

Relações de Causa e Efeito em Relação à Contribuição dos Componentes de Rendimento na Produtividade de Grãos de Milho

Camila Bastos Ribeiro¹, Paulo Eduardo Rodrigues de Prado¹, Renato Barbosa Camargos², Carlos Eduardo Caixeta de Castro³, Fernando Lisboa Guedes⁴, Breno Alvarenga Rezende⁵, Natália Botega⁶, Davi Henrique Lima Teixeira⁷, João Cândido de Souza⁸

Resumo

O objetivo desse trabalho foi identificar entre alguns caracteres da planta, através da análise de trilha, os que mais contribuem para a produção de grãos em milho, visando também, identificar os mais indicados para seleção indireta para esse caráter. O experimento foi conduzido em dois locais, na fazenda experimental da Universidade Federal de Lavras (Vitorinha) e no departamento de Biologia (UFLA), dessa mesma Universidade, na safra 2011/2012. Foram escolhidas 14 linhagens de milho do programa de melhoramento da UFLA, obtidas pela autofecundação de híbridos existentes no mercado, obtendo-se assim 91 híbridos simples pelo esquema de dialelo completo. O delineamento utilizado foi o de látice triplo 10x10, com 9 testemunhas. Os seguintes caracteres foram avaliados: produção de grãos (PROD), prolificidade (PROLIFIC), comprimento de espiga (COMPESP), número de fileiras na espiga (NUMFIL), número de grãos por fileira (GRAOSFIL), peso de 100 grãos (P100), profundidade de grãos (PROF), número de grãos por planta (NUM) e peso de grãos por espiga (PESOG). Nenhuma variável secundária apresentou consistência de efeitos diretos e indiretos sobre a PROD, uma vez que esses efeitos não se repetiram nos dois ambientes avaliados. Dentre as variáveis primárias, o peso de grãos (PESOG) apresentou o maior efeito direto sobre a produção de grãos (PROD). Sendo assim, é o caráter mais indicado para a seleção indireta para PROD.

Introdução

Na cultura do milho, a produtividade de grãos é um caráter complexo resultante da expressão e associação de diferentes componentes. Essa produtividade é afetada por quase todos os demais caracteres da planta, ou seja, a grande maioria dos genes contribui para a expressão da produção de grãos (Ribeiro 2012). Assim, nas fases iniciais de um programa de melhoramento, a utilização da seleção indireta para obter plantas mais produtivas, por resposta correlacionada de outros caracteres menos complexos, pode permitir maior eficiência e progresso na seleção (Rios et al. 2012).

Nesse sentido, a análise da correlação entre caracteres de milho pode ser realizada com o objetivo de encontrar caracteres que sejam mais relacionados com a produtividade de grãos. Entretanto, o estudo de correlações entre caracteres não permite tirar conclusões sobre relações de causa e efeito, ou seja, a correlação é apenas uma medida de associação. Pela importância de se conhecer as relações de causa e efeito, Wright (1921) desenvolveu a análise de trilha (“path analysis”), o qual desdobra as correlações entre cada par de variável, de um conjunto de efeitos diretos e indiretos. Dessa forma, é possível quantificar a influência direta de uma variável sobre a outra, independente das demais, no contexto de causa e efeito.

Essa metodologia permite o estudo dos efeitos diretos e indiretos de algumas variáveis independentes sobre uma variável dependente (básica), cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão em que as variáveis são primeiramente padronizadas (Cruz Regazzi and Carneiro 2004). A estimação dos coeficientes de trilha é feita pelo método dos mínimos quadrados ordinários. A sua utilização apropriada depende do conjunto de caracteres estudados, sendo indispensável a elaboração de um diagrama de causa e efeito, que exhibe graficamente o padrão de hipótese das relações de causa e efeito entre um conjunto de variáveis, representando a relação dos caracteres explicativos sobre uma característica principal (resposta).

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFLA/Lavras. Bolsista do CNPq e-mail: camila.cbra2@gmail.com.

² Doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia – UFLA/Lavras. Bolsista da CAPES.

³ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – Unesp/Jaboticabal. Bolsista da CAPES

⁴ Pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos

⁵ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFLA/Lavras. Bolsista da Capes

⁶ Mestranda do do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFLA/Lavras. Bolsista da Capes

⁷ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFLA/Lavras. Bolsista da Capes

⁸ Professor Adjunto do Departamento de Biologia – UFLA/Lavras.

Este trabalho teve como objetivo, através da análise de trilha, identificar entre alguns caracteres da planta os que mais contribuem para a produção de grãos em milho, visando identificar os caracteres mais indicados para seleção indireta para esse caráter.

Material e Métodos

Foram escolhidas quatorze linhagens de milho do programa de melhoramento da UFLA, obtidas pela autofecundação de híbridos existentes no mercado, e pelo esquema de dialelo completo entre elas, foram obtidos 91 híbridos simples.

Os experimentos de avaliação dos híbridos foram conduzidos em dois locais no município de Lavras-MG, na safra agrícola 2011/2012, na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA (DBI/UFLA) e na fazenda experimental da Universidade Federal de Lavras (Vitorinha), ambos situados no município de Lavras (MG). O delineamento utilizado foi o de látice triplo 10 x 10, com 9 testemunhas.

Foram avaliados os seguintes caracteres: produção de grãos (PROD), prolificidade (PROLIFIC), comprimento de espiga (COMPESP), número de fileiras na espiga (NUMFIL), número de grãos por fileira (GRAOSFIL), peso de 100 grãos (P100), profundidade de grãos (PROF), número de grãos por planta (NUM) e peso de grãos por espiga (PESOG).

A escolha do diagrama foi feita com a combinação de acordo com o conhecimento a priori das relações entre as variáveis em estudos, utilizando-se como base os trabalhos de Ribeiro (2012) e Toledo (2010). No primeiro diagrama causal da análise de trilha em cadeia, foi considerado como variável básica (dependente) a PROD, e como variáveis primárias o P100, NUM e PESOG. No segundo diagrama causal, foi considerado novamente como variável básica a PROD, e como variáveis secundárias PROLIFIC, REND, COMPESP, NUMFIL, GRAOSFIL e PROF.

Foi estimado e desdobrado o coeficiente de correlação simples. As estimativas dos coeficientes foram obtidos usando o estimador da correlação linear de Pearson (Steel et al.1997), considerando como valores das variáveis, a média de cada tratamento dos experimentos. Foram feitas todas as inferências possíveis analisando os efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável básica. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Genes VS 7.0.

Resultados e Discussão

A multicolinearidade entre as variáveis independentes foi testada pelo número de condições da matriz de correlação, e foi observada uma multicolinearidade fraca ($NC = 3$), assim, os coeficientes de cada modelo que compõem o diagrama foram estimados pelo método dos mínimos quadrados.

Pelo coeficiente de determinação pode-se observar que as variáveis primárias explicaram 82.02% e 78.04% da variação na produtividade de grãos, na Vitorinha e na UFLA, respectivamente (Tabela 1). Apenas o PESOG apresentou efeito direto maior do que o efeito residual sobre a variável básica PROD, sendo assim, o principal determinante da produtividade de grãos.

O efeito indireto do P100 via PESOG e do NUM via PESOG também foram altos nos dois ambientes e maiores do que o efeito residual, indicando a importância dessas duas variáveis (P100 e NUM) na variação da produtividade de grãos, o que corrobora com resultados encontrados por Ribeiro (2012) e Toledo (2010).

Tabela 1. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (P100, NUM E PESOG) sobre a variável básica (PROD).

	Vitorinha	UFLA
P100		
Efeito direto sobre PROD	-0.2463	-0.0573
Efeito indireto via NUM	-0.1518	0.0991
Efeito indireto via PESOG	1.2063	0.7371
TOTAL	0.80822	0.77887
NUM		

Efeito direto sobre PROD	-0.2138	0.1288
Efeito indireto via P100	-0.1749	-0.0441
Efeito indireto via PESOG	1.2283	0.6678
TOTAL	0.83962	0.75244
PESOG		
Efeito direto sobre PROD	1.3261	0.8273
Efeito indireto via P100	-0.224	-0.0511
Efeito indireto via NUM	-0.198	0.104
TOTAL	0.904	0.88016
R²	0.8202	0.7804
Efeito residual	0.424	0.4686

Existe também um grande interesse em se verificar os efeitos dos componentes considerados como secundários sobre a produtividade de grãos em milho (Rodrigues et al., 2010). Pelo coeficiente de determinação percebe-se que as variáveis secundárias explicaram de maneira satisfatória a variação das variáveis primárias (Tabela 2). Em relação aos efeitos diretos das variáveis secundárias sobre a PROD, apenas o COMPESP na Vitorinha, e a PROFUND na UFLA, apresentaram efeitos elevados e maiores que o efeito residual, com valores de 0.4059 e 0.7433, respectivamente. No entanto, nenhuma variável secundária apresentou consistência de efeitos diretos e indiretos sobre a PROD, uma vez que esses efeitos não se repetiram nos dois ambientes avaliados.

Sendo assim, de acordo com a análise de trilha, o peso de grãos (PESOG) foi o componente de rendimento que apresentou o maior efeito direto sobre a produção de grãos (PROD), sendo assim, o mais indicado para a seleção indireta para PROD.

Tabela 2. Efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre a básica (PROD).

PROLIFIC	Vitorinha 2012	UFLA 2012
Efeito direto sobre PROD	0.2131	0.2667
Efeito indireto via COMPESP	0.099	0.0019
Efeito indireto via NUMFIL	-0.0093	0.0049
Efeito indireto via GRAOSFIL	0.0326	0.0074
Efeito indireto via PROFUND	0.085	0.0218
TOTAL	0.51382	0.32706
COMPESP		
Efeito direto sobre PROD	0.4059	0.0187
Efeito indireto via PROLIFIC	0.052	0.0266
Efeito indireto via NUMFIL	0.021	-0.0236
Efeito indireto via GRAOSFIL	0.091	0.0432
Efeito indireto via PROFUND	0.1174	0.6082
TOTAL	0.77835	0.72347
NUMFIL		
Efeito direto sobre PROD	0.1357	-0.0899
Efeito indireto via PROLIFIC	-0.0146	-0.0144
Efeito indireto via COMPESP	0.0628	0.0049
Efeito indireto via GRAOSFIL	0.0036	0.0014

Efeito indireto via PROFUND	0.0617	0.3375
TOTAL	0.28208	0.25978
GRAOFILEIRA		
Efeito direto sobre PROD	0.1014	0.0545
Efeito indireto via PROLIFIC	0.0684	0.0364
Efeito indireto via COMPESP	0.3644	0.0148
Efeito indireto via NUMFIL	0.0049	-0.0022
Efeito indireto via PROFUND	0.1419	0.6327
TOTAL	0.80011	0.79693
PROFUND		
Efeito direto sobre PROD	0.2279	0.7433
Efeito indireto via PROLIFIC	0.0795	0.0078
Efeito indireto via COMPESP	0.209	0.0153
Efeito indireto via NUMFIL	0.0368	-0.0408
Efeito indireto via PROFUND	0.0631	0.0464
TOTAL	0.76847	0.83636
R ²	0.8647	0.8094
Efeito residual	0.3678	0.4366

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado, a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e doutorado e a FAPEMIG pelo auxílio para a participação no evento.

Referências

- CRUZ CD, REGAZZI AJ and CARNEIRO PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 480 p.
- RIBEIRO CB (2012) **Caracteres que explicam a heterose na produtividade de grãos de milho**. Lavras: UFLA, 64 p. : il.
- RIOS SA. et al. (2012) Análise de trilha para carotenoides em milho. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 368-373, mai./jun.
- RODRIGUES GB et al. (2010) Análise de trilha de componentes de produção primários e secundários em tomateiro do grupo Salada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, n. 2, p. 155-162, fev.
- STEEL RGD (1997) et al. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3rd ed. New York: McGraw Hill Book, 666 p.
- TOLEDO FHRB (2010) **Controle genético e inter-relação de um caráter de limiar e outros componentes da espiga do milho**. Lavras: UFLA, 60 p.
- WRIGHT S (1921) Correlation and causation. Journal of Agricultural Research, Washington, v. 20, n. 7, p. 557-585, Jan.