções significativas na produtividade em virtude de períodos de limitação hídrica (veranicos) (BERGAMASCHI et al. 2006). Dessa forma, para que seja possível produzir de modo satisfatório e sustentável nestas condições, é necessário que se concentrem esforços na obtenção de genótipos mais eficientes no uso da água.

Entretanto a seleção de genótipos quanto a eficiência de uso da água (EfUA) é difícil de ser realizada em condições de campo ou em grandes quantidades. Assim, é necessário encontrar caracteres que sejam correlacionados com a EfUA e, possam ser usado em avaliações precoces.

A validação de métodos de avaliação precoce ou de seleção indireta em plantas é de grande interesse para programas de melhoramento para condições de estresses abióticos, pois aceleram o processo de seleção, descartando de imediato os genótipos menos promissores (MACHADO et al.,2004). Para isso, o conhecimento da relação entre caracteres é de grande valia, principalmente se os caracteres de interesse apresentam baixa herdabilidade, ou ainda,

sejam de difíceis ou de alto custo mensuração (FALCONER, 1981). Neste contexto, é de grande valia utilizar a análise de trilha proposta por Wright (1921), que permite a partir da padronização de caracteres e equações de regressão, estimar os efeitos diretos e indiretos das características explicativas sobre uma característica principal.

Diante do exposto, o objetivo foi identificar caracteres fisiológicos e de raiz relacionados com a eficiência no uso da água (EfUA) visando à seleção precoce de genótipos de milho tropical mais eficientes no uso da água.

Material e métodos

A condução do experimento foi realizada em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa (20°45'14"S; 42°52'53"W). A fonte de germoplasma utilizada foi seis linhagens de milho tropical contrastantes para eficiência no uso da água, provenientes do banco de germoplasma do Programa Milho® UFV. Pelo cruzamento entre as linhagens, foram obtidas 21 combinações híbridas.

As combinações híbridas foram avaliadas sob duas condições de disponibilidade hídrica (ideal – 80% da capacidade de campo (CC) e de estresse hídrico – 60% da CC), em um delineamento inteiramente ao acaso, com duas repetições, em esquema fatorial simples (híbridos x disponibilidade hídrica).

As plantas foram mantidas na condição ideal de disponibilidade hídrica até o estágio fenológico (V4). Neste estágio realizou o corte de três repetições, para a obtenção dos seguintes caracteres: massa seca total (MST), espaçamento entre nós (EEN), diâmetro do colmo (DP); altura da planta (AP). O sistema radicular das plantas foi avaliado por análise de imagem obtida através de scanner usando software WinRHIZO Pro 2007a(Régent. Instr. Inc.), onde os comprimentos lateral e axial foram extraídos a partir de classes de diâmetro, em que, raízes com diâmetro igual ou inferior a 0,5 mm foram agrupadas em uma mesma classe e consideradas como raízes laterais (R_{lat}), e as raízes que possuíam diâmetro superior a 0,5 mm foram consideradas como raízes axiais (R_{axi}), segundo Trachsel et al.(2009).

As demais parcelas foram conduzidas até o estágio fenológico nove folhas completamente expandidas (V9), com duas repetições em condições ideais de disponibilidade hídrica e duas repetições em condições de estresse hídrico, e então foram mensurados, nas duas condições hídricas, os mesmos caracteres medidos previamente, juntamente com área foliar específica (Afle), determinada pela razão entre a área foliar de nona folha e a sua massa de MS e a razão de área foliar (RAF), pela razão da foliar total da planta e a massa de planta

seca total. A segurança hidráulica (SH) foi estimada pela razão da área foliar total e o diâmetro do caule.

De posse das informações foi medida a taxa de crescimento relativo (T) estimada por: $T = (\ln V9 - \ln V4) / \Delta t$, em que, $\ln V9$ é o logaritmo neperiano do valor observado para os caracteres mensurados no estágio fenológico V9, na condição ideal ou de estresse hídrico; $\ln V4$ é o logaritmo neperiano do valor observado para os caracteres mensurados no estágio fenológico V4 e; Δt = tempo transcorrido entre as medições. Também foi estimada a eficiência no uso da água:

$$EfUA(g.l^{-1}) = \frac{(MST_{V9} - MST_{V4})}{LA}$$

em que, MST_{V9} e MST_{V4} são as massas secas totais, em gramas, nos estádios V9 e V4, respectivamente e; LA é a lâmina de água, em litros, disponibilizada para a planta durante o período.

A transpiração diária foi estimada por:

$$Ed(mol.m^2) = \frac{(\Delta PV - EV)}{(AF \times PM \times \Delta t)}$$

em que, ΔPV a diferença do peso dos vasos; Δt o intervalo de tempo entre as pesagens; AF a área foliar total de cada planta; PM é o peso molecular da água e; EV a quantidade de água perdida por evaporação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e os caracteres que apresentaram diferenças significativas foram realizados a análise de multicolinearidade da matriz de correlação das variáveis independentes (MONTGOMERY e PECK, 1981). Posteriormente, as estimativas de correlações fenotípicas entre eficiência no uso da água (variável principal) e os caracteres avaliados (variáveis explicativas) foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos, por meio da análise de trilha (WRIGHT, 1921). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software Genes (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussão

O desdobramento das correlações fenotípicas em efeitos diretos e indiretos, por meio da análise de trilha, indicou que os caracteres EEN (0,27), T.MST (0,26), SH (0,56) e RAF (-0,45) na condição ideal de disponibilidade hídrica apresentaram os maiores efeitos diretos sobre a eficiência no uso da água (EfUA) (Tabela 1). Por outro lado, na condição de estresse hídrico T.MST (-0,22), Afl_e (-0,18), RAF (-0,24) e Ed (-0,36) foram as que apresentaram os maiores efeitos diretos sobre a EfUA.

Todavia, à exceção do caráter SH na condição ideal de disponibilidade hídrica, todos os caracteres avaliados apresentaram efeitos diretos com magnitudes inferiores ao efeito residual, tanto na condição ideal de disponibilidade hídrica (0,52) quanto no estresse (0,74). Esses resultados indicam que somente o caráter SH na condição ideal de disponibilidade hídrica, pode ser utilizado na seleção indireta e precoce de genótipos de milho tropical eficientes no uso da água.

Contudo, em estresse não foi observado caracteres que permitam a seleção indireta e precoce para EfUA. Isso porque ao maximizar a EfUA as plantas aumentam sua capacidade de transporte de água, mas se tornam mais vulneráveis à cavitação, diminuindo a SH (SPERRY et al. 2008). Além disso, a EfUA é um caráter que apresenta alta complexidade, pois envolve mudanças no aspecto morfológico, fisiológico e bioquímico, principalmente sob condições de baixa disponibilidade hídrica.

Conclusões

Em condição hídrica ideal o caráter segurança hidráulica é o mais indicado para a seleção precoce de genótipos de milho tropical mais EfUA.

Em estresse hídrico por seca não foi observado caracteres que possam ser usados na seleção precoce.

Agradecimentos

À FAPEMIG, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelos recursos genéticos e humanos concedidos.

Literatura Citada

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.243-249, 2006.

CRUZ, C.D. Programa Genes: estatística experimental e matrizes. Editora UFV, Viçosa, 2006. 285p.

FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. 2ª Ed. Longmans Green, London/New York, 1981. 279p.

MACHADO, C.T.T.; MACHADO A.T.; FURLANI A.M.C. Variação intrapopulacional em milho para características relacionadas com a eficiência de absorção e utilização de fósforo. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.3, p.77-91, 2004.

MONTGOMERY D.C.; PECK, E. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, New York, 1981. 504p.

SPERRY, J.S.; MEINZER, F.C.; MCCULLOH, K.A. Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees. *Plant Cell Environment*, v.31, p.632–645, 2008.

TRACHSEL, S.; MESSMER, R.; STAMP, P.; HUND, A. Mapping of QTLs for lateral and axile root growth of tropical maize. *Theoretical and Applied Genetics*, v.119, p.1413-1424, 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, v.20, p.557-585, 1921.

Tabela 1 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das taxas de crescimento relativo da matéria seca total (T.MST), da altura da planta (T.HP) e das raízes lateral e axial (T.Rlat) e (T.Raxi), respectivamente e da relação do sistema radical/parte aérea (SR/PA), razão área foliar (RAF), área foliar específica (Afle), espaçamento entre nós (EEN), segurança hidráulica (SH) e da transpiração (Ed) sobre o caráter eficiência de uso da água (EfUA), nas combinações híbridas, avaliadas sob disponibilidade hídrica ideal e sob condição de déficit hídrico

Efeitos de Associação	T.MST		T.HP		SR/PA		RAF		Afle	
	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit
Direto sobre EfUA	0,26	-0,22	0,09	-0,07	0,04	-0,08	-0,45	-0,24	-0,16	-0,18
Indireto via T.MST	-	-	0,08	0,04	0,09	-0,02	0,13	0,08	0,15	0,1
Indireto via T.HP	0,03	0,01	-	-	0,04	0,02	0,06	-0,04	0,05	-0,04
Indireto via SR/PA	0,01	-0,01	0,02	0,02	-	-	0,02	0,01	0,02	0,01
Indireto via RAF	-0,23	0,09	-0,29	-0,13	-0,26	0,03	-	-	-0,41	-0,24
Indireto via Afle	-0,09	0,08	-0,08	-0,1	-0,09	0,03	-0,14	-0,18	-	-
Indireto via EEN	0,11	-0,01	0,05	-0,01	0,11	-0,01	0,11	-0,01	0,14	0
Indireto via SH	0,23	-0,05	0,05	-0,02	0,24	0	0,3	0,06	0,34	0,06
Indireto via T _{-Rlat}	-0,09	-0,01	-0,03	0	-0,04	0	-0,06	0,01	-0,07	0,01
Indireto via T _{-Raxi}	-0,08	0,04	-0,03	-0,01	-0,05	0,02	-0,06	-0,02	-0,07	-0,02
Indireto via Ed	0,06	-0,22	0,05	0,01	0,31	-0,06	0,03	0,15	0,02	-0,18
Total*	0,28	-0,38	-0,06	-0,3	0,13	-0,1	-0,18	-0,27	-0,04	-0,18

Efeitos de Associação	EEN		SH		T.Rlat		T.Raxi.		Ed	
	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit	Ideal	Déficit
Direto sobre EfUA	0,27	0,06	0,56	-0,11	-0,15	-0,02	-0,13	0,05	0,11	-0,36
Indireto via T.MST	0,11	0,03	0,11	0,1	0,16	-0,15	0,17	-0,16	0,15	-0,14
Indireto via T.HP	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,05	0
Indireto via SR/PA	0,02	0,01	0,02	0	0,01	-0,02	0,01	-0,03	0,01	-0,01
Indireto via RAF	-0,19	0,02	-0,24	-0,12	-0,18	0,08	-0,22	0,08	-0,11	0,1
Indireto via Afle	-0,08	0	-0,09	-0,1	-0,08	0,07	-0,09	0,07	-0,03	0,09
Indireto via EEN	-	-	0,19	-0,02	0,07	0	0,07	0	0,08	-0,01
Indireto via SH	0,39	0,03	-	-	0,11	-0,06	0,16	-0,04	0,02	-0,09
Indireto via T _{-Rlat}	-0,04	0	-0,03	0,01	-	-	-0,14	-0,02	-0,02	-0,01
Indireto via T _{-Raxi}	-0,04	0	-0,04	-0,02	-0,12	0,04	-	-	-0,01	0,03
Indireto via Ed	0,03	0,09	0	0,29	0,01	-0,02	0,01	-0,18	-	-
Total*	0,55	0,26	0,61	-0,35	-0,18	-0,24	-0,16	-0,21	0,27	-0,53

* Correlação de Pearson.