

MELHORAMENTO DO TRIGO.

VII. HERDABILIDADE E COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS, EM POPULAÇÕES HÍBRIDAS DE TRIGO, EM DIFERENTES SOLOS PAULISTAS ⁽¹⁾

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2), OTÁVIO FRANCO DE OLIVEIRA e ANTONIO WILSON PENTEADO FERREIRA FILHO, *Seção de Arroz e Cereais de Inverno*, JAIRO LOPES DE CASTRO (2), *Estação Experimental de Capão Bonito*, e VALDIR JOSUE RAMOS, *Estação Experimental de Itararé*.

RESUMO

Os cultivares C-3 e Siete Cerros foram cruzados e os cultivares pais, F_1 , F_2 e retrocruzamentos para ambos os pais foram avaliados em um ensaio em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em condição de vaso com solo de alta fertilidade. O experimento foi conduzido em telado localizado no Centro Experimental de Campinas. Correlações genéticas entre produção de grãos por planta e sete caracteres agronômicos, assim como valores de herdabilidade no sentido amplo e restrito para todos os caracteres, foram estimados, além de correlações fenotípicas e ambientes entre a produção de grãos e os sete caracteres. As correlações genéticas mostraram que produção de grãos foi associada positivamente com altura de planta ($r = 0,377$), número de espigas por planta ($r = 0,919$), número de espiguetas por espiga ($r = 0,219$) e peso de cem grãos ($r = 0,814$). Seleções para maior número de grãos por espiga e espiguetas poderiam influir negativamente na produção

(1) Com verba suplementar do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, através do Instituto Agronômico. Recebido para publicação em 27 de novembro de 1981.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

de grãos. Os cultivares pais e as populações F_1 e F_2 foram também avaliados em vasos contendo solos de cinco diferentes locais das regiões tritícolas paulistas e referentes às profundidades de amostragem 0-30cm e 30-60cm. Como tratamento adicional, foi incluído um solo de várzea, da camada 0-30cm do Centro Experimental de Campinas. Nos solos ácidos com altos teores de alumínio, as plantas sensíveis a essas condições apresentaram acentuada redução na produção de grãos; altura das plantas; número de espigas por planta e de espiguetas por espiga; comprimento das espigas, e fertilidade das flores, evidenciada pela significativa diminuição do número de grãos por espiga e por espiguetas. Quando foi utilizado o solo da camada 0-30cm de profundidade da Fazenda Canadá, em Assis, apresentando pH superior a 6,0, alta disponibilidade de bases, média de fósforo e ausência de Al^{3+} , as correlações genéticas mostraram associações positivas entre produção de grãos com altura das plantas ($r = 0,224$), número de espigas por planta ($r = 0,500$) e de espiguetas por espiga ($r = 0,856$), e peso de cem grãos ($r > 1,00$), e negativas com número de grãos por espiga ($r = 0,068$) e por espiguetas ($r = -0,873$) e com comprimento da espiga ($r = 0,463$). Para o solo da camada 0-30cm de profundidade de Itararé, apresentando pH = 4,6, baixa concentração de bases, reduzida disponibilidade de fósforo e altos teores de Al^{3+} , as correlações genéticas mostraram que as plantas mais produtivas e, conseqüentemente, mais tolerantes ao Al^{3+} , estavam associadas com plantas altas ($r = 0,710$), maior número de espigas por planta ($r > 1,00$); maior número de grãos por espiga e espiguetas ($r = 0,727$ e $r = 0,753$ respectivamente), grãos mais pesados ($r = 0,785$) e provenientes de espigas mais longas ($r = 0,733$). Para o desenvolvimento de plantas baixas, tolerantes às condições de solo ácido e com alto potencial de produção, haveria necessidade de grandes populações F_2 para assegurar o aparecimento de recombinantes desejáveis.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do trigo no Estado de São Paulo se desenvolve, em quase sua totalidade, em condição de sequeiro, atingindo nos últimos anos uma área de plantio superior a 150.000 hectares, estando a maior concentração de lavouras na Região Sul e no Vale do Paranapanema.

A Região Sul é caracterizada por solos ácidos, com baixa disponibilidade de fósforo, baixos teores de bases e elevadas concentrações de Al^{3+} ; o Vale do Paranapanema apresenta solos mais férteis, porém, em muitos casos, há a ocorrência de Al^{3+} abaixo da camada arável.

Entre os cereais, o trigo é uma das espécies mais sensíveis ao alumínio, sendo, portanto, a tolerância a esse elemento de grande importância nos programas de seleção de novos cultivares. A prática da calagem pode diminuir ou até eliminar, na camada arável, os efeitos nocivos do alumínio, que pode permanecer, porém, no subsolo, evitando que as raízes do trigo penetrem a maior profundidade. Como a ocorrência de chuvas no inverno não é muito freqüente, a presença do alumínio no subsolo, além do seu dano direto, incrementa os efeitos da seca, afetando sensivelmente, em muitos anos, a produção de grãos por área.

Para a obtenção de novos cultivares de trigo mediante cruzamentos controlados, seguidos de vários ciclos de seleção, há necessidade do conhecimento do comportamento genético dos componentes de produção, além de outras características agronômicas de importância que tenham grande relação com o objetivo último do trabalho, ou seja, a elevação da produtividade.

A herdabilidade de um caráter agronômico descreve o grau pelo qual ele é transmitido de uma geração para outra, porém é dependente do ambiente no qual os indivíduos estão sendo selecionados (3, 6).

O estudo das correlações entre os componentes de produção de uma população híbrida permite saber se eles são geneticamente dependentes ou interdependentes, isto é, se tendem ou não a permanecer associados nas progênes durante os sucessivos ciclos de seleção (4, 5, 6).

O presente trabalho tem por objetivo principal estudar as herdabilidades e correlações entre caracteres agronômicos e a produção de grãos, a partir de uma população híbrida originária do cruzamento entre um cultivar de porte alto, tolerante ao alumínio (2), e outro de porte semi-anão, sensível ao alumínio (2), em condições de vasos contendo solos de diferentes regiões tritícolas paulistas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ensaio em vasos com solo corrigido e fertilizado

O cultivar de trigo C-3 de porte alto, tolerante ao alumínio, introduzido da Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, foi cruzado com o Siete Cerros, semi-anão, sensível ao alumínio e introduzido do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) — México. Além das sementes F_1 desse cruzamento, foram obtidas as sementes F_2 e aquelas dos retrocruzamentos RC_1 e RC_2 , originárias, respectivamente, do cruzamento das plantas F_1 com C-3 e com Siete Cerros.

Os cultivares utilizados como pais, o F_1 , o F_2 e os retrocruzamentos foram plantados a 5 de abril de 1980, em um ensaio em condições de vasos no telado contra ataque de pássaros do Centro Experimental de Campinas.

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada repetição foi constituída de 21 vasos, sendo que as sementes de cada cultivar e híbrido em geração F_1 foram plantadas em dois vasos, e aquelas em geração F_2 , bem como dos dois retrocruzamentos, em cinco vasos. Cada vaso, utilizando quatro sementes, foi colocado em linhas a 40cm uma da outra. A distância entre os vasos na linha foi de 20cm. Foi plantada uma linha adicional de vasos, contornando o experimento, para minimizar os efeitos de bordadura. As sementes do ensaio que não germinaram foram substituídas por outras de trigo duro, cultivar Cocorit, visando manter a competição uniforme entre as plantas estudadas.

Os vasos utilizados, de plástico preto, com 25cm de altura por 20cm de diâmetro, receberam solo do tipo Latossolo Roxo, série Barão, muito bem destorroado e misturado, o qual foi adubado com composto curtido, cloreto de potássio (60% de K_2O) e superfosfato simples (20% de P_2O_5), e corrigido com calcário dolomítico. Após essas operações e anteriormente à semeadura, foram retiradas amostras compostas desse solo cujos resultados analíticos ⁽³⁾ foram os seguintes:

Determinações	Teores dos elementos no solo estudado
M.O. %	8,1
pH	6,6
Al ³⁺ (4)	0,0
Ca ²⁺ (4)	10,4
Mg ²⁺ (4)	4,0
K ⁺ (5)	200
P (5)	100+

Durante todo o experimento, foi feita aplicação semanal de uma solução contendo cerca de 20 gramas de sulfato de amônio em 10 litros de água, distribuindo-se aproximadamente 0,5 litro por vaso.

Os dados, coletados com base em plantas individuais, referiram-se aos seguintes caracteres:

Altura da planta — Medida, em centímetros, do colo da planta até a ponta da espiga do colmo mais alto, excluindo as aristas.

Espigas por planta — Computado somente o número de colmos com espigas férteis.

Produção de grãos — Peso, em gramas, da produção total de grãos de cada planta.

Comprimento da espiga — Medida, em centímetros, da espiga do colmo principal, excluindo as aristas.

Espiguetas — Considerado o número de espiguetas na espiga do colmo principal.

Grãos por espiga — Número total de grãos da espiga do colmo principal.

Grãos por espiguetas — Número calculado pela relação entre o total de grãos da espiga principal e o total de espiguetas da mesma espiga.

Peso de cem grãos — Peso, em gramas, de cem grãos, tomados ao acaso, de cada planta.

(3) Análise efetuada pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agronômico.

(4) e.mg/100ml de T.F.S.A. Teores trocáveis.

(5) $\mu\text{g/ml}$ de T.F.S.A.

As médias dos caracteres estudados das plantas de cada um dos pais, F_1 , F_2 e retrocruzamentos em cada repetição, foram submetidas à análise de variância, sendo o teste F utilizado para avaliar os níveis de significância estatística. A comparação das médias dos genótipos foi feita pelo teste de Tukey.

O coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (relação entre a variância genética total e a variância fenotípica) foi estimado conforme o método de BRIGGS & KNOWLES (1) e o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito, pela regressão da média dos indivíduos F_2 sobre a média dos indivíduos F_1 , segundo FALCONER (3).

As correlações obtidas mediante dados de F_1 foram consideradas como ambientes e aquelas usando dados de F_2 como fenotípicas. As correlações genéticas foram calculadas pela seguinte fórmula, sugerida por FALCONER (3):

$$r_F = \sqrt{H_x} \sqrt{H_y} r_G + \sqrt{E_x} \sqrt{E_y} r_A$$

onde:

r_F = correlação fenotípica entre o caráter x e o y; r_A = correlação ambiente entre os mesmos caracteres; H = coeficiente de herdabilidade em sentido restrito, com subscrito x ou y, conforme o caráter; $E = 1 - H$, também com subscrito de acordo com o caráter em estudo.

2.2 Ensaios preliminares com solos das diferentes regiões tritícolas na ausência de correção e fertilização

Sementes dos cultivares C-3 e Siete Cerros e sementes F_1 e F_2 dos cruzamentos entre ambos foram plantadas em vasos localizados no telado contra ataque de pássaros do Centro Experimental de Campinas, dia 5 de abril de 1980.

O experimento constituiu-se de 11 grupos de 32 vasos colocados no espaçamento de 40cm x 20cm. Visando minimizar os efeitos de bordadura, foi instalada uma linha adicional de vasos em volta de todo o experimento.

Os vasos de plástico preto, conforme descrito em 2.1, foram cheios com solos de diferentes origens, a saber:

Grupo 1 — Latossolo Vermelho-Escuro Orto, proveniente da camada 0-30cm de profundidade, da Estação Experimental de Capão Bonito (gleba A).

Grupo 2 — Latossolo Vermelho-Escuro Orto, oriundo da camada 30-60cm de profundidade, da Estação Experimental de Capão Bonito (gleba A).

Grupo 3 — Latossolo Vermelho-Escuro Orto, procedente da camada 0-30cm de profundidade, da Estação Experimental de Capão Bonito (gleba B).

Grupo 4 — Latossolo Vermelho-Escuro Orto, originário da camada 30-60cm de profundidade, da Estação Experimental de Capão Bonito (gleba B).

Grupo 5 — Solo tipo hidromórfico de altitude, série Coruja, da camada 0-30cm de profundidade, da Estação Experimental de Itararé.

Grupo 6 — Solo hidromórfico de altitude, série Coruja, da camada 30-60cm de profundidade, da Estação Experimental de Itararé.

Grupo 7 — Latossolo Roxo da camada 0-30cm de profundidade, da Fazenda Canadá, em Assis.

Grupo 8 — Latossolo Roxo da camada 30-60cm de profundidade, da Fazenda Canadá, em Assis.

Grupo 9 — Latossolo Roxo da camada 0-30cm de profundidade, da Fazenda Primavera, em Florínea.

Grupo 10 — Latossolo Roxo da camada 30-60cm de profundidade, da Fazenda Primavera, em Florínea.

Grupo 11 — Solo hidromórfico da camada 0-30cm de profundidade, da várzea do Centro Experimental de Campinas.

Os resultados analíticos ⁽⁶⁾ das amostras compostas dos solos estudados nas diferentes profundidades foram os seguintes:

Determinações	Capão Bonito (gleba A)		Capão Bonito (gleba B)	
	0-30cm	30-60cm	0-30cm	30-60cm
M.O. %	2,2	1,2	2,5	1,7
pH	5,9	4,8	4,9	4,8
Al ³⁺ (7)	0,1	1,2	1,0	1,2
Ca ²⁺ (7)	4,2	1,3	2,1	1,4
Mg ²⁺ (7)	1,9	0,7	0,7	0,5
K ⁺ (8)	132	48	136	48
P(8)	31	3	18	2

Determinações	Itararé		Assis	
	0-30cm	30-60cm	0-30cm	30-60cm
M.O. %	10,7	4,0	3,5	1,4
pH	4,6	5,0	6,1	5,8
Al ³⁺ (7)	2,2	1,4	0,1	0,1
Ca ²⁺ (7)	0,5	0,1	7,0	3,8
Mg ²⁺ (7)	0,4	0,1	2,5	1,3
K ⁺ (8)	92	80	136	25
P(8)	2	0	11	2

(6) Análises efetuadas pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agronômico.

(7) e.mg/100ml de T.F.S.A. Teores trocáveis.

(8) µg/ml de T.F.S.A.

Determinações	Florínea		Campinas
	0-30cm	30-60cm	0-30cm
M.O. %	3,5	1,4	9,8
pH	6,1	5,8	4,7
Al ³⁺ (7)	0,1	0,1	3,3
Ca ²⁺ (7)	7,0	3,8	0,5
Mg ²⁺ (7)	2,5	1,3	0,1
K ⁺ (8)	136	25	19
P(8)	11	2	7

Em cada grupo de 32 vasos, foram utilizados quatro para o plantio de cada um dos cultivares C-3 e Siete Cerros, quatro para plantio das sementes F₁ provenientes do seu cruzamento e vinte para o plantio das sementes F₂. Em cada vaso, foram colocadas quatro sementes equidistantes. Os diferentes solos não receberam adubação nem calagem antes da semeadura. Foi feita adubação nitrogenada conforme descrito no item 2.1.

Os dados foram coletados com base em plantas individuais da manei-ra já citada.

Foram estimados, para todos os caracteres estudados nos solos de Itararé e Assis, referentes à camada 0-30cm de profundidade, os coeficientes de herdabilidade no sentido amplo, e os coeficientes de correlação fenotípica, ambiente e genética (3) entre a produção de grãos e outros caracteres agrônômicos estudados. Os solos desses locais foram escolhidos por serem representativos de duas condições divergentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio em vasos com solo corrigido e fertilizado

A análise de variância mostrou efeitos altamente significativos de genótipos para os caracteres altura da planta, número de espigas por planta, de espiguetas por espiga, de grãos por espiga e de grãos por espiguetas e comprimento da espiga. Não foram encontradas diferenças entre os genótipos para a produção de grãos e peso de cem grãos.

As estimativas das médias, as diferenças mínimas significativas e os coeficientes de variação para os diferentes caracteres estudados encontram-se no quadro 1.

Os resultados mostraram que o cultivar C-3 foi estatisticamente superior ao Siete Cerros quanto à altura da planta, número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga e comprimento da espiga.

(7) e.mg/100ml de T.F.S.A. Teores trocáveis.

(8) µg/ml de T.F.S.A.

QUADRO 1. Estimativas das médias, diferenças mínimas significativas e coeficientes de variação referentes aos caracteres agrônomicos estudados nos cultivares C-3 e Siete Cerros e nas gerações híbridas derivadas do seu cruzamento, na presença de solo adubado e corrigido

Tratamentos	Produção de grãos	Altura da planta	Espigas/planta	Espiguetas/espiga	Grãos/espiga	Grãos/espiguetas	Peso de cem grãos	Comprimento da espiga
	g	cm	nº	nº	nº	nº	g	cm
'C-3' (P1)	20,9	127,8	13,7	22,4	57,8	2,58	3,67	13,6
'Siete Cerros' (P2)	16,8	77,3	7,7	17,9	69,4	3,89	3,85	9,6
(P1 x P2)-F ₁	20,8	117,4	10,2	22,8	80,8	3,55	3,98	13,8
(P1 x P2)-F ₂	20,4	108,1	10,2	21,5	70,7	3,30	3,97	12,6
(P1 x P2) x P1-RC ₁	20,1	119,4	11,4	22,8	66,1	2,90	3,90	14,0
(P1 x P2) x P2-RC ₂	16,3	94,5	7,9	19,6	73,8	3,76	3,89	11,5
Tukey (5%)	10,9	9,1	5,2	1,1	7,1	0,33	0,46	0,9
C.V. (%)	24,5	3,7	22,4	2,2	4,4	4,3	5,2	3,3

'Siete Cerros', por sua vez, produziu maior número de grãos por espiga e por espigueta.

Não houve diferença estatística entre esses cultivares quanto à produção de grãos por planta e ao peso de cem grãos.

Os valores dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo e restrito para os caracteres agrônômicos estudados encontram-se no quadro 2.

QUADRO 2. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo (H_{BS}) e restrito (H_{NS}) para os caracteres agrônômicos estudados nos híbridos derivados do cruzamento 'C-3' x 'Siete Cerros' em condições de solo corrigido e adubado

Caracteres	H_{BS}	H_{NS}
Produção de grãos	0,136	0,170
Altura da planta	0,527	0,253
Espigas/planta	0,370	0,133
Espiguetas/espiga	0,723	0,181
Grãos/espiga	0,497	0,215
Grãos/espigueta	0,380	0,180
Peso de cem grãos	0,474	0,191
Comprimento da espiga	0,647	0,389

Os valores dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo foram altos para a altura da planta, número de espiguetas por espiga e de grãos por espiga, peso de cem grãos e comprimento da espiga, indicando que nesses casos grande parte da variação observada na população híbrida (F_2) é de origem genética. Foram encontrados baixos valores para a herdabilidade no sentido amplo para número de espigas por planta, número de grãos por espigueta e para produção de grãos por planta, sugerindo que a maior parte da variação total observada na população F_2 , oriunda do cruzamento 'C-3' x 'Siete Cerros', foi de origem ambiente e pequena parte dela de origem genética.

Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito apresentaram valores relativamente maiores para a altura da planta, número de grãos por espiga e comprimento da espiga. Os resultados indicam também que para esses caracteres uma parte considerável da variabilidade genética total está associada à ação aditiva dos genes, sugerindo que a seleção nas gerações F_2 ou F_3 teria probabilidade de sucesso, enquanto para os

demais caracteres deveria ser efetuada em gerações mais avançadas, quando o valor genético da progênie poderia ser mais bem conhecido.

Os coeficientes de correlação fenotípica, ambiente e genética entre a produção de grãos e sete outros caracteres para as populações híbridas (Quadro 3) indicaram associações de origem fenotípica e ambiente, altamente significativas, da maior produção de grãos com o porte alto, maior número de espigas por planta, espigas mais longas e com maior número de espiguetas por espiga. As correlações genéticas mostraram que a produção de grãos foi associada positivamente com altura da planta ($r = 0,377$), número de espiguetas por espiga ($r = 0,219$), número de espigas por planta ($0,919$) e com peso de cem grãos ($r = 0,814$). Seleções para maior número de grãos por espiga e por espiguetas poderiam influir negativamente na produção de grãos ($r = -0,870$ e $r = -0,807$, respectivamente). Não se verificou associação de origem genética entre a produção de grãos e o comprimento da espiga ($r = -0,074$).

QUADRO 3. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ambiente e genética entre a produção de grãos por planta e sete outros caracteres agrônômicos em híbridos derivados do cruzamento 'C-3' x 'Siete Cerros' estudados em condições de solo corrigido e adubado

Caráter correlacionado com a produção de grãos	Coeficientes de correlação (r)		
	Fenotípica	Ambiente	Genética
Altura da planta	0,553**	0,717**	0,377
Espigas/planta	0,815**	0,826**	0,919
Espiguetas/espiga	0,312**	0,497**	0,219
Grãos/espiga	0,023	0,378	-0,870
Grãos/espiguetas	0,212	0,540**	-0,807
Peso de cem grãos	0,211	0,018	0,814
Comprimento da espiga	0,372**	0,713**	-0,074

** Significativo ao nível de 5%.

3.2 Ensaios preliminares com solos das diferentes regiões tritícolas na ausência de correção e fertilização

As estimativas das médias dos oito caracteres agrônômicos estudados nos pais e nos híbridos F_1 e F_2 , encontram-se nos quadros 4 a 7.

QUADRO 4. Estimativas das médias de produção de grãos e de alturas das plantas referentes aos pais e aos híbridos F_1 e F_2 do cruzamento 'C-3' (P_1) x 'Siete Cerros' (P_2) cultivados em onze grupos de solos de diferentes locais e profundidades de amostragem

Caráter	Local	Profundidade de amostragem do solo	Tratamentos				
			P_1	P_2	F_1	F_2	
		cm	g				
Produção de grãos (g)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	25,9	8,6	8,2	12,6	
		30-60	7,1	1,6	9,9	8,7	
	Capão Bonito (gleba B)	0-30	12,2	7,6	11,9	8,4	
		30-60	9,0	5,8	6,1	6,5	
	Assis	0-30	17,1	14,5	19,7	14,4	
		30-60	14,6	5,9	14,1	8,1	
	Florínea	0-30	15,0	8,8	20,6	12,9	
		30-60	10,8	3,3	10,3	7,6	
	Itararé	0-30	4,4	0,8	0,5	3,7	
		30-60	4,1	0,1	3,6	2,7	
	Campinas	0-30	10,9	0,1	3,4	2,3	
				cm			
	Altura da planta (cm)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	120,3	67,0	102,4	96,4
			30-60	99,0	54,6	83,1	80,3
Capão Bonito (gleba B)		0-30	123,9	68,3	97,5	94,1	
		30-60	109,2	62,8	81,2	69,0	
Assis		0-30	129,5	76,3	111,9	101,7	
		30-60	119,0	60,3	101,0	80,5	
Florínea		0-30	128,6	69,4	109,1	96,0	
		30-60	112,0	46,8	78,0	78,9	
Itararé		0-30	100,5	24,4	59,4	66,6	
		30-60	78,3	21,7	71,7	50,8	
Campinas		0-30	106,4	19,5	45,8	43,2	

QUADRO 5. Estimativas das médias do número de espigas por planta e de espiguetas por espiga dos pais e dos híbridos F_1 e F_2 do cruzamento 'C-3' (P_1) x 'Siete Cerros' (P_2), cultivados em onze grupos de solos de diferentes locais e profundidades de amostragem

Caráter	Local	Profundidade de amostra- gem do solo	Tratamentos			
			P_1	P_2	F_1	F_2
		cm	nº			
Espigas/ /planta (nº)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	18,9	5,0	4,1	6,2
		30-60	5,9	2,1	5,4	5,1
	Capão Bonito (gleba B)	0-30	9,9	7,5	4,0	5,3
		30-60	7,7	3,5	4,9	4,1
	Assis	0-30	11,1	6,8	8,0	6,7
		30-60	9,0	3,3	7,9	4,9
	Florínea	0-30	10,0	5,0	8,8	6,3
		30-60	9,2	2,6	4,5	4,7
	Itararé	0-30	3,6	1,5	1,6	3,1
		30-60	4,0	1,2	3,2	2,6
	Campinas	0-30	8,6	1,0	3,0	2,4
Espiguetas/ /espiga (nº)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	22,4	15,3	20,0	18,1
		30-60	14,9	7,1	13,5	12,0
	Capão Bonito (gleba B)	0-30	22,6	16,8	20,5	19,7
		30-60	18,9	8,3	9,7	10,8
	Assis	0-30	22,3	16,8	20,3	18,9
		30-60	20,9	9,8	14,2	12,2
	Florínea	0-30	22,7	16,8	21,1	19,5
		30-60	17,7	9,7	12,3	12,1
	Itararé	0-30	15,4	7,7	8,1	9,4
		30-60	10,1	6,5	11,7	9,4
	Campinas	0-30	19,3	7,3	6,9	8,2

QUADRO 6. Estimativas das médias do número de grãos por espiga e do número de grãos por espigueta dos pais e dos híbridos F_1 e F_2 , do cruzamento 'C-3' (P_1) x 'Siete Cerros' (P_2), cultivados em onze grupos de solos de diferentes locais e profundidades de amostragem

Caráter	Local	Profundidade de amostragem do solo	Tratamentos				
			P_1	P_2	F_1	F_2	
		cm	n°				
Grãos/ /espiga (n°)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	61,4	46,8	58,3	58,2	
		30-60	33,9	16,5	50,6	35,6	
	Capão Bonito (gleba B)	0-30	54,4	61,8	72,6	58,6	
		30-60	58,8	24,5	31,9	28,4	
	Assis	0-30	62,5	66,3	74,0	60,7	
		30-60	55,6	41,0	51,4	35,4	
	Florínea	0-30	59,8	45,8	69,4	59,1	
		30-60	52,3	23,5	38,6	35,8	
	Itararé	0-30	34,8	4,1	11,5	20,8	
		30-60	25,8	2,0	30,2	16,7	
	Campinas	0-30	49,0	0,8	11,1	10,2	
	Grãos/ /espigueta (n°)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	2,75	3,07	2,91	3,22
			30-60	2,26	2,24	3,80	2,98
Capão Bonito (gleba B)		0-30	2,40	3,69	3,55	2,97	
		30-60	3,12	2,93	3,28	2,59	
Assis		0-30	2,81	3,96	3,65	3,22	
		30-60	2,67	4,21	3,60	2,90	
Florínea		0-30	2,62	2,72	3,28	3,03	
		30-60	2,99	2,43	3,19	2,98	
Itararé		0-30	2,20	0,46	1,36	2,21	
		30-60	2,57	0,31	2,53	1,70	
Campinas		0-30	2,43	0,10	1,25	1,23	

QUADRO 7. Estimativas das médias do peso de cem grãos e do comprimento da espiga dos pais, e dos híbridos F_1 e F_2 do cruzamento 'C-3' (P_1) x 'Siete Cerros' (P_2), cultivados em onze grupos de solos de diferentes locais e profundidades de amostragem

Caráter	Local	Profundidade de amostragem do solo	Tratamentos				
			P_1	P_2	F_1	F_2	
		cm	g				
Peso de cem grãos (g)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	3,58	3,48	4,02	4,01	
		30-60	3,02	3,06	3,65	3,61	
	Capão Bonito (gleba B)	0-30	2,87	2,71	4,08	3,41	
		30-60	3,35	3,16	3,26	3,32	
	Assis	0-30	3,65	3,26	4,43	4,14	
		30-60	3,78	3,60	3,96	3,67	
	Florínea	0-30	3,66	3,85	4,15	3,97	
		30-60	3,23	2,73	3,86	3,74	
	Itararé	0-30	3,24	2,37	3,34	3,15	
		30-60	3,28	1,38	2,91	2,77	
	Campinas	0-30	3,10	1,56	2,48	2,36	
				cm			
	Comprimento da espiga (cm)	Capão Bonito (gleba A)	0-30	13,3	7,8	11,3	10,5
			30-60	8,8	4,4	8,8	7,5
Capão Bonito (gleba B)		0-30	13,2	8,9	12,4	11,6	
		30-60	11,4	6,0	6,8	6,7	
Assis		0-30	14,3	8,8	12,4	11,1	
		30-60	12,4	6,3	9,2	7,7	
Florínea		0-30	13,9	8,4	12,0	11,3	
		30-60	11,8	5,2	8,0	7,7	
Itararé		0-30	9,0	3,3	4,8	5,8	
		30-60	6,8	2,8	6,9	5,0	
Campinas		0-30	11,7	2,8	4,1	4,3	

Os resultados obtidos mostram que o cultivar C-3 foi mais produtivo que o Siete Cerros em todos os solos estudados.

O cultivar 'C-3' é tolerante ao alumínio, enquanto 'Siete Cerros' é altamente sensível, em condições de soluções nutritivas (2). Esses resultados foram confirmados no presente trabalho pelas produções muito baixas do 'Siete Cerros', quando colocado em solos que continham altos teores de alumínio associados ao baixo valor do pH e a reduzidas quantidades de bases. Nessas mesmas condições, o 'C-3' mostrou redução de produção, porém, comparativamente ao 'Siete Carros', mostrou-se tolerante.

Verificou-se também que, em solos ácidos, com altos teores de alumínio, as plantas sensíveis a essas condições apresentaram acentuada redução na altura, no número de espigas por planta e de espiguetas por espiga, na fertilidade das flores, indicada pela significativa redução do número de grãos por espiga e espiguetas, e no comprimento da espiga. Redução menos acentuada foi observada no peso de cem grãos.

Os resultados obtidos sugeriram que houve diferenças expressivas para a maioria dos caracteres estudados em relação à profundidade do solo de uma mesma localidade, evidenciando que a seleção de plantas tolerantes às condições de solo ácido é de grande relevância, pois a camada do solo abaixo da arável, em geral, mostrou pouca disponibilidade de bases e maiores teores de alumínio. Essas considerações adquirem importância, principalmente por desenvolver-se a triticultura em época seca, necessitando absorver nutrientes e água das camadas inferiores do solo na maior parte do seu ciclo, além de que o excesso de alumínio paralisa o crescimento das raízes do trigo.

Os coeficientes de herdabilidade no sentido amplo para os oito caracteres agrônômicos estudados do cruzamento C-3 x Siete Cerros, quando os diferentes genótipos foram cultivados em vasos contendo solos de Assis e de Itararé, coletados na profundidade de 0-30cm, encontram-se no quadro 8.

QUADRO 8. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo (H_{BS}) para os caracteres agrônômicos estudados em híbridos do cruzamento 'C-3' x 'Siete Cerros' cultivados em solo da Fazenda Canadá, em Assis, e da Estação Experimental de Itararé, coletados na profundidade de 0-30cm

Caracteres	Assis (H_{BS})	Itararé (H_{BS})
Produção de grãos	0,163	0,852
Altura da planta	0,781	0,618
Espigas/planta	0,117	0,501
Espiguetas/espiga	0,862	0,191
Grãos/espiga	0,361	0,539
Grãos/espiguetas	0,380	0,766
Peso de cem grãos	0,133	0,484
Comprimento da espiga	0,241	0,444

No solo de Assis, que apresentou pH acima de 6,0, alta concentração de Ca, Mg e K, média disponibilidade de fósforo e praticamente nenhuma disponibilidade de Al^{3+} , foram estimados altos valores do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo para altura da planta e número de espiguetas por espiga; valores médios para o número de grãos por espiga e por espiguetas, e valores baixos para os demais caracteres: produção de grãos, número de espigas por planta, peso de cem grãos e comprimento da espiga, mostrando que grande parte da variação total encontrada na população F_2 , nessas condições, foi devida ao ambiente.

Considerando os valores estimados do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo para o solo de Itararé, com pH 4,6, baixa concentração de Ca, Mg e K, reduzida disponibilidade de fósforo e altos teores de Al^{3+} , verificaram-se altos índices para a produção de grãos, altura da planta, número de espigas por planta, de grãos por espiga e por espiguetas, peso de cem grãos e comprimento da espiga, e valor baixo para o número de espiguetas por espiga. Como existe nítida associação entre a maioria dos caracteres estudados com a tolerância ao alumínio, já mencionada, e sendo a tolerância a esse elemento no cultivar C-3, monogênica e dominante (2), com herdabilidade estimada como de valor alto (2), a herdabilidade para determinados caracteres foi mais alta nas condições de solo ácido, contendo bastante alumínio livre, devido, provavelmente, a maiores contrastes apresentados por plantas tolerantes e sensíveis.

Os resultados sobre as correlações fenotípica, ambiente e genética entre a produção de grãos por planta e sete outros caracteres agrônômicos em condições de vasos com solos de Assis e Itararé, encontram-se nos quadros 9 e 10.

QUADRO 9. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, ambiente e genética, entre a produção de grãos por planta e sete outros caracteres agrônômicos em híbridos derivados do cruzamento 'C-3' x 'Siete Cerros', cultivados em solo da Fazenda Canadá, em Assis, referente à profundidade de 0-30cm

Caráter correlacionado com a produção de grãos	Coeficientes de correlação (r)		
	Fenotípica	Ambiente	Genética
Altura da planta	0,466**	0,901**	0,224
Espigas/planta	0,892**	0,959**	0,500
Espiguetas/espiga	0,614**	0,862**	0,856
Grãos/espiga	0,516**	0,728	-0,068
Grãos/espiguetas	0,276*	0,685	-0,873
Peso de cem grãos	-0,124	-0,547	>1,00
Comprimento da espiga	0,577**	0,839*	-0,463

* Significativo ao nível de 5%.

** Significativo ao nível de 1%.

QUADRO 10 — Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, ambiente e genética entre a produção de grãos por planta e sete outros caracteres agrônômicos em híbridos derivados do cruzamento 'C-3' x 'Siete Cerros', cultivados em solo da Estação Experimental de Itararé, referente à profundidade de 0-30cm

Caráter correlacionado com a produção de grãos	Coeficientes de correlação (r)		
	Fenotípica	Ambiente	Genética
Altura da planta	0,730**	0,900**	0,710
Espigas/planta	0,932**	0,316	>1,00
Espiguetas/espiga	0,292	0,908**	-0,055
Grãos/espiga	0,726**	0,891**	0,727
Grãos/espigueta	0,695**	0,465	0,753
Peso de cem grãos	0,507**	0,012	0,785
Comprimento da espiga	0,721**	0,943**	0,733

* Significativo ao nível de 5%.

** Significativo ao nível de 1%.

Os coeficientes de correlação fenotípica, obtidos quando se empregou solo de Assis, entre a produção de grãos e a altura da planta, número de espigas por planta, de espiguetas por espiga, de grãos por espiga e comprimento da espiga, foram altamente significativos; a correlação entre a produção de grãos com o número de grãos por espigueta foi significativa ao nível de 5%, e não houve associação fenotípica significativa entre a produção de grãos e o peso de grãos. Os resultados sobre as correlações genéticas sugerem que, para este solo sem teor detectável de alumínio tóxico, haveria tendência de plantas mais produtivas permanecerem associadas nas progêneses híbridas com plantas altas ($r = 0,224$), apresentando maior número de espigas por planta ($r = 0,500$), maior número de espiguetas por espiga ($r = 0,856$) e grãos mais pesados ($r > 1,00$). Os resultados também sugerem que a seleção feita nessas condições para maior número de grãos por espigueta e espigas mais longas poderá influir negativamente na produção de grãos por planta ($r = -0,873$ e $r = -0,463$ respectivamente. Quanto ao número de grãos por espigueta, houve concordância com os resultados obtidos no ensaio utilizando solo corrigido e adubado.

As correlações fenotípicas, empregando-se solo de Itararé, entre a produção de grãos e sete caracteres agrônômicos foram positivas e altamente significativas, com exceção para o número de espiguetas por espiga, cuja correlação foi significativa, ao nível de 5%. As correlações genéticas calculadas sugerem que as plantas mais produtivas e, conseqüentemente, adaptadas às condições de solo ácido e, em particular, apresentando tolerância ao alumínio, tenderam a produzir plantas altas, com maior número de espigas por planta, grande número de grãos por espiga e por espigueta, grãos mais pesados e provenientes de espigas

mais longas. Como a produção de grãos está altamente associada a plantas altas, nessas condições, para a obtenção de seleções portadoras de porte baixo ou intermediário, com tolerância ao alumínio e apresentando grande potencial de produção, haveria necessidade de grandes populações F_2 para assegurar maior frequência dos genótipos desejáveis.

4. CONCLUSÕES

a) Os cultivares C-3 e Siete Cerros apresentaram largo espectro de diversidade genética para altura da planta; número de espigas por planta, de espiguetas por espiga, de grãos por espiga e por espiguetas; comprimento da espiga e tolerância às condições de solo ácido, especialmente à presença de altos níveis de Al^{3+} .

b) Nos solos ácidos, com altos teores de alumínio, as plantas sensíveis a essas condições apresentaram acentuada redução na produção de grãos, na altura, no número de espigas por planta e de espiguetas por espiga, no comprimento das espigas e na fertilidade das flores, evidenciada pela significativa diminuição do número de grãos por espiga e por espiguetas.

c) Dentro de uma mesma localidade, a profundidade superior à da camada arável influenciou negativamente a expressão dos caracteres agronômicos estudados, devido a maior ocorrência de alumínio, baixos teores de bases e fósforo, evidenciando que a seleção para tolerância às condições de solo ácido é de vital importância para a cultura do trigo.

d) Na presença de solo da camada arável procedente de Assis, onde havia alta disponibilidade de bases, média disponibilidade de fósforo, pH superior a 6,0 e praticamente nenhuma disponibilidade de Al^{3+} , as plantas mais produtivas da população F_2 tenderam a permanecer associadas com plantas altas, apresentando maior número de espigas por planta e de espiguetas por espiga e grãos mais pesados. A seleção feita nessas condições para maior número de grãos por espiguetas e espigas mais longas poderá influir negativamente na produção de grãos por planta nas progênes segregantes.

e) Na presença de solo da camada arável procedente de Itararé, apresentando pH 4,6, baixa concentração de bases, reduzida disponibilidade de fósforo e altos teores de alumínio, as correlações genéticas estimadas sugerem que as plantas mais produtivas e, conseqüentemente, mais tolerantes às condições de solo ácido da geração F_2 , do cruzamento C-3 x Siete Cerros, estavam associadas às plantas altas, com maior número de espigas por planta, grande número de grãos por espiga e por espiguetas, grãos mais pesados e provenientes de espigas mais longas.

SUMMARY

WHEAT BREEDING:
VII. HERITABILITY AND CORRELATION COEFFICIENTS
BETWEEN AGRONOMIC CHARACTERS IN HYBRID
POPULATIONS OF WHEAT IN DIFFERENT SOILS OF
THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

The wheat cultivars C-3 and Siete Cerros were crossed. Parents, F_1 , F_2 and backcrosses to both parents were planted in a pot experiment containing high fertility soil carried out at Campinas Experimental Center. All data were determined on an individual plant basis. Broad and narrow sense heritabilities were estimated for eight agronomic characters as well as phenotypic and environmental correlations between plant grain yield and the other seven characters. Genetic correlations showed that high yield plants were positively correlated with plant height ($r = 0.377$), number of spikes per plant ($r = 0.919$), number of spikelets per spike ($r = 0.219$) and with 100-grain-weight ($r = 0.814$). Selections in the progenies, for high number of kernels per spike and per spikelet may not succeed and can affect grain yield negatively. The parents, F_1 and F_2 were also planted in pots containing soils from 5 different locations belonged to the wheat area of the State of São Paulo, taken at two different depths. Pots were filled up with soil from the top layer (0-30cm) of each location and with soil from 30cm to 60cm depth. Besides, a treatment with a soil from Campinas Experimental Station was included. The plants sensitive to acid conditions, with high aluminum concentration, presented a significant reduction in grain yield, plant height, number of spikes per plant, number of spikelets per spike and per spikelet. When a top soil was used, from Canadá Farm, Assis, showing pH above 6.0, high amounts of Ca, Mg and K and no presence of Al, the genetic correlation coefficients were positive between grain yield and plant height ($r = 0.224$), number of spikelets per spike ($r = 0.856$), number of spikes per plant ($r = 0.500$), and 100-grain-weight ($r > 1.00$). Negative correlations were found between grain yield and number of grain per spike ($r = -0.068$) and per spikelet ($r = -0.873$) and with head length ($r = -0.463$). When a top layer soil was used, from Itararé Experimental Station, presenting pH equal 4.6, low Ca, Mg, K and P concentrations, the results showed that the high grain yield plants (and consequently more tolerant to Al^{3+}) were associated with tall plants ($r = 0.710$), presenting high number of spikes per plant ($r > 1.00$), high number of grain per spike ($r = 0.727$) and spikelet ($r = 0.753$), heavy kernels ($r = 0.785$) and long heads ($r = 0.733$). To develop short or median height plants from the cross presenting acid soil tolerance and high yield potential, it would be necessary to plant larger F_2 populations to ensure a sufficient frequency of desired recombinants.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRIGGS, F.N. & KNOWLES, P.F. Introduction to plant breeding. Davis, Reinhold Publishing Corporation, 1977. 426p.
2. CAMARGO, C.E. de O. Melhoramento do trigo. VI. Hereditariedade da tolerância a três concentrações de alumínio em solução nutritiva. Bragantia, Campinas, 43(2):279-291, 1984.
3. FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. New York, Ronald Press, 1960. 365p.
4. FONSECA, S. & PATTERSON, F.L. Yield components, heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science, 8:614-617, 1968.

5. JOHNSON, V.A.; BLEVER, K.J.; HAUNOLD, A.; SCHMIDT, J.N. 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*, **6**:336-338, 1966.
6. KETATA, H.; EDWARDS, L.H.; SMITH, E.L. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. *Crop Science*, **16**:19-22, 1976.