

MELHORAMENTO DO TRIGO: XIV. CORRELAÇÕES ENTRE A TOLERÂNCIA À TOXICIDADE A DOIS NÍVEIS DE ALUMÍNIO E ALTURA DAS PLANTAS COM OUTROS CARACTERES AGRONÔMICOS EM TRIGO (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2, 3)

RESUMO

Visando estimar as correlações entre a altura das plantas com sete caracteres agronômicos e aquelas entre a tolerância a 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} em solução nutritiva com produção de grãos, altura das plantas e número de grãos por espiguetas, foram efetuados, no Centro Experimental de Campinas, em 1983, cruzamentos entre o cultivar de trigo BH-1146, com Siete Cerros e Tobari-66. Plântulas representando os pais e as gerações F1 e F2 foram testadas para a reação a 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} em solução nutritiva no laboratório. As plântulas, devidamente identificadas, foram transplantadas em número de quatro por vaso, empregando-se no total 164 vasos dispostos em quatro blocos ao acaso. Os dados referentes à produção de grãos e a outros caracteres agronômicos foram obtidos de plantas individuais em 1984. Os valores da herdabilidade no sentido restrito para comprimento da espiga, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas e número de espigas por planta foram de 0,79; 0,75; 0,73 e 0,68

(1) Com recursos complementares do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, por meio do Instituto Agronômico. Trabalho apresentado na XIV Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Londrina (PR), julho de 1986. Recebido para publicação em 22 de agosto de 1986.

(2) Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001 Campinas (SP).

(3) Com bolsa de suplementação do CNPq.

respectivamente, e de 0,58; 0,53 e 0,50 para número de espiguetas por espiga, altura das plantas e peso de cem grãos respectivamente. Para produção de grãos, o valor estimado foi de 0,38. Nas populações estudadas, a altura das plantas foi correlacionada com todos os caracteres agrônômicos estudados, com exceção de número de grãos por espiguetas e peso de cem grãos na população BH-1146 x Tobari-66. A tolerância ao alumínio não foi associada com altura das plantas, número de grãos por espiguetas e produção de grãos (com exceção da população BH-1146 x Tobari-66, quando se utilizou a concentração de 3 mg/litro de Al^{3+}), sugerindo ser possível selecionar plantas que combinam a tolerância ao Al^{3+} , porte semi-anão e alto potencial produtivo para serem cultivadas nos solos ácidos. Entretanto, grandes populações F2 seriam necessárias para assegurar a frequência dos recombinantes desejáveis.

Termos de indexação: trigo, herdabilidade, altura das plantas, produção de grãos, toxicidade de alumínio, tolerância.

1. INTRODUÇÃO

A cultura de trigo é plantada no Estado de São Paulo, em sequeiro, no Vale do Paranapanema e na região Sul. Nessas condições de plantio, para desenvolver todo o potencial de exploração de água e nutrientes, suas plantas precisam de condições de solo favoráveis ao desenvolvimento radicular, especialmente em relação à acidez do solo, por se tratar de uma espécie muito sensível à toxicidade de alumínio, embora existam diferenças marcantes entre cultivares (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981; CAMARGO et al., 1981; CAMARGO, 1983; KERRIDGE et al., 1971 e LAFEVER et al., 1977).

O alumínio nas camadas superficiais dos solos ácidos pode ser precipitado pela calagem, porém, no subsolo, pode permanecer solúvel e tóxico às plantas, mesmo depois da calagem, que geralmente é feita na camada de solo que atinge no máximo 0,30 m de profundidade. Nos solos corrigidos por essa prática, o excesso de alumínio trocável ou solúvel no subsolo pode restringir o crescimento das raízes dos cultivares de trigo sensíveis ao alumínio somente para as camadas superficiais que receberam calagem, deixando as plantas mais sensíveis à seca pelo seu impedimento em obter água nas camadas mais profundas (FOY et al., 1965).

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

Trabalhos desenvolvidos por CAMARGO et al. (1980) mostraram que seria possível selecionar plantas de trigo que combinassem tolerância ao alumínio e porte semi-anão, necessitando, entretanto, grandes populações híbridas em geração F₂.

A estimativa da herdabilidade é um instrumento valioso na previsão do progresso genético que segue um programa de seleção para determinado caráter (KETATA et al., 1976).

O estudo das correlações entre caracteres agronômicos de uma população híbrida permite saber se tais caracteres são dependentes ou independentes, isto é, se tendem ou não em permanecer associados nas progênies durante os sucessivos ciclos de seleção (JOHNSON et al., 1966).

O presente trabalho tem por objetivo estudar a herdabilidade em sentido restrito para oito caracteres agronômicos, e as associações entre a tolerância a 1 e 3 mg/litro de Al³⁺ em solução nutritiva e a altura das plantas com produção de grãos e outros caracteres agronômicos, a partir de populações híbridas de trigo originárias de cruzamentos entre um cultivar de porte alto e tolerante ao alumínio e dois cultivares de porte baixo e sensíveis ao alumínio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados os seguintes cultivares: BH-1146 (P₁), Tobari-66 (P₂) e Siete Cerros (P₃). O 'BH-1146', de porte alto, é tolerante à toxicidade de alumínio, e 'Tobari-66' e 'Siete Cerros' são de porte semi-anão e respectivamente moderadamente sensível e sensível à toxicidade de alumínio (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981).

Foram obtidas as sementes F₁ e F₂ dos cruzamentos 'BH-1146' x 'Tobari-66' (P₁ x P₂) e 'BH-1146' x 'Siete Cerros' (P₁ x P₃). Os pais, F₁s e F₂s, foram testados para a tolerância a 1 e 3 mg/litro de alumínio em solução nutritiva no laboratório, conforme método já publicado (CAMARGO, 1984). As concentrações de Al³⁺ foram escolhidas baseadas em estudos anteriores, que mostraram ser esses níveis eficientes para a separação de plantas tolerantes e sensíveis ao Al³⁺ (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981).

Foram utilizadas duas repetições por concentração de Al³⁺ nas soluções. Em cada repetição, foram escolhidas vinte sementes uniformes de cada cultivar utilizado como genitor, doze sementes de cada cruzamento em geração F₁ e quarenta em geração F₂.

As plântulas, após cultivadas em soluções de tratamento contendo 1 e 3 mg/litro por 48 horas, foram removidas para soluções nutritivas completas, onde cresceram por 72 horas. Avaliou-se a tolerância à toxicidade de Al³⁺ pelo cresci-

mento da raiz (mm), que foi determinado medindo-se o comprimento da raiz primária central de cada plântula no final das 72 horas na solução nutritiva completa e subtraindo de seu comprimento no final de crescimento na solução de tratamento contendo Al^{3+} .

Após a medição das raízes, as plântulas foram transferidas para vasos cheios de solo adubado sem alumínio trocável, localizados no telado contra o ataque de pássaros no Centro Experimental de Campinas. As plântulas, devidamente identificadas quanto à tolerância a 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} em solução nutritiva, foram plantadas em número de quatro por vaso, equidistantes uma da outra.

O delineamento estatístico empregado foi o de blocos ao acaso com sete tratamentos, os quais incluem os três pais, os dois F1s e os dois F2s, com quatro repetições. As duas primeiras repetições foram constituídas das plantas testadas em soluções de tratamento contendo 1 mg/litro de Al^{3+} , e as duas repetições restantes, das plantas testadas em soluções contendo 3 mg/litro de Al^{3+} . Cada repetição foi formada por cinco vasos de cada genitor, três vasos de cada híbrido em geração F1, e dez vasos de cada híbrido em geração F2. O conjunto das quatro repetições foi constituído de 164 vasos de plástico preto, de aproximadamente 25 cm de altura e 20 cm de diâmetro. Os vasos foram distribuídos distantes um do outro na linha de 10 cm e entre linhas de 40 cm. Plantou-se uma linha adicional de vasos contornando o experimento, visando minimizar os efeitos de bordadura.

Os dados coletados na base de plantas individuais, no laboratório e em condições de telado, foram os seguintes:

Tolerância ao alumínio – Considerada como o comprimento, em milímetro, da raiz primária central em 72 horas na solução nutritiva completa, após um tratamento de 48 horas em solução nutritiva contendo 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} .

Altura da planta – Medida, em centímetro, do nível do solo ao ápice das espigas, excluindo as aristas.

Espigas por planta – Considerando apenas 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 centímetro, da espiga do colmo principal, excluindo as aristas.

Espiguetas – Computado o número de espiguetas do colmo principal.

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

Grãos por espiguetas – Número resultante da divisão do total de grãos da espiga principal pelo total de espiguetas da mesma espiga.

Peso de cem grãos – Peso, em gramas, de cem grãos coletados ao acaso na produção total da planta.

A média de cada genótipo, em cada repetição, foi usada na análise de variância, cujos efeitos de geração foram divididos em componentes para detectar diferenças dentro e entre gerações. A estimativa da herdabilidade em sentido restrito foi calculada pela regressão da média dos F₂s em cada repetição sobre a média dos respectivos F₁s, na mesma repetição, segundo FALCONER (1960). Foi calculado o coeficiente de determinação pela correlação entre a média dos F₂s e F₁s correspondentes (FALCONER, 1960).

As correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais foram usadas para estimar o grau de associação entre a altura das plantas e sete outros caracteres agronômicos para cada uma das duas populações (P₁ x P₂ e P₁ x P₃). Foram também calculadas as correlações fenotípicas e ambientes entre tolerância a 1 e 3 mg/litro de alumínio e produção de grãos, altura das plantas e número de grãos por espiguetas. As correlações usando dados de F₁ foram consideradas ambientes e aquelas com dados de F₂, fenotípicas, sendo as correlações genéticas, calculadas pela seguinte fórmula:

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

onde:

r_F : correlação fenotípica entre os caracteres x e y;

r_G : correlação genotípica entre x e y;

r_A : correlação ambiente entre x e y;

H: herdabilidade em sentido restrito com índice x e y de acordo com o caráter, e

E: 1 – H, também com índices de acordo com o caráter (FALCONER, 1960).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios das análises de variância para os comprimentos médios das raízes dos sete genótipos de trigo, medidos após 72 horas de crescimento em soluções nutritivas completas, seguidos de um pré-crescimento de 48 horas em soluções nutritivas de tratamento contendo 1 e 3 mg/litro de Al³⁺, encontram-se no quadro 1. Os quadrados médios das análises de variância para comprimento da espiga, número de espiguetas e de grãos por espiga, peso de cem grãos, número de grãos por espiguetas, altura das plantas, número de espigas por planta e produção de grãos, encontram-se no quadro 2 e, as médias de cada genótipo, para cada um dos caracteres estudados, no quadro 3.

QUADRO 1. Quadrados médios do comprimento médio das raízes de diferentes genótipos de trigo medidos após 72 horas de crescimento em soluções nutritivas completas que se seguiram a um crescimento de 48 horas em soluções nutritivas de tratamento contendo 1 e 3 mg/litro de Al^{3+}

Causas de variação	G.L.	Comprimento da raiz	
		1 mg/litro de Al^{3+}	3 mg/litro de Al^{3+}
Repetições	1	51,68	0,04
Genótipos	6	3215,06**	503,57**
Entre gerações	2	1723,96*	71,22
Dentro de gerações	4	3960,61**	719,75**
Pais	2	7872,78**	1405,85**
F1 s	1	19,36	34,22
F2 s	1	77,44	33,06
Pais x rep.	2	0,99	3,02
F1 s x rep.	1	125,44	10,56
F2 s x rep.	1	86,49	3,06
Entre ger. x rep.	2	45,65	15,15
Dentro de ger. x rep.	4	53,46	4,92
Genótipos x rep.	6	50,86	8,33
Total	13		

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F. ** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

QUADRO 2. Quadrados médios da produção média de grãos e sete caracteres agrônômicos de diferentes genótipos de trigo plantados em condição de vasos no telado contra pássaros, localizado no Centro Experimental de Campinas

Causas de variação	G.L.	Compr.	Espiguetas/	Grãos/	Peso de	Grãos/	Altura	Espigas/	Produção
		espiga	/espiga	/espiga	cem grãos	/espiguetas	planta	/planta	grãos
		cm	nº	nº	g	nº	cm	nº	g
Repetições	3	0,190	0,100	18,00	0,133	0,044	126,93**	1,168**	7,30*
Genótipos	6	0,337*	3,856**	203,33**	1,132**	0,708**	503,73**	0,818**	2,77
Entre gerações	2	0,205	6,044**	18,22	1,547**	0,282*	763,25**	1,425**	2,44
Dentro de gerações	4	0,403*	2,763**	295,89**	0,924**	0,922**	373,97**	0,515	2,94
Pais	2	0,700	4,938*	391,15**	1,821**	1,489**	682,41**	0,660	4,12
F1 s	1	0,020	0,125	134,46*	0,038	0,312*	124,03	0,280	0,84
F2 s	1	0,180**	1,051	266,81**	0,015	0,396*	7,03**	0,450	2,67*
Pais x rep.	6	0,152	0,688	5,81	0,063	0,021	8,61	0,165	2,36
F1 s x rep.	3	0,093	0,168	7,75	0,028	0,014	18,57	0,497	2,46
F2 s x rep.	3	0,003	0,511	5,48	0,005	0,014	0,12	0,100	0,17
Entre ger. x rep.	6	0,175	0,380	23,59	0,088	0,038	10,72	0,103	2,37
Dentro de ger. x rep.	12	0,099	0,514	6,21	0,040	0,017	8,98	0,232	1,83
Genótipos x rep.	18	0,124	0,469	12,00	0,056	0,024	9,56	0,189	2,01
Total	27								

* Significativo a 5% pelo teste F. ** Significativo a 1% pelo teste F.

QUADRO 3. Médias e diferenças mínimas significativas para o comprimento médio das raízes após 72 horas de crescimento em soluções nutritivas completas que se seguiu a um crescimento de 48 horas em soluções nutritivas de tratamento contendo 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} , para produção média de grãos e para sete caracteres agrônômicos estudados no ensaio plantado em condição de vaso no telado contra pássaros localizado no Centro Experimental de Campinas

Genótipos	Comprimento da raiz		Compr. espiga	Espiguetas/espiga	Grãos/espiga	Peso de cem grãos	Grãos/espiguetas	Altura planta	Espigas/planta	Produção grãos
	1 mg/litro de Al^{3+}	3 mg/litro de Al^{3+}								
	mm	mm	cm	nº	nº	g	nº	cm	nº	g
BH-1146 (P1)	124,0	52,3	9,7	20,3	44,2	4,71	2,16	101,8	6,5	10,40
Tobari-66 (P2)	78,9	18,3	9,0	18,1	47,8	3,77	2,65	81,1	6,3	8,37
Siete Cerros (P3)	0,0	0,0	9,8	18,6	62,8	3,40	3,38	77,6	5,7	9,50
d.m.s. (5%)	5,8	10,2	0,9	1,8	5,2	0,55	0,31	6,4	0,9	3,33
P1 x P2 (F1)	96,8	17,4	9,2	19,9	44,9	4,80	2,25	98,9	5,6	9,96
P1 x P3 (F1)	101,2	23,2	9,3	20,1	53,1	4,67	2,64	106,8	5,2	10,61
d.m.s. (5%)	142,0	41,4	0,7	0,9	6,3	0,36	0,26	9,7	1,6	3,53
P1 x P2 (F2)	104,1	31,5	9,4	20,2	44,1	4,50	2,22	99,5	6,1	8,71
P1 x P3 (F2)	95,3	25,8	9,7	20,9	55,6	4,41	2,67	101,3	5,6	9,86
d.m.s. (5%)	118,0	27,6	0,1	1,6	5,3	0,15	0,27	0,8	0,7	0,93

Aplicando-se o teste de Tukey a 5% para a comparação entre o comprimento da raiz, após um período de 72 horas em solução nutritiva completa, que se seguiu a um crescimento de 48 horas em soluções contendo 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} , verificou-se que o 'Siete Cerros' foi sensível a essas concentrações de Al^{3+} , diferindo significativamente dos cultivares tolerantes BH-1146 e Tobari-66, que, por sua vez, diferiram entre si, sendo 'BH-1146' muito mais tolerante, conforme dados já obtidos por CAMARGO & OLIVEIRA (1981), o que vem provar a hipótese inicial. Não foram detectadas diferenças significativas entre híbridos em geração F1 e F2 em relação à tolerância ao Al^{3+} . Esses resultados evidenciam que o 'BH-1146' mostrou-se promissor em transmitir, para suas progênes, a característica "maior tolerância à toxicidade de Al^{3+} ", confirmando resultados anteriores revelando que 'BH-1146' possuía um par de genes dominantes para a tolerância ao Al^{3+} , que se mostrou eficiente mesmo em concentrações mais elevadas desse elemento, como 10 mg/litro nas soluções nutritivas (CAMARGO, 1981).

Em relação ao comprimento da espiga, não se encontraram diferenças significativas entre os pais e os F1s. O genótipo 'BH-1146' x 'Tobari-66' em geração F2 apresentou espigas mais compridas, diferindo significativamente do genótipo 'BH-1146' x 'Siete Cerros', em geração F2. Apesar dessa diferença significativa, verificou-se baixa variabilidade genética para esse caráter entre os pais utilizados, sugerindo reduzida possibilidade em selecionar plantas com espigas mais compridas do que os pais nas populações originárias dos híbridos entre eles.

O 'BH-1146' apresentou maior número de espiguetas por espiga, diferindo significativamente, porém, somente do 'Tobari-66'. Não houve diferenças significativas entre os F1s e os F2s em relação ao número de espiguetas por es-

piga, mostrando que 'BH-1146', em cruzamentos, foi promissor para transmitir a descendentes a característica "maior número de espiguetas por espiga".

Considerando o número de grãos por espiga, 'Siete Cerros' mostrou maior índice, diferindo significativamente dos outros dois. O híbrido 'BH-1146' x 'Siete Cerros' em gerações F1 e F2 diferiu do 'BH-1146' x 'Tobari-66', que apresentou o menor número de grãos por espiga. Como já foi observado em trabalhos anteriores (CAMARGO & OLIVEIRA, 1983, e CAMARGO, 1984), 'Siete Cerros' mostrou-se promissor para transmitir a descendentes a característica "maior número de grãos por espiga".

O 'BH-1146' foi o que apresentou grãos mais pesados, diferindo do 'Siete Cerros' e 'Tobari-66'. Entre os F1s e os F2s, não se observaram diferenças significativas em relação a esse parâmetro. Os resultados indicaram que o 'BH-1146' poderia ser utilizado como fonte de grãos mais pesados no programa de melhoramento genético, em virtude de se mostrar eficiente em transmitir essa característica às suas progênes.

Considerando o número de grãos por espiguetas, 'Siete Cerros' destacou-se, diferindo significativamente dos outros cultivares. O genótipo 'BH-1146' x 'Siete Cerros', em gerações F1 e F2, apresentou maior número de grãos por espiguetas do que o 'BH-1146' x 'Tobari-66', deles diferindo significativamente. 'Siete Cerros' apresentou grande potencial em transferir para suas progênes a característica "maior número de grãos por espiguetas", confirmando resultados obtidos por CAMARGO (1984).

Os cultivares Siete Cerros e Tobari-66 apresentaram-se como os de menor altura, não diferindo entre si, porém diferindo significativamente do 'BH-1146', que exibiu porte alto. Não foram detectadas diferenças entre os dois híbridos, em geração F1, em relação a esse parâmetro. O híbrido 'BH-1146' x 'Siete Cerros', em geração F2, teve as plantas mais altas, diferindo significativamente do híbrido BH-1146 x Tobari-66, em geração F2. Os dados obtidos sugerem que os genes para porte baixo, encontrados nos cultivares Siete Cerros e Tobari-66, têm um comportamento parcialmente recessivo, ao passo que os genes para porte alto, encontrados em 'BH-1146', apresentaram um comportamento parcialmente dominante. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por CAMARGO et al. (1980) e CAMARGO & OLIVEIRA (1983).

Os três cultivares não diferiram entre si em relação ao número de espigas por planta. Também não foram observadas diferenças significativas entre os F1s e F2s, em relação a esse parâmetro, existindo, portanto, pequena variabilidade genética para esse caráter nas populações estudadas.

Em relação à média de produção de grãos, não se detectaram diferenças significativas entre os cultivares pais, F1s e F2s, apesar de as médias das populações F1 serem superiores às médias de ambos os pais, evidenciando heterose para esse caráter. Esses resultados também foram obtidos por JOHNSON et al. (1966), CAMARGO & OLIVEIRA (1983) e CAMARGO (1984), que afirmaram

haver grande influência do ambiente sobre a produção de grãos de plantas individuais, mesmo dentro de condições de preciso espaçamento das plantas.

As estimativas da herdabilidade em sentido restrito (H_{NS}), derivadas de dados obtidos pela regressão dos F2s sobre as médias dos respectivos F1s, bem como os coeficientes de determinação (R^2) originários de dados obtidos pela correlação entre a média dos F2s e F1s correspondentes, para oito caracteres estudados, encontram-se no quadro 4.

Os valores da herdabilidade em sentido restrito, estimados para os caracteres agrônômicos estudados, com exceção da produção de grãos, variaram de 0,50 a 0,79, indicando que grande parte da variabilidade genética total está associada a uma ação aditiva de genes.

O valor significativo do coeficiente de determinação, calculado para número de grãos por espigeta, indicou que alta porcentagem da variabilidade observada para esse caráter nas progênies seria proveniente da variação encontrada nos pais, sugerindo que a seleção para esse caráter seria eficiente nas primeiras gerações segregantes. Para os demais caracteres, que apresentaram coeficientes de determinação baixos e não-significativos, as seleções poderiam ser efetuadas nas últimas gerações, quando o valor genético da progênie seria mais precisamente determinado.

As correlações ambientes (r_A), fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G), entre altura da planta e sete outros caracteres agrônômicos, para os cruzamentos entre 'BH-1146', de porte alto, e os dois cultivares mexicanos, de porte semi-anão, encontram-se no quadro 5.

QUADRO 4. Estimativas das herdabilidades em sentido restrito (H_{NS}) e dos coeficientes de determinação (R^2) para todos os caracteres agrônômicos estudados, derivados de dados obtidos nas gerações F1s e F2s de cruzamentos envolvendo o 'BH-1146', e os cultivares Tobarí-66 e Siete Cerros

Caráter	H_{NS}	R^2
Altura das plantas (cm)	0,53 ± 0,21	0,52
Produção de grãos (g)	0,38 ± 0,14	0,56
Comprimento da espiga (cm)	0,79 ± 0,24	0,65
Espiguetas/espiga (n^o)	0,58 ± 0,45	0,23
Grãos/espiga (n^o)	0,75 ± 0,26	0,58
Grãos/espiguetas (n^o)	0,73 ± 0,21	0,67*
Peso de cem grãos (g)	0,50 ± 0,17	0,58
Espigas/planta (n^o)	0,68 ± 0,22	0,62

* Significativo ao nível de 5%.

QUADRO 5. Correlações de ambiente (r_A) e fenotípicas (r_F) entre altura das plantas e outros caracteres agrônômicos para cruzamentos de trigo envolvendo o 'BH-1146' e os cultivares Tobari-66 e Siete Cerros

Caráter correlacionado com altura da planta		'BH-1146'	'BH-1146'
		x 'Tobari-66'	x 'Siete Cerros'
Comprimento da espiga	r_A	0,423**	0,311*
	r_F	0,292**	0,387
	r_G	0,245	0,446
Número de espiguetas/espiga	r_A	0,391**	0,257
	r_F	0,404**	0,217*
	r_G	0,414	0,186
Número de grãos/espiga	r_A	0,534**	0,260
	r_F	0,208*	0,498**
	r_G	0,040	0,647
Número de grãos/espiguetas	r_A	0,542**	0,073
	r_F	0,076	0,380**
	r_G	-0,185	0,565
Peso de cem grãos	r_A	0,874**	0,267
	r_F	0,040	0,216**
	r_G	-0,747	0,169
Produção de grãos	r_A	0,644**	0,443**
	r_F	0,239**	0,501**
	r_G	-0,237	0,582
Número de espigas/planta	r_A	0,561**	0,340*
	r_F	0,109	0,332**
	r_G	-0,181	0,332

* Significativo ao nível de 5%. ** Significativo ao nível de 1%.

Considerando a população BH-1146 x Tobari-66, verifica-se que as correlações fenotípicas entre altura da planta e comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga e produção de grãos, foram positivas e altamente significativas ao nível de 1%. A correlação fenotípica entre a altura da planta e o número de grãos por espiga foi positiva e significativa ao nível de 5%. Não se detectaram correlações fenotípicas significativas entre a altura da planta e número de grãos por espiguetas, peso de cem grãos e número de espigas por planta.

As correlações fenotípicas entre a altura da planta e os demais caracteres agrônômicos foram positivas e altamente significativas, ao nível de 1%, para a população BH-1146 x Siete Cerros, exceto entre a altura da planta e o número de espiguetas por espiga, que foi positiva e significativa ao nível de 5%.

No quadro 6, encontram-se as correlações ambientes (r_A) e fenotípicas (r_F) entre o comprimento da raiz medida após 72 horas em solução nutritiva completa, seguida de um tratamento de 48 horas em soluções nutritivas contendo 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} , e produção de grãos, altura das plantas e número de grãos por espiguetas (fertilidade da espiga), para os cruzamentos de trigo envolvendo o 'BH-1146', tolerante à toxicidade de Al^{3+} , e os cultivares Tobari-66 e Siete Cerros, moderadamente sensível e sensível respectivamente.

QUADRO 6. Correlações de ambiente (r_A) e fenotípicas (r_F) entre os comprimentos das raízes medidas após 72 horas em soluções nutritivas completas, seguidas de um tratamento de 48 horas em soluções contendo 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} com três outros caracteres agrônômicos envolvendo os cruzamentos entre o 'BH-1146' e os cultivares Tobari-66 e Siete Cerros

Caráter correlacionado com comprimento da raiz (1 mg/litro de Al^{3+})		'BH-1146' x 'Tobari-66'	'BH-1146' x 'Siete Cerros'
		Produção de grãos	r_A 0,629** r_F 0,003
Altura das plantas	r_A 0,666** r_F -0,136	0,161 0,009	
Número de grãos/espiguetas	r_A 0,378 r_F 0,001	-0,177 0,043	
Caráter correlacionado com comprimento da raiz (3 mg/litro de Al^{3+})		'BH-1146' x 'Tobari-66'	'BH-1146' x 'Siete Cerros'
		Produção de grãos	r_A 0,461** r_F 0,272*
Altura das plantas	r_A 0,433* r_F 0,172	0,101 0,152	
Número de grãos/espiguetas	r_A 0,334 r_F 0,216	-0,305 -0,012	

* Significativo ao nível de 5%. ** Significativo ao nível de 1%.

Nos cruzamentos estudados, a tolerância a 1 e 3 mg/litro de Al^{3+} não foi associada com produção de grãos (com exceção da correlação fenotípica no cruzamento BH-1146 x Tobari-66, usando-se a tolerância a 3 mg/litro de Al^{3+}), altura das plantas e número de grãos por espiguetas. Considerando essas correlações e que a altura das plantas foi associada significativamente com produção de grãos para as duas populações e a altura das plantas, associada significativamente com número de grãos por espiguetas para a população 'BH-1146' x 'Siete Cerros', verifica-se que haveria necessidade de grandes populações F2 para assegurar maior frequência dos recombinantes desejáveis, isto é, tolerantes ao alumínio, de porte semi-anão, com maior fertilidade da espiga, com alto potencial produtivo, que seriam adaptados à maioria dos solos ácidos existentes nas regiões tritícolas paulistas.

SUMMARY

WHEAT BREEDING: XIV. CORRELATIONS OF TOLERANCE TO TWO LEVELS OF ALUMINUM TOXICITY AND PLANT HEIGHT WITH OTHER AGRONOMIC CHARACTERISTICS IN WHEAT

The standard height and Al tolerant cultivar BH-1146 was crossed with semi-dwarf and Al sensitive cultivars Tobari-66 and Siete Cerros, in 1983. Parents, F1's and F2's were tested for their reaction to 1 and 3 mg/l of Al^{3+} in nutrient solution, in laboratory condition and evaluated for grain yield, plant height, number of spikes per plant, number of spikelets per spike, number of grains per spike, number of grains per spikelet, 100-grain-weight and spike length at maturity in an experiment using pots, under a screen house at Experimental Center of Campinas, State of São Paulo, Brazil, in 1984. Medium to high narrow sense heritability estimates were obtained for spike length, number of grains per spike, number of grain per spikelet and number of spikes per plant; and medium to low for other agronomic characteristics under study. Plant height was significantly correlated with all the agronomic characteristics under study, except number of grains per spikelet and 100-grain-weight in the 'BH-1146' x 'Tobari- 66' population. Tolerance to Al^{3+} toxicity was not associated with grain yield (except for the population from the cross BH-1146 x Tobari-66 using 3 mg/l of Al^{3+}), plant height and number of grain per spikelet. The results suggested that it is possible to select plant types that combine Al^{3+} tolerance, semi-dwarf height levels and high yield potential to be cultivated on aluminum acid soils. However, larger F2 populations would be required to ensure the frequency of desired recombinants.

Index terms: wheat, narrow sense heritability, plant height, aluminum toxicity, tolerance, grain yield, number of grain per spikelet.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, C.E.O. Efeito da temperatura da solução nutritiva na tolerância ao alumínio de cultivares de trigo. *Bragantia, Campinas*, **42**:51-63, 1983.
- . Melhoramento do trigo. I. Hereditariedade da tolerância à toxicidade do alumínio. *Bragantia, Campinas*, **40**:33-45, 1981.
- . Melhoramento do trigo. VIII. Associações entre produção de grãos e outros caracteres agrônômicos em populações híbridas envolvendo diferentes fontes de nanismo. *Bragantia, Campinas*, **43**(2):541-552, 1984.
- . Melhoramento do trigo. X. Estimativas da herdabilidade e correlações entre tolerância à toxicidade de alumínio e produção de grãos com outros caracteres agrônômicos em trigo. *Bragantia, Campinas*, **43**(2):615-628, 1984.
- ; FELÍCIO, J.C.; FREITAS, J.G.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; RAMOS, V.J. & PETTINELLI JÚNIOR, A. Adubação N, P, K e S para a cultura do trigo no Estado de São Paulo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 1., Londrina, 1985. 25p. (Mimeo)
- ; KRONSTAD, W.E. & METZGER, R.J. Parent-progeny regression estimates and associations of height level with aluminum toxicity and grain yield in wheat. *Crop Science*, **20**:355-358, 1980.
- & OLIVEIRA, O.F. Melhoramento do trigo. V. Estimativas da herdabilidade e correlações entre altura, produção de grãos e outros caracteres agrônômicos em trigo. *Bragantia, Campinas*, **42**:131-148, 1983.
- & ———. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia, Campinas*, **40**:21-31, 1981.
- ; ——— & LAVORENTI, A. Efeito de diferentes concentrações de sais em solução nutritiva na tolerância de cultivares de trigo à toxicidade de alumínio. *Bragantia, Campinas*, **40**:93-101, 1981.
- FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. New York, Ronald Press, 1960. 365p.
- FOY, C.D.; ARMIGER, W.H.; BRIGGLE, L.W. & REID, D.A. Differential aluminum tolerance to wheat and barley varieties in acid soils. *Agronomy Journal*, **57**:413-417, 1965.
- JOHNSON, V.A.; BIRVER, R.J.; HAUNOLD, A. & SCHMIDT, J.N. Inheritance of plant height and seed characteristics in a cross of hard red winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, **6**:336-338, 1966.
- KERRIDGE, P.C.; DAWSON, M.D. & MOORE, D.P. Separation of degrees of aluminum tolerance in wheat. *Agronomy Journal*, **63**:586-591, 1971.
- KETATA, H.; EDWARDS, L.H. & SMITH, E.L. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. *Crop Science*, **16**:19-22, 1976.
- LAFEVER, H.N.; CAMPBELL, L.G. & FOY, C.D. Differential response of wheat cultivars to Al. *Agronomy Journal*, **69**:563-568, 1977.