

CORRELAÇÕES EM SEIS POPULAÇÕES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)¹

José Elzevir Cavassim²
Aluizio Borém³

1. INTRODUÇÃO

A estatura de plantas, o número de grãos por espiguetas, o acamamento, a resistência a doenças e a produtividade são apenas alguns dos caracteres de grande importância em cereais. A necessidade de se estudarem as características e como elas se correlacionam é de fundamental importância. Diversos estudos têm sido realizados para diferentes características. Em trigo, a estatura de plantas é um dos aspectos mais estudados, especialmente em populações com genes de nanismo. Estes genes foram introduzidos em diversos programas de melhoramento durante a “Revolução Verde”, iniciada pelo Dr. Norman E. Borlaug.

A correlação é a medida de associação linear entre duas variáveis quaisquer ou o grau em que estas variam juntas (6). No caso de melhoramento genético de plantas, essas variáveis são os caracteres agrônômicos, mas, numa determinada população, as características podem estar correlacionadas positiva ou negativamente ou, até mesmo, não estarem correlacionadas.

A correlação entre caracteres pode ser atribuída a dois principais efeitos: i) genéticos, e ii) ambientais. A ação do pleiotropismo, quando um loco tem influência sobre mais de uma característica, é uma das causas de

¹ Pesquisa financiada, em parte, pelo CNPq. Aceito para publicação em 11.10.1998.

² Departamento de Fitotecnia da UFV, 36571-000 Viçosa, MG, e-mail: cavassim@hotmail.com.br.

³ Departamento de Fitotecnia da UFV, 36571-000 Viçosa, MG, e-mail: borem@mail.ufv.br.

correlação. O efeito de ambiente pode também contribuir para aumentar ou diminuir o grau de correlação. A ligação gênica entre dois locos também pode ser uma causa de correlação, pois introduz uma covariância entre seus efeitos aditivos e entre seus efeitos devidos à dominância (7).

Desta forma, pode-se definir se existe correlação genotípica, fenotípica e de ambiente. Conhecendo-se os valores genéticos aditivos, têm-se condições de inferir a respeito da correlação genotípica entre os caracteres. A correlação fenotípica é aquela observada diretamente, ou seja, pelas mensurações de duas características em alguns indivíduos da população. Num estudo de avaliação de capacidade combinatória em 10 genótipos de trigo no Rio Grande do Sul, os autores concluíram que os efeitos aditivos tiveram grande importância na expressão dos caracteres estatura de planta e comprimento do pedúnculo (5). Obviamente que a variação não se deve simplesmente a efeitos genéticos aditivos, mas também a efeitos devidos à dominância e efeitos epistáticos devidos a interação entre genes. Pode-se então agrupar os efeitos acima e os efeitos de ambiente na correlação de ambiente. Estudos de parâmetros genéticos em trigo-duro têm evidenciado diferenças significativas entre genótipos para diversas características (1).

Em trigo, devido a situações de acamamento, freqüentemente é aconselhável o uso de genitores de porte baixo ou semi-anão nos programas de melhoramento, a fim de que haja maior probabilidade de se encontrar o material desejado em suas progênies. Em estudos sobre o ideótipo do trigo, incluindo 35 linhas de 7 grupos de estatura de plantas e 5 cultivares elite, os autores verificaram que a estatura de plantas correlacionava-se positivamente com o rendimento de grãos, mas negativamente com o número de grãos por espiga (2).

O objetivo deste trabalho foi estimar as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre as seguintes características: estatura de plantas, número de grãos por espiga e comprimento de espigas em seis populações de trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados cruzamentos no ano de 1993 entre as variedades BH 1146, originárias do cruzamento entre PG1//Fronteira/Mentana; BR 24, derivada do cruzamento entre IAS58/EAGLE//IAS58; BR 12, obtida a partir do cruzamento BY/MAYA/4/BB//HD832.5.5/ON/3/CNO/PJ; e EMBRAPA 22, resultante do cruzamento entre VEE"S"/3/KLTO"S"/PAT19//MO/JUP. Todas as variedades são indicadas para a região do Brasil Central. As variedades BR

12 e EMBRAPA 22 são portadoras de genes de nanismo. As seis populações obtidas foram colhidas em *bulk* na geração F₂.

O experimento foi instalado no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, na Universidade Federal de Viçosa, no ano agrícola de 1996, a partir de sementes F₃. Foram plantadas as seis populações, em baixa densidade de semeadura, selecionando-se as 20 mais altas e as 20 plantas mais baixas de cada população. Esta seleção foi baseada apenas na estatura de plantas. Com isso, obtiveram-se 240 plantas, considerando todas as populações. As plantas selecionadas individualmente foram então reunidas em grupos de plantas altas e grupos de plantas baixas, para facilitar análises.

No ano agrícola de 1997, as sementes das plantas F₃ selecionadas individualmente foram semeadas a campo, em densidade normal de semeadura, constituindo-se linhas F₄ para o teste de progênes. Além das plantas selecionadas, foi também efetuado o plantio dos genitores de cada cruzamento como testemunhas.

Coletaram-se os dados de cinco plantas por progênie, totalizando cinco avaliações por progênie (F₄), procurando-se, sempre que possível, identificar o colmo principal. As características avaliadas foram as seguintes:

estatura de plantas: medida a partir da superfície do solo até a extremidade da espiga, sem considerar as aristas, em cm;

número de grãos por espiga: contagem do número total de grãos presentes na espiga; e

comprimento de espigas: medido desde o início da ráquis até a extremidade da espiga, sem considerar as aristas, em cm.

As correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente foram estimadas a partir da obtenção das variâncias nas progênes. As variâncias foram estimadas com o método que consiste na obtenção dos componentes de variância entre e dentro de progênes (4). Assim, os componentes foram estimados a partir das seguintes expressões:

Estimador dos componentes da variância genética total:

$$\hat{\sigma}_T^2 = \frac{7}{4} \hat{\sigma}_A^2 + \frac{7}{16} \hat{\sigma}_D^2$$

Estimador dos componentes da variância genética entre progênes:

$$\hat{\sigma}_{GE}^2 = \frac{3}{2} \hat{\sigma}_A^2 + \frac{3}{16} \hat{\sigma}_D^2$$

Estimador dos componentes da variância genética dentro de progênes:

$$\hat{\sigma}_{GD}^2 = \frac{1}{4} (\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2)$$

em que

$\hat{\sigma}_A^2$ = estimador da variância genética aditiva; e

$\hat{\sigma}_D^2$ = estimador da variância genética devida à dominância.

Com o valor do coeficiente de endogamia, foi possível estimarem os valores das variâncias genéticas aditiva e devida à dominância. As correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre as características foram estimadas entre progênes. A estimação das mesmas se deu da seguinte forma:

Estimador da correlação genotípica:

$$\hat{r}_G = \frac{C\hat{O}V(X,Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \hat{\sigma}_{gy}^2}}$$

Estimador da correlação fenotípica:

$$\hat{r}_P = \frac{C\hat{O}V(X,Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{px}^2 \hat{\sigma}_{py}^2}}$$

Estimador da correlação de ambiente:

$$\hat{r}_E = \frac{C\hat{O}V(X,Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{ex}^2 \hat{\sigma}_{ey}^2}}$$

em que

$\hat{\sigma}_{gx}^2, \hat{\sigma}_{gy}^2$ = estimadores das variâncias genóticas das características x e y, respectivamente;

$\hat{\sigma}_{px}^2, \hat{\sigma}_{py}^2$ = estimadores das variâncias fenotípicas das características x e y, respectivamente; e

$\hat{\sigma}_{ex}^2, \hat{\sigma}_{ey}^2$ = estimadores das variâncias de ambiente das características x e y, respectivamente, obtidos a partir dos dados dos genitores.

As análises foram efetuadas em cada uma das seguintes populações, separadamente:

População 1: cruzamento entre as variedades BH 1146 x BR 24;

População 2: cruzamento entre as variedades BH 1146 x EMBRAPA 22;

População 3: cruzamento entre as variedades BR 24 x BR 12;

População 4: cruzamento entre as variedades BR 24 x EMBRAPA 22;

População 5: cruzamento entre as variedades BR 12 x BH 1146;

População 6: cruzamento entre as variedades BR 12 x EMBRAPA 22.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações fenotípica, genotípica e de ambiente para os grupos de plantas baixas são apresentadas nos Quadros 1 a 3, e para os grupos de plantas altas, nos Quadros 4 a 6.

QUADRO 1 - Correlações genóticas (G), fenotípicas (F) e de ambiente (E) das características estatura de plantas (EST), número de grãos por espiga (NGR) e comprimento de espigas (CES) para o grupo de plantas baixas da população 1 (acima da diagonal) e da população 2 (abaixo da diagonal)					
		EST	NGR	CES	
EST	G	1	1.03	0.69	
	F	1	0.28	0.53	
	E	1	-0.22	-0.01	
NGR	G	-0.84	1	-0.76	
	F	0.02	1	-0.09	
	E	0.39	1	0.64	
CES	G	0.49	0.09	1	
	F	0.36	0.39	1	
	E	0.31	0.82	1	

QUADRO 2 - Correlações genotípicas (G), fenotípicas (F) e de ambiente (E) das características estatura de plantas (EST), número de grãos por espiga (NGR) e comprimento de espigas (CES) para o grupo de plantas baixas da população 3 (acima da diagonal) e da população 4 (abaixo da diagonal)

		EST	NGR	CES
EST	G	1	-3.83	1.96
	F	1	-0.33	0.46
	E	1	0.30	0.36
NGR	G	-	1	0.05
	F	-0.03	1	0.19
	E	-0.89	1	0.52
CES	G	1.56	-	1
	F	0.55	0.60	1
	E	-0.70	0.83	1

QUADRO 3 - Correlações genotípicas (G), fenotípicas (F) e de ambiente (E) das características estatura de plantas (EST), número de grãos por espiga (NGR) e comprimento de espigas (CES) para o grupo de plantas baixas da população 5 (acima da diagonal) e da população 6 (abaixo da diagonal)

		EST	NGR	CES
EST	G	1	-	-
	F	1	-0.02	-0.26
	E	1	0.39	-0.02
NGR	G	-0.71	1	0.15
	F	-0.03	1	0.26
	E	0.57	1	0.76
CES	G	-0.60	0.89	1
	F	-0.27	0.85	1
	E	0.19	0.85	1

Observando-se os dados, verifica-se que as correlações entre as características variaram desde valores altos e positivos até valores negativos, ou seja, demonstrando que, na população, existem correlações positivas em que a alteração numa característica afeta a outra de forma

direta e correlações negativas, de tal forma que qualquer mudança em determinada característica afeta a outra correlacionada de forma inversa.

QUADRO 4 - Correlações genotípicas (G), fenotípicas (F) e de ambiente (E) das características estatura de plantas (EST), número de grãos por espiga (NGR) e comprimento de espigas (CES) para o grupo de plantas altas da população 1 (acima da diagonal) e da população 2 (abaixo da diagonal)

		EST	NGR	CES
EST	G	1	2.11	1.31
	F	1	0.54	0.79
	E	1	-0.22	-0.01
NGR	G	-	1	0.01
	F	0.12	1	0.22
	E	0.39	1	0.64
CES	G	-	-	1
	F	0.04	0.83	1
	E	0.31	0.82	1

QUADRO 5 - Correlações genotípicas (G), fenotípicas (F) e de ambiente (E) das características estatura de plantas (EST), número de grãos por espiga (NGR) e comprimento de espigas (CES) para o grupo de plantas altas da população 3 (acima da diagonal) e da população 4 (abaixo da diagonal)

		EST	NGR	CES
EST	G	1	-0.71	-0.25
	F	1	-0.15	-0.05
	E	1	0.30	0.35
NGR	G	1.12	1	-0.65
	F	0.21	1	-0.28
	E	-0.89	1	0.52
CES	G	0.87	0.84	1
	F	0.44	0.77	1
	E	-0.70	0.83	1

QUADRO 6 - Correlações genotípicas (G), fenotípicas (F) e de ambiente (E) das características estatura de plantas (EST), número de grãos por espiga (NGR) e comprimento de espigas (CES) para o grupo de plantas altas da população 5 (acima da diagonal) e da população 6 (abaixo da diagonal)

		EST	NGR	CES
EST	G	1	-	-
	F	1	0.16	0.23
	E	1	0.39	-0.01
NGR	G	0.08	1	0.95
	F	0.36	1	0.76
	E	0.57	1	0.76
CES	G	0.99	0.84	1
	F	0.64	0.79	1
	E	0.19	0.85	1

Neste trabalho, algumas correlações foram superiores à unidade. Embora estes valores não tenham significado biológico, eles podem surgir em estudo desta natureza, em virtude de problemas de amostragem, devido ao erro na estimação das variâncias ou mesmo em razão dos métodos utilizados para a sua estimação. Mesmo sem sentido biológico, estes valores devem ser reportados com a finalidade de orientar outros trabalhos nesta área.

Nos programas de melhoramento, esse relacionamento entre as características deve ser levado em consideração, pois a alteração de uma característica, por meio da seleção, faz com que uma outra modifique, quando poderia ser desejável que ocorresse o inverso. Assim, pode-se notar que, dependendo da população em análise, os resultados diferem bastante. Isso vem demonstrar que as populações são bastante distintas entre si, devido, basicamente, aos genitores serem contrastantes.

Deve-se considerar que este estudo foi realizado, utilizando-se das populações obtidas em trabalho anterior, a partir de dialelo balanceado sem as autofecundações, o qual tinha outros itens como objetivo. Assim, pode-se perceber que existem populações em três classes, formadas por plantas altas, baixas e de estatura intermediária, as quais não têm nenhuma relação entre si. Cada população foi avaliada independentemente das outras.

Para a estimação da variância ambiental entre progênies, foi adotado o mesmo valor da variância ambiental dentro das progênies.

No grupo de plantas baixas, as correlações, de modo geral, são positivas entre a estatura de plantas e o comprimento de espigas e negativas entre estatura de plantas e o número de grãos, concordando com outros autores (1, 2, 3). De fato, por observação visual no campo, verificou-se que existiu tendência de as plantas mais altas apresentarem espigas mais compridas.

As correlações entre número de grãos e comprimento de espigas normalmente foram positivas. Assim, houve tendência de as plantas com espigas maiores produzirem maior número de grãos. Todavia, isso nem sempre é verdadeiro, já que existe a possibilidade de os grãos terem formato irregular e distribuição pouco densa.

As maiores correlações positivas foram encontradas nas populações do grupo de plantas altas, com exceção da população 3, onde as correlações foram negativas para as três características estudadas. Outro fato que pode ser observado é que as correlações de ambiente tiveram, em sua maioria, valores altos. Estas correlações demonstram o efeito do ambiente sobre as características e como elas se correlacionam devido aos experimentos terem sido conduzidos em anos agrícolas diferentes.

Nos Quadros 7 e 8 são apresentados os valores médios das características avaliadas neste estudo. Encontram-se no Quadro 7 os valores médios nas gerações F_3 e F_4 , ao passo que no Quadro 8 aparecem os valores médios dos genitores. Pelo Quadro 7, observa-se a grande variabilidade existente nas populações em todas as características. Outro fato evidente é a diferença dos dados avaliados numa geração em relação à geração seguinte. Isto pode ser explicado justamente pelo fato de ter sido efetuada uma seleção nas populações na geração F_3 . Desta forma, pode-se notar que os valores de estatura das plantas altas são, na média, menores que na geração anterior, enquanto o grupo de plantas baixas teve sua média aumentada de forma geral. Assim sendo, isto poderia ser vantajoso num programa que vise à obtenção de plantas com estatura média.

Para as outras características também foram evidenciadas alterações na média. De maneira geral, tanto o número de grãos por espiga como o comprimento de espigas foi menor na geração F_4 , ou seja, após a seleção. Portanto, essas alterações devem ser avaliadas com muito cuidado e critério, pois devem-se procurar materiais com o porte desejado, mas que não sejam comprometedores em outras características importantes.

No Quadro 8 podem-se notar as diferenças entre os genitores utilizados, principalmente quanto à estatura das plantas. Verifica-se que o número de grãos também difere muito, enquanto o comprimento de espigas mostra-se mais uniforme. Podem-se explorar essas variações nos programas

2) De forma geral, observaram-se correlações positiva entre a estatura de plantas e o comprimento de espigas e negativa entre a estatura de plantas e o número de grãos por espiga.

3) Validade do estudo das correlações entre características para auxílio ao melhorista.

5. RESUMO

Foram estimados os valores de correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente para três características agronômicas em trigo (*Triticum aestivum* L.): estatura de plantas, número de grãos por espiga e comprimento de espigas. Os estudos foram realizados em cruzamentos entre as seguintes variedades: BH 1146 e BR 24, de porte alto, e BR 12 e EMBRAPA 22, de porte baixo, constituindo um dialelo balanceado, sem as autofecundações. As avaliações foram feitas na geração F₄. Na geração F₃, foi realizada a seleção de plantas individuais, baseando-se na estatura de plantas. Coletaram-se as 20 plantas mais baixas e as 20 mais altas de cada população, as quais foram submetidas ao teste de progênie na geração F₄. As correlações encontradas diferiram muito entre as populações. Em alguns casos, não foi possível estimarem as correlações, em razão da existência de variâncias negativas. Os resultados encontrados sugerem que existe, de certa forma, uma relação direta entre estatura de plantas e comprimento de espigas e uma relação indireta entre estatura e número de grãos por espiga. Desta forma, em um programa de melhoramento os estudos de correlação devem ser levados em consideração, visando reunir por seleção plantas de estatura desejável com espigas maiores e com razoável número de grãos por espiga.

6. SUMMARY

[CORRELATIONS IN SIX WHEAT POPULATIONS (*Triticum aestivum* L.)]

It was estimated the genotypic, phenotypic and environmental correlations for three agronomic traits in wheat (*Triticum aestivum* L.): plant height, number of grains per spike and spike length. The studies were accomplished in crosses among the following varieties: BH 1146 and BR 24 of tall stature, and BR 12 and EMBRAPA 22 of short stature, consisting of a balanced diallel, without self pollinations. The evaluations were made in generation F₄. In generation F₃, the selection of individual plants was accomplished, based on plant height. The 20 shortest plants and the 20

tallest plants were collected in each population, which were submitted to a progeny test in generation F₄. The estimated correlations differed substantially among the populations. In some cases, it was not possible to calculate the correlations, due to negative variances. The results suggest the existence of a positive correlation between plant height and spike length, but negative correlation between plant height and number of grains per spike. Therefore, in a breeding program, the correlation studies should be taken into consideration, in order to take advantage of the selection for plant height, targeting intermediary stature, as well as the maintenance of larger spikes with a reasonable number of grains per spike.

7. LITERATURA CITADA

1. AMIN, M.R., BARMA, N.C.D. & RAZZAQUE, M.A. Variability, heritability, genetic advance and correlation study in some quantitative characters in durum wheat. *Rachis*, 11: 30-32, 1992.
2. GE, Y.X. & ZHANG, S.Z. Studies on the ideotype of wheat. II. Studies on the relationship among characters of different stature series of wheat. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 16: 343-351, 1990.
3. MIRALLES, D.J. & SLAFER, G.A. Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic wheat lines with different height. *Euphytica*, 97: 201-208, 1997.
4. RAMALHO, M.A.P. & VENCOVSKY, R. Estimação dos componentes da variância genética em plantas autógamias. *Ciência e Prática*, 2: 117-140, 1978.
5. SCHEEREN, P.L., CARVALHO, F.I.F. & FEDERIZZI, L.C. Análise da capacidade combinatória de seis caracteres adaptativos em trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30: 831-846, 1995.
6. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw Hill Book Company, 1960. 481p.
7. WEIR, B.S., COCKERHAM, C.C. & REYNOLDS, J. The effects of linkage and linkage disequilibrium on the covariances of noninbred relatives. *Heredity*, 45: 351-359, 1980.