

ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE E CORRELAÇÕES QUANTO À PRODUÇÃO DE GRÃOS E OUTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM POPULAÇÕES DE TRIGO¹

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO², ANTONIO WILSON PENTEADO FERREIRA FILHO²
e JOÃO CARLOS FELICIO³

RESUMO - Objetivou-se estimar os valores da variância, da heterose e heterobeltiose, e da herdabilidade em sentido restrito quanto a altura da planta de trigo (*Triticum aestivum* L.), comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos, e quanto às correlações de ambiente, fenotípicas e genéticas, entre essas características. Foram também estimados os graus de dominância em relação a todas as características, com exceção da produção de grãos. O experimento foi instalado em telado, no Núcleo Experimental de Campinas, empregando cruzamentos entre a cultivar IAC-227 (P₁), de porte alto, e quatro linhagens mexicanas, de porte baixo: CMH 78.390/ CMH 77A. 917// CMH 79.215 (P₂), CMH 79.959/2* CNO 79 (P₃), CMH 79.481/ CMH 77A. 917 (P₄) e CMH 80A. 747 (P₅). Os valores da herdabilidade em sentido restrito, referente a altura da planta (0,608-0,861), comprimento da espiga (0,406-0,667), comprimento do internódio da raque (0,545-0,781) e produção de grãos (0,421-0,550) indicaram que grande parte da variabilidade genética verificada nas populações híbridas quanto a essas características foi causada por genes com ação aditiva. As correlações fenotípicas entre altura da planta e produção de grãos e entre comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque foram positivas e significativas em todos os cruzamentos considerados, o que mostra haver associação entre esses caracteres; portanto, os resultados obtidos sugerem que o estudo de grandes populações F₂ seria de interesse para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis, originando plantas semi-anãs com elevado potencial produtivo.

Termos para indexação: *Triticum aestivum*, comprimento da espiga, internódio da raque, heterose, heterobeltiose, graus de dominância.

VARIANCE, HERITABILITY AND CORRELATIONS IN WHEAT HYBRID POPULATIONS FOR GRAIN YIELD AND OTHER AGRONOMIC CHARACTERISTICS

ABSTRACT - The objective of the present work was to estimate the variance, heterosis and heterobeltiosis, and the narrow-sense heritability values for grain yield, spike length, rachis internode length and height of wheat plants (*Triticum aestivum* L.), as well as the environmental, phenotypic and genetic correlations between these characteristics. Degrees of dominance were also estimated for all characteristics except for grain yield. The experiment was carried out at the Experimental Center, in Campinas, São Paulo State, Brazil, under a screen house condition on crosses of the standard height cultivar IAC-227 (P₁) with four mexican lines: CMH 78.390/ CMH 77 A.917// CMH 79.215 (P₂), CMH 79.959/2* CNO 79 (P₃), CMH 79.481/CMH 77A.917 (P₄) and CMH 80A. 747 (P₅). The narrow sense heritability values for plant height (0.608-0.861), spike length (0.406-0.667), rachis internode length (0.545-0.781) and grain yield (0.421-0.550) indicated that the great part of the verified genetic variability in the hybrid populations for these traits were due to additive gene action. The phenotypic correlations between plant height with grain yield and between spike length and rachis internode length were positive and significant to all crosses, showing to have associations between these characters; however the obtained results suggest that large F₂ populations will be required to ensure the frequency of desired recombinants, showing semidwarf plants with high yield potential.

Index terms: *Triticum aestivum*, spike length, rachis internode heterosis, heterobeltiose, degree of dominance.

¹ Aceito para publicação em 30 de abril de 1999.

Parcialmente financiado pelas Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema, Estado de São Paulo.

² Eng. Agrôn., Dr., Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP. E-mail: ccamargo@cec.iac.br

³ Eng. Agrôn., IAC.

INTRODUÇÃO

Com a introdução da triticultura no cerrado e com a irrigação por aspersão, além da tolerância ao Al, as cultivares de trigo necessitam apresentar porte semi-anão, pois nessas condições a adubação nitrogenada é utilizada visando ao aumento da produção de grãos, e as cultivares de porte alto tornam-se passíveis de acamamento (Camargo et al., 1985).

Além do porte baixo, os trigos semi-anões mexicanos são portadores de palha forte, espigas longas e densas, e precocidade, entre outras características.

Os graus de dominância calculados em relação à altura das plantas em cruzamentos de quatro trigos de porte semi-anão com uma cultivar de porte alto mostraram que os genes de porte baixo das cultivares Siete Cerros, Vican-71 e Olesen tiveram um comportamento parcialmente recessivo, porém os genes da Tordo exibiram dominância parcial para porte baixo, sendo esta cultivar a melhor fonte, pela maior frequência de indivíduos de porte baixo nas populações avaliadas (Camargo & Oliveira, 1981).

Os valores de heterose e heterobeliose, calculados com relação à produção de grãos, mostraram que o cruzamento entre a 'IAC-5' (porte alto) e a 'Vican-71' (porte semi-anão) apresentou grande potencial de produção, sugerindo ter esse híbrido alta capacidade específica de combinação (Camargo & Oliveira, 1981).

Altos valores da herdabilidade em sentido restrito para o caráter altura da planta de trigo foram calculados por Kronstad & Foote (1964), Johnson et al. (1966), Ketata et al. (1976), Camargo et al. (1980), Camargo et al. (1992) e Ferreira Filho (1996). Altas estimativas da herdabilidade em sentido restrito para comprimento da espiga foram obtidas por Kronstad & Foote (1964), Johnson et al. (1966) e Camargo (1984). Considerando o comprimento do internódio da raque, Ferreira Filho (1996) calculou médios a altos valores para a herdabilidade em sentido restrito. Estes resultados mostram a existência de efeitos aditivos na expressão genética desses caracteres, sugerindo que a seleção visando a esses caracteres seria efetiva nas primeiras gerações segregantes de um cruzamento.

A herdabilidade em sentido restrito para produção de grãos tem sido estimada com valores médios a baixos (Fonseca & Patterson, 1968; Camargo et al., 1992), sugerindo que a seleção para esse caráter seria efetiva nas últimas gerações segregantes, onde o valor genético da progênie seria mais precisamente determinado.

O estudo das associações entre as características de uma população híbrida permite saber se eles são geneticamente dependentes ou independentes, isto é, se tendem ou não a permanecer associados nas progênies durante os sucessivos ciclos de seleção (Johnson et al., 1966; Fonseca & Patterson, 1968).

Correlações fenotípicas positivas e altamente significativas foram obtidas com relação à produção de grãos com altura da planta, comprimento da espiga e do internódio da raque em cruzamentos envolvendo a cultivar IAC-5, de porte alto, e quatro diferentes fontes genéticas de nanismo (Camargo & Oliveira, 1983).

Este trabalho teve por objetivo estimar os valores da variância, da heterose e da heterobeliose, e da herdabilidade em sentido restrito e as associações entre produção de grãos, comprimento da espiga, altura da planta e comprimento do internódio da raque, em populações híbridas de trigo. Objetivou-se também estimar os graus de dominância para as características já mencionadas com exceção da produção de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados cruzamentos entre a cultivar IAC-227 (P₁), de origem nacional, de porte alto, com comprimento intermediário da espiga e do internódio da raque e adaptada ao cultivo em condição de sequeiro, e as linhagens mexicanas de porte baixo e com alto potencial produtivo em condição de irrigação: CMH 78.390/CMH 77A.917//CMH 79.215 (P₂), CMH 79.959/2* CNO 79 (P₃), CMH 79.481/CMH 77A.917 (P₄) e CMH 80 A.747 (P₅). O P₂, P₃ e P₅ apresentaram espigas compridas, com médio a grande comprimento do internódio da raque, e o P₄, espigas curtas e densas.

Além dos genitores, integraram o ensaio as gerações F₁ e F₂ dos cruzamentos entre IAC-227 x CMH 78.390/CMH 77A.917//CMH 79.215 (P₁xP₂); IAC-227 x CMH 79.959/2* CNO 79 (P₁xP₃); IAC-227 x CMH 79.481/

CMH 77A. 917 (P₁xP₄) e IAC-227 x CMH 80A.747 (P₁xP₅) e as populações F₁, dos retrocruzamentos para ambos os parentais a saber: (P₁xP₂)xP₁; (P₁xP₂)xP₂; (P₁xP₃)xP₁; (P₁xP₃)xP₃; (P₁xP₄)xP₁; (P₁xP₄)xP₄; (P₁xP₅)xP₁ e (P₁xP₅)xP₅.

No ensaio, instalado em 1992 em telado contra o ataque de pássaros, localizado no núcleo experimental de Campinas, do Instituto Agrônomo, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 21 tratamentos, os quais incluem os cinco parentais, os 4 F₁s, os 4 F₂s, os quatro retrocruzamentos para o 1º genitor e os 4 retrocruzamentos para o 2º genitor, com quatro repetições. Cada repetição foi constituída de quatro vasos com três plantas para os pais e F₁s, por 20 vasos para os F₂s e por 12 vasos para os retrocruzamentos. O conjunto das quatro repetições foi constituído de 848 vasos de plástico preto de aproximadamente 25 cm de altura e 20 cm de diâmetro os quais foram preenchidos com solo adubado sem Al trocável. Os vasos foram distribuídos distante um do outro na linha de 10 cm e entre linhas de 40 cm. Foi colocada uma linha adicional de vasos semeados com a cultivar IAC-24 contornando o experimento, visando minimizar os efeitos de bordadura.

Os dados, coletados individualmente para cada planta, basearam-se nos caracteres seguintes:

Altura das plantas – medida, em centímetros, da superfície do solo até a ponta da espiga do colmo mais alto, excluindo as aristas;

Comprimento da espiga – medida, em centímetros, do ponto de inserção da primeira espigueta basal até a ponta da espiga do colmo principal, excluindo as aristas;

Comprimento do internódio da raque – calculado pela relação entre o comprimento, em centímetros, da espiga do colmo principal, excluindo as aristas e o número de espiguetas da espiga do colmo principal;

Produção de grãos – peso, em gramas, da produção total de grãos de cada planta.

Todos os caracteres estudados foram submetidos à análise da variância, sendo o teste F utilizado para determinar efeitos significativos. O valor de cada parcela utilizado na análise de variância foi considerado como a média das plantas de cada genótipo na repetição. Os efeitos de geração na análise de variância foram divididos em componentes, para detectar diferenças dentro de e entre gerações.

Calcularam-se os graus de dominância quanto a altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque, com base nos componentes da variância, para cada cruzamento, segundo o método proposto por Mather & Jinks (1977).

A heterose foi calculada para altura das plantas, comprimento da espiga, comprimento do internódio da

raque e produção de grãos, como a porcentagem de aumento do F₁ ou F₂ sobre a média dos parentais, mediante a fórmula descrita por Matzinger et al. (1962). A superioridade do F₁ ou F₂ sobre a média do genitor que apresentou o dado mais elevado com referência ao caráter avaliado foi definida como heterobeliose e estimada usando-se a fórmula proposta por Fonseca & Patterson (1968).

A estimativa da herdabilidade em sentido restrito- h²_{ns} - (proporção entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica) foi calculada para os quatro caracteres em estudo, para cada cruzamento pelo método de Warner (1952), utilizando-se dados de plantas individuais. O erro-padrão para a h²_{ns} foi obtido conforme método de Ketata et al. (1976).

As correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais foram usadas para estimar o grau de associação entre os quatro caracteres em estudo para cada população, mediante dados de plantas individuais. Como sugerido por Falconer (1960), as correlações usando dados de F₁ foram consideradas ambientais e aquelas com dados de F₂, fenotípicas. As correlações genotípicas foram calculadas pela seguinte fórmula:

$$r_G = (r_F - e_X e_Y r_A) / h_X h_Y$$

onde:

r_G = correlação genotípica entre os caracteres x e y;
r_F = correlação fenotípica entre x e y ; r_A = correlação ambiental entre x e y ; h_X e h_Y = raiz quadrada da herdabilidade em sentido restrito para os caracteres x e y respectivamente, considerando separadamente cada cruzamento; e_X = $\sqrt{1-h^2_X}$ e e_Y = $\sqrt{1-h^2_Y}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância referentes a altura da planta, comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos dos genótipos de trigo estudados, encontram-se na Tabela 1. As médias de cada genótipo referentes a cada um dos caracteres em estudo estão contidas na Tabela 2.

Empregando-se o teste de Tukey a 5%, para a comparação entre a altura da planta dos diferentes genótipos utilizados como genitores, verificou-se que a cultivar IAC-227 (P₁) apresentou a maior média, diferindo significativamente das quatro linhagens mexicanas. P₃ foi o mais alto entre os genótipos mexicanos em estudo, diferindo estatisticamente dos demais. P₄ e P₅ foram os mais baixos, diferindo de todos os pais estudados, porém não diferiram entre

si. Comparando-se as médias dentro das populações F_1 , vê-se que o cruzamento $P_1 \times P_3$ apresentou plantas mais altas, diferindo dos demais cruzamentos, que, por sua vez, não diferiram entre si. Em relação às médias das populações F_2 , $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_5$ mostraram as plantas mais altas e mais baixas, respectivamente, diferindo entre si e dos cruzamentos $P_1 \times P_2$ e $P_1 \times P_4$, que por sua vez não apresentaram diferenças significativas entre si. Pelas médias dos retrocruzamentos para o 1º genitor, o genótipo $(P_1 \times P_3) \times P_1$ exibiu as plantas mais altas, diferindo dos demais, que não diferiram entre si. Em relação aos retrocruzamentos para o 2º genitor, os genótipos $(P_1 \times P_3) \times P_3$ e $(P_1 \times P_5) \times P_5$ apresentaram as plantas mais altas e mais baixas, respectivamente, diferindo entre si e dos demais, que, por sua vez, não diferiram entre si. As linhagens CMH 78.390/CMH 77A.917//CMH 79.215 (P_2), CMH 79.481/ CMH 77 A.917 (P_4) e

CMH 80A.747 (P_5) apresentaram grande potencial em transferir para suas progênes a característica porte baixo, confirmando resultados de trabalho de Ferreira Filho (1996) empregando a segunda linhagem em cruzamentos com a cultivar BH-1 146, de porte alto.

Considerando o comprimento da espiga, verificou-se, através das médias dos genitores, grande variabilidade genética, revelando que o maior comprimento da espiga foi do P_5 e o menor do P_4 , diferindo ambos estatisticamente dos demais. A população F_1 do híbrido $P_1 \times P_4$ produziu as espigas mais curtas, diferindo estatisticamente dos demais, que, por sua vez, não diferiram entre si. As espigas do híbrido $P_1 \times P_5$, em geração F_2 , foram as mais compridas, diferindo estatisticamente dos demais. As populações dos retrocruzamentos $(P_1 \times P_2) \times P_1$, $(P_1 \times P_3) \times P_1$ e $(P_1 \times P_5) \times P_1$ apresentaram espigas signifi-

TABELA 1. Resultados da análise de variância para altura da planta, comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos de diferentes genótipos de trigo estudados em ensaio instalado no Centro Experimental de Campinas, SP, em 1992.

Causas de variação	G.L.	Altura da planta (cm)	Comprimento da espiga (cm)	Compr. do internódio da raque (mm)	Produção de grãos (g)
Repetições	3	1,07	0,25	0,0012*	12,26**
Genótipos	20	736,64**	23,48**	0,0450**	80,69**
Entre gerações	4	1474,75**	15,45**	0,0252**	200,63**
Dentro de gerações	16	552,12**	25,49**	0,0499**	50,71**
Genitores	4	1360,77**	61,35**	0,1354**	112,34**
F_1 s	3	348,35**	6,86**	0,0119**	60,13**
F_2 s	3	218,29**	13,41**	0,0202**	21,46**
Retrocruzamentos para o 1º genitor	3	44,92**	2,04**	0,0036**	9,17*
Retrocruzamentos para o 2º genitor	3	518,72**	31,83**	0,0499**	29,88**
Genitores x repetições	12	4,20	0,12	0,0004	0,99
F_1 s x repetições	9	8,90	0,24	0,0003	5,13
F_2 s x repetições	9	3,23	0,05	0,0002	0,52
Retrocruz. para o 1º genitor x rep.	9	5,82	0,06	0,0001	1,99
Retrocruz. para o 2º genitor x rep.	9	5,19	0,31	0,0007	3,89
Entre Gerações x repetições	12	6,75	0,05	0,0002	1,26
Dentro de Gerações x repetições	48	5,39	0,15	0,0003	2,41
Genótipos x repetições	60	5,66	0,13	0,0003	2,18
Total	83				
CV%		3,02	3,69	3,55	9,35

* e ** Significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 2. Médias e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) de altura da planta, comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos dos 21 genótipos de trigo, no Centro Experimental de Campinas, SP, em 1992.

Genótipo	Altura da planta (cm)	Comprimento da espiga (cm)	Compr. do internódio da raque (cm)	Produção de grãos (g)
IAC-227 (P ₁)	95,2a	7,7c	0,43b	17,8a
CMH 78.390/CMH 77A.917// CMH 79.215 (P ₂)	63,4c	12,5b	0,49	16,6a
CMH 79.959/2* CNO 79 (P ₃)	76,4b	13,0b	0,71a	8,3b
CMH 79.481/CMH 77A.917 (P ₄)	51,4d	5,3d	0,29c	6,1c
CMH 80A.747 (P ₅)	52,0d	14,6a	0,72a	8,9b
d.m.s. (Tukey a 5%)	4,6	0,8	0,05	2,2
P ₁ x P ₂ (F ₁)	84,9b	9,2a	0,44b	18,4ab
P ₁ x P ₃ (F ₁)	99,5a	9,8a	0,50a	23,4a
P ₁ x P ₄ (F ₁)	81,3b	7,1b	0,39c	14,2b
P ₁ x P ₅ (F ₁)	78,5b	10,0a	0,51a	20,5a
d.m.s. (Tukey a 5%)	6,6	1,1	0,04	5,0
P ₁ x P ₂ (F ₂)	80,0b	10,0c	0,47b	19,3a
P ₁ x P ₃ (F ₂)	92,5a	10,7b	0,54a	18,0a
P ₁ x P ₄ (F ₂)	79,5b	7,3d	0,40c	14,0c
P ₁ x P ₅ (F ₂)	75,4c	11,5a	0,56a	16,3b
d.m.s. (Tukey a 5%)	4,0	0,5	0,03	1,6
(P ₁ x P ₂) x P ₁	86,8b	8,8b	0,44b	18,2ab
(P ₁ x P ₃) x P ₁	94,1a	9,2ab	0,46a	18,9ab
(P ₁ x P ₄) x P ₁	87,4b	7,8c	0,41c	17,7b
(P ₁ x P ₅) x P ₁	88,4b	9,3a	0,47a	21,1a
d.m.s. (Tukey a 5%)	5,3	0,5	0,02	3,1
(P ₁ x P ₂) x P ₂	71,7b	11,1bc	0,49b	16,1a
(P ₁ x P ₃) x P ₃	86,4a	12,0b	0,59a	15,6ab
(P ₁ x P ₄) x P ₄	71,8b	7,1d	0,39c	10,9c
(P ₁ x P ₅) x P ₅	58,5c	13,8a	0,64a	11,4bc
d.m.s. (Tukey a 5%)	5,0	1,2	0,06	4,4

cativamente mais compridas em relação ao (P₁xP₄)xP₁, que exibiu as espigas mais curtas. Em relação aos retrocruzamentos para o 2º genitor, o genótipo (P₁xP₅)xP₅ mostrou as espigas mais compridas, diferindo dos demais. Pelos resultados, primeiramente P₅ e num plano inferior P₃, constituem fontes genéticas para um programa de melhoramento, quando o objetivo for o aumento do comprimento da espiga, pois foram eficientes em transmitir essa característica a suas progênes. Resultados seme-

lhantes foram obtidos por Ferreira Filho (1996) avaliando cruzamentos entre a cultivar BH-1146 e CMH 79.959/2* CNO 79 (P₃).

Quando se considerou o caráter comprimento do internódio da raque, P₃ e P₅ apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si, porém diferindo dos demais. P₄ exibiu a menor média, diferindo dos demais. Observaram-se diferenças significativas quanto a esse caráter nas populações híbridas F₁ e F₂ e nos retrocruzamentos. Pelos resultados, P₄ seria fon-

te de espigas mais densas e P₃ e P₅, de espigas menos densas ou com maior comprimento do internódio da raque.

Em relação à produção de grãos, P₁ e P₂ foram os mais produtivos, não diferindo entre si, porém diferindo dos demais. P₄ apresentou-se como menos produtivo, diferindo estatisticamente dos demais. Os híbridos P₁xP₃ e P₁xP₅, em geração F₁ não diferiram entre si e do híbrido P₁xP₂ quanto à produção de grãos, porém diferiram do híbrido P₁xP₄. Os híbridos P₁xP₂ e P₁xP₃, em geração F₂ mostraram-se mais produtivos, não diferindo entre si, porém diferindo dos demais híbridos avaliados. Considerando-se os retrocruzamentos para o 1^o genitor, o híbrido (P₁xP₅)xP₁ somente diferiu do híbrido (P₁xP₄)xP₁, que mostrou a menor produção de grãos. Entre os retrocruzamentos para o 2^o genitor, o híbrido (P₁xP₂)xP₂ somente não diferiu do híbrido (P₁xP₃)xP₃ quanto a essa característica. Com exceção do P₄, os demais genitores apresentaram potencial em transferir a suas progênes maior produção de grãos.

Os graus de dominância para altura da planta, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque na geração F₁ e F₂ encontram-se na Tabela 3. Os dados obtidos sugerem que os genes para porte baixo encontrados nos genótipos mexicanos (P₂, P₃, P₄ e P₅) tiveram um comportamento parcialmente recessivo nas gerações F₁ e F₂ do cruzamento dessas fontes de nanismo com a cultivar IAC-227, de porte alto. O mesmo resultado foi obtido

por Camargo & Ramos (1989) nas gerações F₁ e F₂ de cruzamentos envolvendo a cultivar C-3 de porte alto com as linhagens Olesen, Vican-71 e Siete Cerros, de porte baixo.

Os graus de dominância para comprimento da espiga considerando os híbridos, em geração F₁, entre o genitor P₁, de espiga de comprimento intermediário com os parentais P₂, P₃, e P₅, de espigas compridas, mostraram que os genes para espigas compridas encontradas nessas linhagens tiveram um comportamento parcialmente recessivo. Na geração F₂, levando-se em conta os mesmos híbridos, verificou-se que, com exceção do P₁xP₂, os genes para espigas compridas apresentaram um comportamento parcialmente dominante. Esses resultados indicam que as linhagens envolvidas nesses híbridos diferem por muitos genes para o caráter em estudo, concordando com Ausemus et al. (1967) que afirmou que o comprimento da espiga é influenciado por muitos genes, os quais são localizados em todos os cromossomos do trigo, com exceção do 1B, 5A e 6D. Para o híbrido em gerações F₁ e F₂, entre o genitor P₁, de espiga de comprimento intermediário e o genitor P₄, de espigas curtas, verificou-se que os genes para espigas intermediárias mostraram um comportamento parcialmente dominante. A consistência entre os graus de dominância nas gerações F₁ e F₂, desse cruzamento sugerem que os genitores P₁ e P₅ diferem entre si por poucos genes quanto a essa característica.

TABELA 3. Grau de dominância em relação a altura da planta, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque, nas gerações F₁ e F₂ de cruzamentos entre a cultivar IAC-227 (P₁) e quatro linhagens mexicanas: CMH 78.390/ CMH 77A.917//CMH 79.215 (P₂); CMH 79.959/2* CNO 79 (P₃); CMH 79.481/CMH 77A.917 (P₄) e CMH 80A.747 (P₅)¹.

Cruzamento	Altura da planta		Comprimento da espiga		Comprimento do internódio da raque	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
P ₁ x P ₂	0,352	0,038	- 0,375	- 0,042	- 0,651	0,111
P ₁ x P ₃	-	0,713	- 0,208	0,132	- 0,531	- 0,235
P ₁ x P ₄	0,365	0,283	0,500	0,667	0,377	0,623
P ₁ x P ₅	0,227	0,083	- 0,333	0,101	- 0,478	- 0,107

¹ Grau de dominância igual a +1 significa dominância completa dos genes que condicionam porte alto, ou maior comprimento da espiga ou maior comprimento do internódio da raque e -1 significa dominância completa dos genes que condicionam porte baixo ou espigas curtas ou menor comprimento do internódio da raque.

Os híbridos, em geração F_1 e F_2 entre o P_1 , de comprimento intermediário do internódio da raque e os genitores P_3 e P_5 , de grande comprimento do internódio da raque mostraram que os genes para maior comprimento tiveram comportamento parcialmente recessivo. Por outro lado, os híbridos, em gerações F_1 e F_2 , entre o P_1 de comprimento intermediário do internódio da raque com o P_5 , de pequeno comprimento, indicaram que os genes para maior comprimento tiveram um comportamento parcialmente dominante. Pela consistência dos graus de dominância para as gerações F_1 e F_2 , pode-se considerar que poucos genes estão envolvidos na herança dessa característica, o que está de acordo com os resultados citados por Ausemus et al. (1967). Considerando-se o híbrido entre os genitores $P_1 \times P_2$, ambos com comprimento intermediário do internódio

da raque, não diferindo entre si, verificou-se, em geração F_1 e F_2 , graus de dominância negativo e positivo, respectivamente para maior comprimento do internódio da raque. Tais resultados sugerem que esses genótipos, apesar de não diferirem entre si, apresentam diferentes genes controlando essa característica.

Os valores da heterose calculados para a altura da planta (Tabela 4) nas gerações F_1 e F_2 dos cruzamentos entre IAC-227 e as quatro linhagens mexicanas, mostraram valores positivos, indicando que a altura da planta nesses cruzamentos foram superiores à média da altura dos genitores utilizados, confirmando os resultados obtidos para os graus de dominância, isto é, a dominância parcial dos genes que condicionam plantas mais altas. Não houve heterobeltiose nas gerações F_1 (com exceção do

TABELA 4. Heterose e heterobeltiose em relação a altura da planta, comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos nas gerações F_1 e F_2 de cruzamentos entre a cultivar IAC-227 (P_1) e quatro linhagens mexicanas: CMH 78.390/CMH 77A.917//CMH 79.215 (P_2); CMH 79.959/2* CNO 79 (P_3); CMH 79.481/CMH 77A.917 (P_4) e CMH 80A.747 (P_5).

Cruzamento	Heterose ¹		Heterobeltiose ²	
	F_1	F_2	F_1	F_2
Altura da planta				
$P_1 \times P_2$	7,06	0,76	- 10,82	- 17,07
$P_1 \times P_3$	15,97	7,81	4,52	- 2,84
$P_1 \times P_4$	10,91	8,46	- 14,60	- 16,49
$P_1 \times P_5$	6,66	2,45	- 17,54	- 20,80
Comprimento da espiga				
$P_1 \times P_2$	- 8,91	-0,99	- 26,40	- 20,00
$P_1 \times P_3$	- 5,31	3,88	- 24,61	- 17,69
$P_1 \times P_4$	9,23	12,31	- 7,79	- 5,19
$P_1 \times P_5$	- 10,31	3,14	- 31,51	- 21,23
Comprimento do internódio da raque				
$P_1 \times P_2$	- 4,43	0,76	- 10,53	- 5,67
$P_1 \times P_3$	- 12,91	- 5,71	- 29,94	- 24,15
$P_1 \times P_4$	7,18	11,88	- 9,97	- 6,03
$P_1 \times P_5$	- 12,06	- 2,69	- 29,78	- 22,30
Produção de grãos				
$P_1 \times P_2$	6,50	11,89	2,91	8,13
$P_1 \times P_3$	79,04	37,59	31,22	0,84
$P_1 \times P_4$	18,38	16,13	- 20,40	- 21,92
$P_1 \times P_5$	53,37	22,23	14,85	- 8,46

¹ Calculada como a porcentagem de aumento do F_1 ou F_2 sobre a média dos genitores.

² Calculada como a porcentagem de aumento do F_1 ou F_2 sobre a média do melhor genitor.

$P_1 \times P_3$) e F_2 , mostrando que as médias dos híbridos foram inferiores à média da altura do genitor mais alto (IAC-227).

Para o caráter comprimento da espiga detectaram-se valores negativos para a heterose dos cruzamentos $P_1 \times P_2$, nas gerações F_1 e F_2 , $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_5$, na geração F_1 , sugerindo que o comprimento da espiga nesses cruzamentos foram inferiores à média do comprimento da espiga dos genitores utilizados. Valores positivos foram observados nos cruzamentos $P_1 \times P_4$, nas gerações F_1 e F_2 , $P_1 \times P_3$, e $P_1 \times P_5$, na geração F_2 . Esses resultados estão de acordo com os verificados para os respectivos graus de dominância, isto é, valores negativos para a heterose estão relacionados com a dominância parcial dos genes que condicionaram espigas mais curtas, e valores positivos com a dominância parcial dos genes que condicionaram espigas mais longas. Todos os híbridos nas gerações F_1 e F_2 apresentaram menor comprimento da espiga em relação à média do genitor superior para esse caráter, mostrando, portanto, a não-existência de heterobeltiose.

Os valores da heterose calculados para o comprimento do internódio da raque foram negativos para os híbridos $P_1 \times P_2$ (somente na geração F_1), $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_5$, nas gerações F_1 e F_2 , e positivo para os híbridos $P_1 \times P_3$, na geração F_2 , e $P_1 \times P_4$, nas gerações F_1 e F_2 , confirmando as estimativas dos graus de dominância, já apresentados, que mostraram no caso da heterose negativa a dominância parcial dos genes que condicionam espigas com menor comprimento do internódio da raque, e no caso da heterose positiva a dominância parcial dos genes que condicionam maior comprimento do internódio da raque. Nas

gerações F_1 e F_2 dos híbridos estudados, sempre o comprimento do internódio da raque foi menor em relação ao genitor superior para esse caráter, mostrando, portanto, a não ocorrência de heterobeltiose.

Os valores da heterose calculados para produção de grãos foram positivos para todos os cruzamentos, nas gerações F_1 e F_2 . Considerando-se que os híbridos $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_2$ também mostraram valores positivos para heterobeltiose, nas gerações F_1 e F_2 verificou-se que esses híbridos que têm maior capacidade específica de combinação.

As estimativas da herdabilidade em sentido restrito, para os quatro caracteres estudados, derivados de dados obtidos na geração F_2 s e retrocruzamentos das quatro populações híbridas, encontram-se na Tabela 5.

Os valores da herdabilidade em sentido restrito para altura da planta, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque, foram médios a altos, para os quatro híbridos avaliados. Esses resultados indicam que grande parte da variabilidade genética total para essas características deve-se a genes que se comportam de maneira aditiva, corroborando os resultados de Kronstad & Foote (1964), Johnson et al. (1966), Camargo et al. (1992) e Ferreira Filho (1996).

Foram obtidos valores médios da herdabilidade em sentido restrito para produção de grãos, em todos os cruzamentos, variando de 0,421 a 0,550. Valores semelhantes foram também estimados por Ferreira Filho (1996).

Os valores altos estimados para a herdabilidade em sentido restrito para a altura da planta, em todos

TABELA 5. Estimativas da herdabilidade em sentido restrito¹ em relação a altura da planta, comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos, derivadas de dados obtidos em cruzamentos e retrocruzamentos entre a cultivar IAC-227 (P_1) e quatro linhagens mexicanas: CMH 78.390/ CMH 77A.917//CMH 79.215 (P_2); CMH 79.959/2* CNO 79 (P_3); CMH 79.481/CMH 77A.917 (P_4) e CMH 80A.747 (P_5).

Caráter	$P_1 \times P_2$	$P_1 \times P_3$	$P_1 \times P_4$	$P_1 \times P_5$
Altura da planta (cm)	0,608 ± 0,038	0,861 ± 0,024	0,755 ± 0,041	0,817 ± 0,021
Comprimento da espiga (cm)	0,667 ± 0,036	0,639 ± 0,036	0,406 ± 0,070	0,557 ± 0,042
Comprimento do internódio da raque (cm)	0,545 ± 0,041	0,596 ± 0,037	0,781 ± 0,044	0,556 ± 0,040
Produção de grãos (g)	0,528 ± 0,045	0,421 ± 0,046	0,509 ± 0,061	0,550 ± 0,032

¹ Pelo método proposto por Warner (1952).

os cruzamentos (0,608 a 0,861), para comprimento da espiga nos cruzamentos $P_1 \times P_2$ (0,667) e $P_1 \times P_3$ (0,639), e para comprimento do internódio da raque no cruzamento $P_1 \times P_4$ (0,781) sugerem que a seleção para esses caracteres deveria ser efetiva nas primeiras gerações segregantes. Valores mais baixos da herdabilidade em sentido restrito foram estimados para comprimento da espiga nos cruzamentos $P_1 \times P_4$ (0,406) e $P_1 \times P_5$ (0,557), para comprimento do

internódio da raque nos cruzamentos $P_1 \times P_2$ (0,545), $P_1 \times P_3$ (0,596) e $P_1 \times P_5$ (0,556), e para produção de grãos nos quatro cruzamentos. A seleção para esses caracteres deveria ser realizada nas gerações mais avançadas quando o valor genético da progênie poderia ser mais precisamente determinado.

Na Tabela 6, encontram-se as correlações ambientes (r_A), fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G) entre produção de grãos, altura da planta, comprimento da

TABELA 6. Correlações ambientes (r_A), fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G) entre altura da planta, comprimento da espiga, comprimento do internódio da raque e produção de grãos para cada cruzamento envolvendo a cultivar IAC-227 (P_1) e quatro linhagens mexicanas: CMH 78.390/CMH 77A.917//CMH 79.215 (P_2); CMH 79.959/2* CNO 79 (P_3); CMH 79.481/ CMH 77A.917 (P_4) e CMH 80A.747 (P_5).

Cruzamento entre genótipos	r_A	r_F	r_G
Produção de grãos x altura da planta			
$P_1 \times P_2$	0,559**	0,578**	0,596
$P_1 \times P_3$	0,106	0,443**	0,685
$P_1 \times P_4$	0,511**	0,411**	0,377
$P_1 \times P_5$	0,261	0,418**	0,511
Produção de grãos x comprimento da espiga			
$P_1 \times P_2$	0,434**	0,099	- 0,123
$P_1 \times P_3$	0,346*	0,019	- 0,269
$P_1 \times P_4$	- 0,410**	0,555**	> 1,000
$P_1 \times P_5$	0,599**	0,077	- 0,343
Produção de grãos x comprimento do internódio da raque			
$P_1 \times P_2$	0,324**	- 0,191**	- 0,636
$P_1 \times P_3$	0,110	- 0,454**	< - 1,000
$P_1 \times P_4$	- 0,074	0,283**	0,488
$P_1 \times P_5$	0,526**	- 0,202**	- 0,791
Altura da planta x comprimento da espiga			
$P_1 \times P_2$	0,570**	0,046	- 0,250
$P_1 \times P_3$	0,392**	0,053	- 0,048
$P_1 \times P_4$	- 0,265	0,546**	> 1,000
$P_1 \times P_5$	0,354*	0,025	- 0,112
Altura da planta x comprimento do internódio da raque			
$P_1 \times P_2$	0,391**	- 0,060	- 0,392
$P_1 \times P_3$	0,112	- 0,304**	- 0,461
$P_1 \times P_4$	0,033	0,422**	0,540
$P_1 \times P_5$	0,296*	- 0,048	- 0,197
Comprimento da espiga x comprimento do internódio da raque			
$P_1 \times P_2$	0,653**	0,611**	0,592
$P_1 \times P_3$	0,372*	0,381**	0,387
$P_1 \times P_4$	0,460**	0,709**	0,965
$P_1 \times P_5$	0,723**	0,646**	0,585

* e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

espiga e comprimento do internódio da raque, para cada cruzamento envolvendo a cultivar IAC-227 e quatro linhagens mexicanas.

As correlações genótípicas e de ambientes foram, em diversos casos, muito diferentes em magnitude, e algumas vezes diferente mesmo em sinal. Resultados semelhantes foram relatados por Falconer (1960), que ainda postulou que uma diferença em sinal entre essas duas correlações mostra que as causas de variação genética e de ambiente afetam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos.

As correlações genótípicas calculadas entre a produção de grãos e a altura da planta, o comprimento da espiga e o comprimento do internódio da raque, entre a altura de planta e o comprimento da espiga e o comprimento do internódio da raque e entre o comprimento da espiga e o comprimento do internódio da raque, concordaram, em geral, com as obtidas para as correlações fenotípicas para os quatro cruzamentos.

As correlações fenotípicas entre produção de grãos e altura das plantas foram positivas e altamente significativas em todos os cruzamentos. Esses dados demonstraram a tendência de as plantas mais altas serem as mais produtivas, confirmando resultados de Camargo & Ramos (1989).

As plantas com espigas mais compridas tenderam a ser mais produtivas no cruzamento $P_1 \times P_4$, concordando com os resultados obtidos por Camargo & Oliveira (1983). Não ocorreram correlações fenotípicas entre o comprimento da espiga e produção de grãos nos demais cruzamentos estudados.

Considerando os cruzamentos $P_1 \times P_2$, $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_5$, verificou-se que as plantas mais produtivas eram as que apresentaram os menores comprimentos do internódio da raque (espigas densas). Porém no híbrido $P_1 \times P_4$, as plantas que mostraram maior comprimento do internódio da raque foram as que tiveram maior produção de grãos.

As plantas mais altas tenderam a apresentar as espigas mais compridas no cruzamento $P_1 \times P_4$. Não foram observadas associações entre altura da planta e comprimento da espiga nos demais cruzamentos estudados.

Nos cruzamentos $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_4$, as plantas mais altas foram associadas respectivamente com meno-

res e maiores comprimentos do internódio da raque, não havendo associação entre essas características nos cruzamentos $P_1 \times P_2$ e $P_1 \times P_5$, considerando-se as correlações fenotípicas.

Considerando as associações positivas entre produção de grãos com plantas altas em todos os cruzamentos e as demais associações estimadas entre os caracteres, deveriam ser utilizadas grandes populações F_2 e F_3 para serem obtidos os recombinantes desejados de elevado potencial produtivo com porte semi-anão e apresentando espigas compridas e densas.

CONCLUSÕES

1. A cultivar IAC-227 (P_1), de porte alto, mostra dominância parcial para porte alto, quando em cruzamentos com as quatro linhagens mexicanas, de porte baixo.

2. Não há heterobeltiose para comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque, em todos os cruzamentos, nas gerações F_1 e F_2 ; em relação à altura da planta verifica-se heterobeltiose somente no híbrido $P_1 \times P_3$, em geração F_1 ; não há heterobeltiose para produção de grãos nas gerações F_1 e F_2 , do cruzamento $P_1 \times P_4$ e na geração F_2 , do cruzamento $P_1 \times P_5$.

3. Seleções para as características altura da planta, comprimento da espiga nos cruzamentos $P_1 \times P_2$ e $P_1 \times P_3$, e comprimento do internódio da raque no cruzamento $P_1 \times P_4$ são efetivas nas gerações segregantes iniciais de cada cruzamento, em razão da grandeza dos valores estimados para a herdabilidade em sentido restrito.

4. Seleções para produção de grãos em todos os cruzamentos, para comprimento da espiga nos cruzamentos $P_1 \times P_4$ e $P_1 \times P_5$, e comprimento do internódio da raque nos cruzamentos $P_1 \times P_2$, $P_1 \times P_3$ e $P_1 \times P_5$, devem ser feitas em gerações mais avançadas baseando-se em testes de progênies.

5. As correlações fenotípicas entre altura da planta com produção de grãos e entre comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque são positivas e significativas em todos os cruzamentos, mostrando haver associação entre esses caracteres; portanto, o estudo de grandes populações F_2 é de interesse para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis.

REFERÊNCIAS

- AUSEMUS, E.R.; McNEAL, F.H.; SCHMIDT, J.W. Genetics and inheritance. In: QUISENBERRY, K.S.; REITZ, L.P. (Eds.). **Wheat and wheat improvement**. Madison : American Society of Agronomy, 1967. p.225-267.
- CAMARGO, C.E. de O. Melhoramento do trigo. IX. Estudo genético de fontes de nanismo. **Bragantia**, Campinas, v.43, n.2, p.591-603, 1984.
- CAMARGO, C.E. de O.; FELICIO, J.C.; FREITAS, J.G. de; BARROS, B. de C.; CASTRO, J.L. de. Melhoramento do trigo. XII. Novas linhagens a partir de cruzamentos para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.44, n.2, p.669-685, 1985.
- CAMARGO, C.E. de O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; ROCHA, L.S. Melhoramento do trigo. XXVII. Estimativas de variância, herdabilidade e correlações em populações híbridas para produção de grãos, tolerância à toxicidade de alumínio e altura das plantas. **Bragantia**, Campinas, v.51, n.1, p.21-30, 1992.
- CAMARGO, C.E. de O.; KRONSTAD, W.E.; METZGER, R.J. Parent-progeny regression estimates and associations of height levels with aluminum toxicity and grain yield in wheat. **Crop Science**, Madison, v.20, p.355-358, 1980.
- CAMARGO, C.E. de O.; OLIVEIRA, O.F. de. Melhoramento do trigo. II. Estudo genético de fontes de nanismo para a cultura do trigo. **Bragantia**, Campinas, v.40, p.77-91, 1981.
- CAMARGO, C.E. de O.; OLIVEIRA, O.F. de. Melhoramento do trigo. V. Estimativas da herdabilidade e correlações entre altura, produção de grãos e outros caracteres agrônômicos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v.42, p.131-148, 1983.
- CAMARGO, C.E. de O.; RAMOS, V.J. Herdabilidades e associações entre número de grãos por espiguetas, altura das plantas e produção de grãos em populações híbridas de trigo envolvendo diferentes fontes de nanismo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1513-1521, 1989.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York : Ronald, 1960. 365p.
- FERREIRA FILHO, A.W.P. **Estimativa da herdabilidade e dos coeficientes de correlação, entre características agrônômicas, em populações híbridas de trigo**. Jaboticabal : Universidade Estadual Paulista-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1996. 68p. Tese de Doutorado.
- FONSECA, S.; PATTERSON, F.L. Yield components heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Science**, Madison, v.8, p.614-617, 1968.
- JOHNSON, V.A.; BIEVER, K.J.; HAUNOLD, A.; SCHMIDT, J.W. Inheritance of plant height, yield of grain, and other plant and seed characteristics in a cross of hard red winter wheat, *Triticum aestivum* L. **Crop Science**, Madison, v.6, p.336-338, 1966.
- KETATA, H.; EDWARDS, L.H.; SMITH, E.L. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. **Crop Science**, Madison, v.16, p.19-22, 1976.
- KRONSTAD, W.E.; FOOTE, W.H. General and specific combining ability estimates in winter wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host). **Crop Science**, Madison, v.4, p.616-619, 1964.
- MATHER, K.; JINKS, J.L. **Introduction to biometrical genetics**. Ithaca : Cornell University Press, 1977. 213p.
- MATZINGER, D.F.; MANN, T.J.; COCKERHAN, C.C. Diallel crosses in *Nicotiana tabacum*. **Crop Science**, Madison, v.2, p.383-386, 1962.
- WARNER, J.N. A method for estimating heritability. **Agronomy Journal**, Madison, v.44, p.427-430, 1952.