

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRIGO ORIUNDOS DE CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO E RADIAÇÃO GAMA NO ESTADO DE SÃO PAULO

C.E.O. CAMARGO^{1,5}; A. TULMANN NETO^{2,5}; A.W.P. FERREIRA FILHO¹; J.G. FREITAS^{1,5}, A. PETTINELLI JUNIOR³; J.L. CASTRO^{4,5}

¹Instituto Agronômico de Campinas, C.P. 28, CEP: 13001-970 - Campinas, SP

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, C.P. 96, CEP: 13400-970 - Piracicaba, SP

³Estação Experimental de Taubaté-IAC, C.P. 33, CEP: 18270-000 - Taubaté, SP

⁴Estação Experimental de Capão Bonito-IAC, C.P. 62, CEP: 18300-000 - Capão Bonito, SP

⁵Bolsista do CNPq

RESUMO: Foram comparadas entre si e com dois controles vinte e três linhagens hexaplóides originárias de seleções realizadas em população submetida à radiação gama (27,5 krad), em geração F₄, do cruzamento interespecífico entre BH-1146 (*Triticum aestivum* L.) e Anhinga "S" x Winged "S" (*T. durum* L.). Em nove ensaios em condições de irrigação e de sequeiro, analisou-se uma série de características agronômicas. Em laboratório efetuaram-se estudos da tolerância ao alumínio. As linhagens 11 e 19 de porte médio, com moderada resistência ao acamamento, tolerantes à toxicidade de alumínio destacaram-se quanto à produção de grãos. Sete linhagens apresentaram moderada resistência ao agente causal do oídio. Todos os genótipos foram suscetíveis aos agentes causais das manchas foliares. Alguns dos genótipos poderiam ser utilizados em programas de cruzamento como fontes genéticas para plantas de porte baixo, de espiga comprida, de grande número de espiguetas por espiga, maior número de grãos por espiga, e maior número de grãos por espigueta e de grãos mais pesados. BH-1146 e sete das linhagens foram considerados os genótipos mais tolerantes à toxicidade de alumínio por por exibirem crescimento radicular após serem cultivados em soluções nutritivas contendo 10 mg/litro de Al³⁺.

Descritores: trigo, trigo duro, híbrido interespecífico, genótipos, radiação gama, características agronômicas

EVALUATION OF WHEAT GENOTYPES ORIGINATED FROM INTERESPECIFIC CROSSINGS AND GAMMA RADIATION

ABSTRACT: Twenty three inbred HEXAPLOID wheat lines were evaluated. They were originated by selections made in populations submitted to gamma radiation (27.5 krad), in the F₄ generation, from the interespecific hybrid between BH-1146 (*Triticum aestivum* L.) and Anhinga "S" x Winged "S" (*Triticum durum* L.) and the cultivars BH-1146 and Yavaros "S" (*T. durum* L.). Nine trials were carried out with irrigation and in upland conditions. Several agronomic characteristics were assessed. Under laboratory conditions the genotypes were evaluated with respect to Al toxicity using nutrient solutions. Semidwarf lines 11 and 19, with moderate lodging resistance, medium cycle from emergence to flowering, tolerance to aluminum toxicity, were the most productive. Seven lines showed resistance to the causal agent of mildew, but all genotypes were susceptible to the causal agents of leaf spots. Some of the genotypes could be used in cross breeding as genetic sources for short plant, long head, large number of spikelets per head, large number of grains per head and per spikelet and for heavy grains. BH-1146 and seven from the 23 lines were considered the most tolerant to aluminum toxicity, presenting good regrowth after treatment in nutrient solutions with 10 mg/liter of Al³⁺.

Key Words: wheat, durum wheat, interspecific hybrid, genotypes, gamma-radiation, agronomic characteristics

INTRODUÇÃO

Existem dois tipos principais de trigo comercial: o para pão ou panificável (*Triticum aestivum* L.), hexaploide, apresentando três genomas (A, B e D), que representa a totalidade da

tricultura brasileira e o trigo duro ou trigo para macarrão (*Triticum durum* L.), tetraploide, apresentando dois genomas (A e B) (HANSON *et al.*, 1982). O Brasil não produz e não importa o trigo duro, sendo portanto usado o *T. aestivum* L., inadequadamente, para produção de massas.

As variedades de trigo duro, por não apresentarem o genoma D, no qual estão localizados os genes que conferem a tolerância ao Al^{3+} , são muito sensíveis aos solos ácidos mostrando baixa produtividade nessas condições (CAMARGO *et al.*, 1992).

O Instituto Agrônomo tem procurado através de cruzamentos entre cultivares dessas duas espécies aumentar a variabilidade genética dos trigos hexaplóides e por conseguinte selecionar linhagens de alto potencial produtivo, de porte semi-anão e com qualidades tecnológicas adequadas para a fabricação de pães, massas e biscoitos (SÃO PAULO, 1990-92).

Os efeitos dos mutagênicos podem ser utilizados para a resolução de alguns problemas específicos no melhoramento de plantas, tais como facilitar a recombinação em cruzamento (BATHIA, 1977). Com este objetivo, no melhoramento de trigo na China, por exemplo, a radiação gama tem sido utilizada com sucesso em sementes de parentais ou de gerações iniciais após o cruzamento. Alguns autores obtiveram aumento na segregação nas populações segregantes em geração F_2 , para altura de planta, número de espigas por planta e outras características, através da irradiação dos parentais, antes do cruzamento (WU, 1986). Em outro trabalho realizado na China (WANG *et al.*, 1986) os autores irradiaram sementes F_1 obtidas de cruzamentos entre quatro variedades. Comparando as gerações F_2M_2 com os controles F_2 , concluíram que a amplitude de segregação, para várias características, foi maior em F_2M_2 . Além disso, apareceram nos segregantes desta geração, características não encontradas nos parentais. Em certos casos, variedades mutantes foram obtidas da irradiação da geração F_3 . De acordo com esse trabalho, dos 48 cultivares mutantes de trigo, 23 foram obtidos da irradiação de híbridos. Ainda na China, a irradiação de sementes F_1 de cruzamento entre triticales e trigo comum, resultou em aumento da fertilidade das plantas híbridas em geração F_1 e ampliação da segregação em F_2 (ZHEN *et al.*, 1986). Sementes de híbridos entre triticales octoploides e trigo comum foram também irradiados neste país, com o objetivo de induzir translocações cromossômicas para transferência de fragmentos cromossômicos ou genes de centeio para os genomas A, B e D de trigo, selecionando-se linhas que apresentaram segregação de interesse (LI *et al.*, 1986).

Um trabalho conjunto entre o Instituto Agrônomo e o Centro de Energia Nuclear na

Agricultura foi iniciado em 1985 com o objetivo de selecionar genótipos melhorados de trigo comum através da irradiação com raios gama (27,5 krad) de sementes híbridas em geração F_4 do cruzamento entre o cultivar BH-1146 (*T. aestivum* L.) de ciclo precoce, porte alto e tolerante à toxicidade de Al^{3+} e a linhagem (Anhinga "S" x Winged "S") (*T. durum* L.) de ciclo muito tardio, porte semi-anão e sensível à toxicidade de Al^{3+} , visando o aumento na recombinação genética.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar, em condição de sequeiro e de irrigação por aspersão, o comportamento de linhagens provenientes do cruzamento referido anteriormente em comparação com o cultivar de trigo comum BH-1146 e o cultivar de trigo duro Yavaros "S".

MATERIAL E MÉTODOS

Vinte e três linhagens hezaplóides oriundas de seleções realizadas em populações híbridas irradiadas provenientes da irradiação de sementes do cruzamento BH-1146 x (Anhinga "S" x Winged "S") em geração F_4 foram avaliadas.

Como controles, utilizaram-se os seguintes cultivares: BH-1146, selecionado no Instituto Agrônomo de Minas Gerais, de porte alto, suscetível aos agentes causais da ferrugem-do-colmo e da folha, ciclo precoce, tolerante à toxicidade de Al^{3+} , e pertencente a espécie *T. aestivum* L., bem como Yavaros "S", introduzido do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo do México, de porte semi-anão, resistente às ferrugens, sensível à toxicidade de Al^{3+} e pertencente à espécie *T. durum* L.

Utilizou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com três repetições por local. Cada ensaio foi constituído de 75 parcelas, cada uma formada de seis linhas de 3 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m.

A semeadura foi feita na base de 80 sementes viáveis por metro linear de sulco, equivalendo a 1.440 sementes por parcela, com uma área útil de colheita de 3,6 m². A quantidade de fertilizante empregada (N, P₂O₅ e K₂O) nos diferentes ensaios baseou-se nas tabelas de adubação do instituto agrônomo (RAIJ *et al.*, 1985).

No Centro Experimental de Campinas e na Estação Experimental de Tatuí, conduziram-se, com irrigação por aspersão, três ensaios, em 1990, 1991 e 1992. Em condição de sequeiro, na Estação

Experimental de Capão Bonito realizaram-se dois ensaios, em 1991 e 1992 e na Fazenda Santa Lúcia, município de Cruzália, Vale do Paranapanema, instalou-se um ensaio em 1992.

Retiraram-se amostras compostas dos solos dos locais estudados, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, encontrando-se na TABELA 1 os resultados das análises.

Coletaram-se os seguintes dados:

Ferrugem-do-colmo e da-folha: Efetuou-se a avaliação dessas doenças causadas, respectivamente, por *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* e *P. recondita*, através de observação geral, em cada parcela, no colmo e nas folhas superiores das plantas, no estágio de início de maturação, em condições naturais de infecção, usando-se a escala modificada de Cobb, utilizada por SCHRAMM *et al.* (1974). Essa escala vai de 0 a 100% por área foliar infectada, complementada pelo tipo de reação: S = suscetível (uredossoro grande, coalescente, sem necrose e sem clorose); MS = moderadamente suscetível (uredossoro médio); M = intermediária (diversos tipos de reação); MR = moderadamente resistente (uredossoro pequeno); R = resistente (uredossoro minúsculo, rodeado de áreas necróticas).

Mancha-da-folha: Procedeu-se a avaliação de manchas foliares causadas por *Helminthosporium* sp e/ou *Septoria* sp. em planta adulta, em condições naturais de infecção, empregando-se uma escala de 0 a 99% de área infectada, apresentada por MEHTA (1978), onde zero é considerado imune; 1 a 5% resistente; 6 a 25% moderadamente resistente; 26 a 50% suscetível e 51 a 99% altamente suscetível.

Oídio: A avaliação do oídio pelo fungo *Erysiphe graminis* sp. *tritici* foi feita de maneira idêntica à citada para mancha da folha.

Ciclo da emergência ao florescimento: Fazendo-se contagens por parcela do número de dias da emergência das plântulas ao pleno florescimento.

Plantas acamadas: Considerando a porcentagem de plantas acamadas em cada parcela, por avaliação visual próxima a época de maturação.

Altura das plantas: Medida no campo, na época de maturação, a distância, em centímetros, do nível

do solo ao ápice da espiga, com exclusão das aristas, e levando-se em consideração a média de diferentes pontos em cada parcela.

Comprimento da espiga: Considerando-se o comprimento médio, em centímetros, de dez espigas tomadas ao acaso em cada parcela, excluindo-se as aristas.

Espiguetas: Computando o número médio de espiguetas de dez espigas tomadas ao acaso em cada parcela.

Grãos por espiga: Considerando o número médio de grãos contados em dez espigas colhidas ao acaso, em cada parcela.

Grãos por espiguetas: Calculando-se pela divisão do número total de grãos de dez espigas coletadas ao acaso, em, cada parcela, pelo número total de suas espiguetas.

Peso de cem grãos: Levando-se em conta o peso, em gramas, de cem grãos tomados ao caso na produção total de cada parcela.

Rendimento: Considerando-se a produção total de grãos obtida nas seis linhas de cada parcela.

As características comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso de cem grãos foram avaliadas somente nos ensaios de Campinas (1991) e Tatuí (1992) e o ciclo da emergência ao florescimento apenas nos de Campinas (1990), Tatuí (1990) e Capão Bonito (1991 e 1992).

Analizaram-se as variâncias conjuntas para os experimentos de Campinas, Tatuí e Capão Bonito para os nove experimentos, independentemente dos locais onde foram instalados, para produção de grãos e para os de Campinas (1991) e Tatuí (1992) para comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso de cem grãos, para detectar pelo teste F, ao nível de 5% as significâncias dos efeitos de experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos. O teste de Tukey ao nível de 5% foi empregado para a comparação dos genótipos nos grupos de experimentos, usando-se como estimativa do desvio padrão residual o quadrado médio da interação genótipos x experimentos da análise da variância.

TABELA 1 - Análises compostas dos solos dos locais onde foram instalados os ensaios nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm⁽¹⁾

	Tatuí			Campinas			Capão Bonito			Cruzália		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
P.resina ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	37	19	10	23	6	4	19	16	14	40	32	19
M.O. %	2,50	2,20	1,90	3,20	2,50	1,80	2,30	2,50	2,20	3,0	3,0	1,80
pH (CaCl ₂)	5,50	5,00	4,50	5,30	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	3,2	5,20	5,00
K(meq/ 100cm ³)	0,43	0,27	0,22	0,33	0,18	0,12	0,13	0,11	0,09	0,25	0,25	0,16
Ca(meq/ 100cm ³)	4,40	3,50	2,50	3,10	1,80	1,40	1,80	1,70	1,70	3,60	3,30	2,20
Mg(meq/ 100cm ³)	1,50	1,40	1,10	1,20	0,90	0,70	0,70	0,70	0,70	0,90	0,80	0,70
H+Al(meq/ 100cm ³)	3,10	4,70	6,50	3,80	4,70	3,80	6,50	6,50	6,50	3,40	3,40	3,40
S (meq/ 100cm ³)	6,30	5,20	3,80	4,60	2,90	2,20	2,60	2,50	2,50	4,80	4,40	3,10
T (meq/ 100cm ³)	9,40	9,90	10,30	8,40	7,60	6,00	9,10	9,00	9,00	8,20	7,80	6,50
V %	67	52	37	55	38	37	29	28	28	58	56	47

⁽¹⁾ Análises efetuadas pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, Instituto Agronômico

Foram feitas análises de variâncias conjuntas para as características altura das plantas e ciclo da emergência ao florescimento considerando a média dessas características em cada um dos experimentos nos quais foram avaliadas, para detectar pelo teste F, ao nível de 5%, as significâncias dos efeitos de genótipos e experimentos. A comparação das médias dos genótipos para essas características foi feita também pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

As plântulas das linhagens e dos cultivares foram testadas em condição de laboratório, para tolerância a 0, 3, 6 e 10 mg/litro de Al³⁺ em soluções nutritivas, conforme CAMARGO & OLIVEIRA (1981) e CAMARGO *et al.* (1987). O delineamento estatístico empregado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo as parcelas compostas por quatro concentrações de alumínio e as subparcelas, pelos genótipos de trigo. Realizaram-se duas repetições para cada solução tratamento. Na análise dos dados considerou-se a

média de comprimento da raiz primária central das dez plântulas de cada genótipo, em 72 horas de crescimento nas soluções nutritivas completas sem alumínio, que se seguiu a 48 horas de crescimento nas soluções de tratamento contendo quatro diferentes concentrações de alumínio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios da análise da variância conjunta das produções médias de grãos dos genótipos dos ensaios em condição de irrigação por aspersão, em Tatuí, mostraram efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos.

Considerando-se a média dos três experimentos de Tatuí realizados em 1990, 1991 e 1992 - TABELA 2 - observou-se que a linhagem 11 (4.436 kg/ha) foi a mais produtiva, diferindo, porém somente das linhagens 5, 8, 15 e 22, e do cultivar Yavaros "S".

TABELA 2 - Rendimento (1) dos genótipos de trigo nos ensaios de Tatuí, Campinas, Capão Bonito e Cruzália

Linhagens e Cultivares	Tatuí	Campinas	C.Bonito	Cruzália	Media Geral
	1990/1992	1990/92	1991/92	1992	
----- kg/ha -----					
BH-1146	2966 a-c	2798 a-d	1995 a-d	1990 ab	2586 c-h
Yavaros "S"	2671 bc	2123 d	241 f	1213 cd	1786 i
L-1	3708 a-c	3350 a-c	1667 a-e	2237 a	2972 c-f
L-2	2956 a-c	2918 a-d	829 c-f	1191 cd	2274 f-i
L-3	3010 a-c	3057 a-d	1519 a-f	1721 a-d	2551 c-h
L-4	3145 a-c	3174 a-d	972 b-f	1062 d	2440 e-i
L-5	2698 bc	3217 a-d	954 b-f	1316 b-d	2330 e-i
L-6	3378 a-c	2702 a-d	1579 a-f	1142 cd	2504 d-i
L-7	3479 a-c	2793 a-d	1695 a-e	1389 b-d	2622 b-g
L-8	2149 c	2308 cd	884 b-f	1395 b-d	1837 hi
L-9	3400 a-c	3091 a-d	1523 a-f	1410 b-d	2659 b-g
L-10	3421 a-c	3079 a-d	1505 a-f	1704 a-d	2690 b-g
L-11	4436 a	3906 a	2264 ab	1857 a-c	3490 a
L-12	3199 a-c	2794 a-d	1102 a-f	1750 a-d	2437 e-i
L-13	3854 ab	3202 a-d	1500 a-f	1773 a-d	2882 a-g
L-14	3501 a-c	2529 b-d	1199 a-f	1577 a-d	2452 e-i
L-15	2735 bc	3067 a-d	357 ef	1304 b-d	2158 g-i
L-16	3564 a-c	3074 a-d	1889 a-d	1995 ab	2854 a-g
L-17	2837 a-c	2942 a-d	681 d-f	1307 b-d	2223 f-i
L-18	3589 a-c	2540 b-d	1653 a-f	1858 a-c	2617 b-g
L-19	4075 ab	3903 a	2500 a	1407 b-d	3371 ab
L-20	3859 ab	3613 ab	1926 a-d	1445 b-d	3079 a-e
L-21	4124 ab	3628 ab	2171 a-c	1591 a-d	3243 a-c
L-22	2796 bc	2760 a-d	1324 a-f	1376 b-d	2299 f-i
L-23	4201 ab	3763 a	2070 a-d	1541 a-d	3286 a-c
F (Experimentos)	68,53*	205,72*	2,18	-	162,06*
F (Genótipos)	3,49*	4,17*	5,74*	4,87*	9,04*
F (G X E)	3,06*	1,80*	1,92*	-	2,64*
d.m.s. (Tukey a 5%)	1624	1225	1414	743	762
C.V. %	15,39	16,64	29,92	15,23	17,97

*Significativo ao nível de 5%.

(1) Médias seguidas de uma mesma letra em comum não diferem pelo teste de Tukey.

Os quadrados médios da análise de variância conjunta das produções médias de grãos dos genótipos estudados nos ensaios em condição de irrigação, em Campinas, mostraram efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos.

Considerando-se a média dos três experimentos de Campinas, realizados em 1990, 1991 e 1992 (TABELA 2) observou-se que a linhagem 11 (3.906 kg/ha) e 19 (3.903 kg/ha) foram as mais produtivas, diferindo porém somente das linhagens 8, 14 e 18, e do cultivar Yavaros "S".

Os quadrados médios da análise da variância conjunta das produções médias de grãos dos genótipos dos ensaios em condição de sequeiro e de solo ácido, com porcentagem de saturação por saturação por bases na camada arável de 29 - TABELA 1, em Capão Bonito (1991 e 1992) mostraram efeitos significativos para genótipos e interação genótipos x experimentos e efeito não significativo para experimentos.

Considerando-se a média dos dois experimentos de Capão Bonito (TABELA 2), verificou-se que a linhagem 19 (2.500 kg/ha) foi a que exibiu a maior produção de grãos, diferindo, porém, somente das linhagens 2, 4, 5, 8, 15 e 17 e do cultivar de trigo duro Yavaros "S". O cultivar BH-1146, tolerante e o cultivar de trigo duro Yavaros "S", sensível à toxicidade de Al^{3+} apresentaram produções médias de 1995 e 241 kg/ha, em Capão Bonito, estes resultados confirmaram os obtidos por CAMARGO *et al.* (1993) avaliando cultivares de trigo e de trigo duro em solo ácido.

No ensaio de Cruzália (1992) destacou-se pela produtividade em condição de sequeiro e solo corrigido (TABELA 1) a linhagem 1 (2.237 kg/ha) porém somente diferiu das linhagens 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 17, 19, 20 e 22 além da v. Yavaros "S".

A análise de variância, para produção de grãos, dos genótipos estudados nos nove ensaios, no período 1990-92, mostraram quadrados médios com efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação experimentos x genótipos. Considerando-se as produções médias dos genótipos nos nove ensaios (TABELA 2), verificou-se pelo teste de Tukey, ao nível de 5%, que as linhagens 11 (3.490 kg/ha) e 19 (3.371 kg/ha) foram as mais produtivas diferindo significativamente dos cultivares controles. A linhagem 11 diferiu das demais avaliadas com exceção das linhagens 13, 16, 19, 20, 21 e 23 e mostrou grande estabilidade de produção e ampla adaptação às diferentes condições de ambiente.

Os graus médios de infecção de ferrugem-do-colmo e da-folha, e de oídio nos genótipos de cada experimento, no período 1990-92, acham-se na TABELA 3.

Não houve no período condições climáticas favoráveis para infecção dos agentes causais das ferrugens. Somente no ensaio de Tatuí (1990) houve ocorrência de apenas algumas pústulas de ferrugem do colmo na linhagem 3. Em relação à ferrugem-da-folha as linhagens 9 em Tatuí (1990) e 12 em Cruzália (1992) mostraram graus médios de infecção de 20S e 10S, respectivamente, sendo portanto os genótipos mais suscetíveis entre os estudados. Os demais tratamentos, com exceção das linhagens 3, 4, 8, 11, 16, 20, 21 e 22 exibiram imunidade a essa ferrugem.

As linhagens 4, 15, 18, 19, 20, 21 e 23 foram consideradas moderadamente resistentes ao oídio por apresentarem uma porcentagem de área infectada não superior a 25, em pelo menos um dos locais considerados (MEHTA, 1978). Os demais genótipos foram sensíveis, sendo que o cultivar BH-1146 e as linhagens 1, 5, 9 e 14 foram considerados altamente sensíveis por mostrar uma porcentagem de área infectada entre 51 e 99%, em pelo um dos experimentos.

Empregando-se a escala proposta por MEHTA (1978), todos os genótipos avaliados foram suscetíveis aos agentes causais das manchas foliares por apresentar uma porcentagem de área infectada entre 25 e 50, em pelo menos em dois locais avaliados (TABELA 4). As linhagens 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15, 19, 21 e 22 foram altamente suscetíveis por mostrar uma porcentagem de área foliar infectada entre 51 e 99, em pelo menos um experimento.

A altura média das plantas dos genótipos estudados nos nove experimentos encontram-se na TABELA 5: o cultivar BH-1146 mostrou as plantas mais altas, diferindo significativamente dos demais genótipos avaliados com exceção das linhagens 12, 13 e 14. O cultivar de trigo duro Yavaros "S" apresentou as plantas mais baixas, porém somente não diferindo das linhagens 3, 5, 6, 15 e 17. O cultivar BH-1146 e a linhagem 13 apresentaram uma porcentagem média de plantas acamadas de 53 e 42, respectivamente, que foi associada a um porte de planta alta (TABELA 5). O cultivar de trigo duro Yavaros "S" e as linhagens 5, 11, 15, 17, 18, 19, 20, 21 e 23 apresentaram uma porcentagem de plantas acamadas entre 2 e 20, associado a um porte de planta médio a baixo, estando, portanto, entre os genótipos com potencial de cultivo em condições de irrigação por aspersão.

TABELA 3 - Graus médios de infecção de ferrugem-do-colmo e da-folha, e oídio nos ensaios de Tatuí, Campinas e Cruzália.

Linhasgens e cultivares	ferrugem-do-colmo	ferrugem da folha			Oídio		
		Tatuí 1990	Tatuí 1990	Cruzália 1992	Campinas 1992	Tatuí 1990	Campinas 1991 1992
BH-1146	0	0	0	0	0	10	60 30
Yavaros "S"	0	0	0	0	0	5	40 30
L-1	0	0	0	0	0	10	60 30
L-2	0	0	0	0	0	5	40 10
L-3	tS	5S	0	0	0	0	30 10
L-4	0	0	tS	0	0	0	20 5
L-5	0	0	0	0	0	10	70 30
L-6	0	0	0	0	0	0	50 40
L-7	0	0	0	0	0	0	50 30
L-8	0	0	5S	0	0	0	50 30
L-9	0	20S	0	0	0	5	60 20
L-10	0	0	0	0	0	0	40 30
L-11	0	5S	5S	0	0	0	30 20
L-12	0	0	10S	0	0	0	30 10
L-13	0	0	0	0	0	5	30 20
L-14	0	0	0	0	0	0	60 20
L-15	0	0	0	0	0	5	20 20
L-16	0	tS	0	0	0	0	30 20
L-17	0	0	0	0	0	10	30 20
L-18	0	0	0	0	0	0	20 20
L-19	0	0	0	0	0	0	20 5
L-20	0	0	0	tS	0	0	10 5
L-21	0	tS	0	0	0	0	10 5
L-22	0	5S	0	5S	0	0	50 3
L-23	0	0	0	0	0	0	20 10

t = traço (algumas pústulas); S = reação de suscetibilidade

TABELA 4 - Graus médios de infecção de mancha da folha nos ensaios de Tatuí, Campinas, Capão Bonito e Cruzália.

Linhagens e Cultivares	Tatuí			Campinas		Capão Bonito		Cruzália
	1990	1991	1992	1990	1992	1991	1992	1992
BH-1146	30	10	20	40	20	30	20	50
Yavaros "S"	20	10	10	20	30	30	40	40
L-1	20	20	10	40	30	30	40	50
L-2	40	40	10	40	20	40	40	60
L-3	20	30	20	20	20	30	40	60
L-4	30	30	20	20	20	40	60	60
L-5	20	20	10	40	30	20	50	60
L-6	30	20	20	40	30	30	30	80
L-7	40	20	10	40	40	40	30	60
L-8	40	10	10	20	20	40	20	40
L-9	40	20	10	40	20	30	30	60
L-10	40	30	10	40	20	20	20	80
L-11	40	40	10	40	30	30	40	60
L-12	40	20	10	40	20	50	30	40
L-13	20	10	10	40	20	30	40	50
L-14	40	40	20	20	10	20	30	40
L-15	40	20	20	20	30	40	30	60
L-16	10	20	10	20	20	20	30	30
L-17	40	20	20	20	30	30	40	40
L-18	10	20	10	20	20	20	30	20
L-19	30	40	10	20	30	30	20	60
L-20	20	20	20	20	20	20	40	50
L-21	20	30	20	20	40	30	30	60
L-22	30	20	20	40	30	30	30	70
L-23	40	20	10	40	20	20	30	50

Os ciclos médios, em dias da emergência ao florescimento dos genótipos estudados nos ensaios de Campinas (1990), Tatuí (1990) e Capão Bonito (1991 e 1992) encontram-se na TABELA 5: Yavaros "S" foi o mais tardio para florescer diferindo significativamente somente das linhagens 1, 2, 4, 5, 8 e 9, que foram as mais precoces. A linhagem 5 por apresentar ao mesmo tempo ciclo precoce e porte baixo, mostrou ser uma fonte genética de interesse ao programa de melhoramento do Instituto Agronômico, para essas características.

Os quadrados médios das análises da variância conjunta para comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso de cem grãos dos genótipos dos ensaios de Campinas (1991) e Tatuí (1992) - TABELA 6 - mostraram, para todas as características consideradas, efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos, com exceção da interação G x E para comprimento da espiga.

TABELA 5 - Altura média das plantas⁽¹⁾, porcentagem média de acamamento e ciclo da emergência no florescimento^(1,2) dos genótipos de trigo nos ensaios de Tatuí, Campinas, Capão Bonito e Cruzália.

Linhagens e Cultivares	Altura das plantas cm	Acamamento %	Ciclo emerg. floresc. dias
BH-1146	104 a	53	62 ab
Yavaros "S"	67 m	2	75 a
L-1	80 g-l	22	60 b
L-2	93 b-e	26	60 b
L-3	77 i-m	22	64 ab
L-4	93 c-e	22	60 b
L-5	77 i-m	11	59 b
L-6	76 j-m	29	63 ab
L-7	79 h-l	31	64 ab
L-8	91 b-f	33	61 b
L-9	82 f-k	29	59 b
L-10	83 e-k	33	65 ab
L-11	87 d-i	20	70 ab
L-12	100 ab	35	65 ab
L-13	99 a-c	42	64 ab
L-14	97 a-d	22	62 ab
L-15	72 l-m	4	67 ab
L-16	88 d-h	22	64 ab
L-17	74 k-m	9	67 ab
L-18	89 c-h	7	71 ab
L-19	86 e-j	15	69 ab
L-20	85 e-j	15	69 ab
L-21	85 e-j	20	69 ab
L-22	90 b-g	22	64 ab
L-23	89 c-h	20	70 ab
F (experimentos)	17,53*		2,74*
d.m.s. (Tukey a 5%)	11		14
C.V.%	7,69		7,78

*Significativo ao nível de 5%.

⁽¹⁾ Médias seguidas de uma mesma letra em comum, não diferem pelo teste de Tukey.

⁽²⁾ Refere-se somente aos ensaios instalados em Campinas (1990), Tatuí (1990) e Capão Bonito (1991 e 1992).

TABELA 6 - Dados médios (1) referentes a comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso de 100 grãos dos genótipos de trigo avaliados nos ensaios de Campinas (1991) e Tatuí (1992).

Linhasgens e cultivares	Comprimento da espiga cm	Espiguetas por espiga	Grãos por espiga		Grãos por espiguetas	Peso de cem grãos g
			n ^o			
BH-1146	7,5 f-h	18,3 d-g	26,5 c		1,44 d	4,30 a-d
Yavaros "S"	6,6 h	16,9 f-g	48,5 ab		2,80 a	4,80 a-c
L-1	7,0 gh	16,6 g	33,5 a-c		2,15 a-c	3,80 c-d
L-2	9,7 ab	19,4 a-g	40,2 a-c		2,07 b-d	4,82 a-c
L-3	7,6 e-h	17,2 e-g	28,9 c		1,67 cd	5,22 a
L-4	9,3 a-d	19,2 a-g	39,2 a-c		2,04 b-d	4,82 a-c
L-5	7,8 d-h	17,2 e-g	43,0 a-c		2,49 ab	4,04 b-d
L-6	8,6 a-g	17,3 e-g	37,4 a-c		2,15 a-c	4,53 a-d
L-7	8,2 b-h	16,7 fg	33,1 a-c		1,98 b-d	4,61 a-d
L-8	8,5 a-g	16,3 g	32,7 a-c		2,02 b-d	4,86 a-c
L-9	10,0 a	18,5 d-g	34,0 a-c		1,82 b-d	4,65 a-d
L-10	9,5 a-c	18,4 d-g	31,7 bc		1,71 cd	4,52 a-d
L-11	9,0 a-f	23,0 a	42,0 a-c		1,85 b-d	4,36 a-d
L-12	8,6 a-g	18,5 d-g	39,2 a-c		2,11 a-d	4,67 a-d
L-13	9,2 a-e	18,9 c-g	39,0 a-c		2,07 b-d	4,91 ab
L-14	8,6 a-g	19,3 a-g	38,2 a-c		1,96 b-d	4,44 a-d
L-15	9,2 a-e	20,8 a-e	42,6 a-c		2,03 b-d	4,59 a-d
L-16	9,5 a-c	18,9 c-g	41,9 a-c		2,19 a-c	3,63 d
L-17	9,5 a-c	20,4 a-f	44,6 a-c		2,18 a-c	4,44 a-d
L-18	9,7 ab	19,0 b-g	37,4 a-c		1,94 b-d	4,48 a-d
L-19	9,2 a-e	21,9 a-d	49,2 ab		2,26 a-c	4,47 a-d
L-20	9,1 a-f	22,9 a	42,9 a-c		1,87 b-d	4,32 a-d
L-21	9,3 a-d	22,6 a-c	51,2 a		2,27 a-c	4,49 a-d
L-22	7,9 c-h	16,4 g	34,0 a-c		2,05 b-d	4,35 a-d
L-23	8,9 a-f	22,8 ab	43,0 a-c		1,88 b-d	4,45 a-d
F(Experimentos)	23,41*	12,14*	35,60*		40,24*	8,39*
F (Genótipos)	9,43*	10,98*	3,52*		4,76*	3,26*
F (G x E)	1,44	2,02*	3,04*		1,89*	3,25*
d.m.s.(Tukey a 5%)	1,7	3,9	19,3		0,71	1,09
C.V. %	6,82	6,03	11,96		10,69	5,68

*Significativo ao nível de 5%. ; ⁽¹⁾ Médias seguidas de uma mesma letra em comum, não diferem pelo teste de Tukey.

A linhagem 9 apresentou as espigas mais compridas diferindo na média dos dois experimentos, porém, somente dos cultivares controles e das linhagens 1, 3, 5, 7 e 22. Em relação ao número de espiguetas por espiga as linhagens 11 e 20 apresentaram os maiores valores, utilizando a média dos dois ensaios considerados, não diferindo significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey, das linhagens 2, 4, 14, 15, 17, 19, 21 e 23 (TABELA 6).

Considerando o número de grãos por espiga verificou-se que a linhagem 21 foi a que apresentou o maior valor, porém, somente diferindo do cultivar BH-1146 e das linhagens 3 e 10.

O cultivar Yavaros "S" mostrou o maior número de grãos por espiguetas, utilizando a média dos dois ensaios considerados, diferindo dos demais genótipos estudados, fazendo exceção, somente as linhagens 1, 5, 6, 12, 16, 17, 19 e 21.

TABELA 7 - Comprimento médio das raízes dos genótipos de trigo estudados nos ensaios, medido após 72 horas de crescimento na solução nutritiva completa, que se seguiu a crescimento na solução tratamento contendo quatro níveis de Al³⁺.

Linhagens e Cultivares	Concentração de Alumínio (mg/litro)			
	0	3	6	10
	----- mm -----			
BH-1146	103,3	38,9	35,9	26,0
Yavaros "S"	55,7	0,0	0,0	0,0
L-1	79,3	34,9	3,6	0,0
L-2	57,1	5,8	0,0	0,0
L-3	83,7	33,3	28,9	0,0
L-4	71,4	0,0	0,0	0,0
L-5	78,2	0,0	0,0	0,0
L-6	71,9	30,6	24,5	3,0
L-7	83,3	28,5	26,4	12,9
L-8	76,1	37,2	30,6	12,1
L-9	91,8	31,2	15,0	4,5
L-10	87,7	35,7	24,1	0,0
L-11	90,1	31,9	25,8	0,0
L-12	71,4	9,3	0,0	0,0
L-13	72,1	0,0	0,0	0,0
L-14	103,3	33,3	0,0	0,0
L-15	76,4	1,8	0,0	0,0
L-16	81,2	33,5	17,9	2,0
L-17	86,0	0,0	0,0	0,0
L-18	88,2	35,8	1,9	0,0
L-19	72,8	35,3	6,1	0,0
L-20	67,1	22,8	23,2	0,0
L-21	81,1	30,8	30,9	0,0
L-22	76,2	42,5	24,3	21,7
L-23	81,4	26,2	17,3	2,2

A linhagem 3 revelou os grãos mais pesados, considerando os dois experimentos, diferindo, porém, somente das linhagens 1, 5 e 16.

A linhagem 9 mostrando espigas mais compridas; as linhagens 11 e 20 com maior número de espiguetas por espiga; a linhagem 21 revelando um grande número de grãos por espiga; o cultivar Yavaros "S" um maior número de grãos por espi-

gueta e a linhagem 3 exibindo grãos pesados podem, representar fontes genéticas de relevância para essas características ao programa de melhoramento genético.

O comprimento médio das raízes das linhagens e dos dois cultivares, medido após 72 horas de crescimento, nas soluções nutritivas completas, que se seguiu a 48 horas de crescimento

nas soluções de tratamento contendo quatro concentrações de alumínio, encontra-se na TABELA 7. Considerando-se 3 mg/litro, pode-se verificar que as linhagens 4, 5, 13 e 17 e o cultivar Yavaros "S" não exibiram crescimento das raízes, sendo portanto considerados sensíveis à toxicidade de Al^{3+} . Os demais genótipos estudados à exceção das linhagens 2, 12, 14 e 15 foram considerados tolerantes à toxicidade de Al^{3+} por apresentarem crescimento das raízes quando se adicionaram 6 mg/litro de Al^{3+} . O cultivar BH-1146 e as linhagens 6, 7, 8, 9, 16, 22 e 23 mostraram os maiores crescimentos das raízes após permanecerem 48 horas em soluções contendo 10 mg/litro de Al^{3+} , sendo portanto considerados muito tolerantes.

Considerando-se as produções médias de grãos dos ensaios conduzidos em solo ácido de Capão Bonito (1991-92) - TABELA 2 - verificou-se que o cultivar Yavaros "S" e a linhagem 15 foram os menos produtivos e também sensíveis à concentração de 3 mg/litro de Al^{3+} nas soluções nutritivas. As linhagens 11, 19, 21 e 23 e o cultivar BH-1146, tolerantes à presença de 6 mg/litro de Al^{3+} nas soluções nutritivas foram também os que mostraram as maiores produções de grãos considerando-se média dos ensaios de Capão Bonito. Esses resultados concordaram com os obtidos por CAMARGO *et al.*, 1992.

As linhagens 11 e 19 tolerantes à toxicidade de alumínio foram as mais produtivas em Capão Bonito (solo ácido) e em solos corrigidos, com irrigação por aspersão em Campinas e Tatuí (TABELAS 1 e 2), resultados estes que discordaram dos obtidos por PRIOLI (1987), que mostrou em milho, uma associação entre baixa produtividade e tolerância ao Al^{3+} quando os híbridos foram avaliados em solos corrigidos (baixa acidez).

CONCLUSÕES

1. A seleção de linhagens obtidas através da irradiação com raios gama (27,5 krad) de sementes híbridas em geração F_4 do cruzamento entre o cultivar BH 1146 (*T. aestivum* L.) e a linhagem Anhinga "S" x Winged "S" (*T. durum* L.) originou genótipos de alto potencial produtivo.
2. As linhagens 11 e 19 de porte médio, com moderada resistência ao acamamento, com ciclo médio da emergência ao florescimento, tolerantes à toxicidade de alumínio, destacaram-se quanto à produção de grãos, considerando-se os 9 experimentos.

3. As linhagens 4, 15, 18, 19, 20, 21 e 23 apresentaram moderada resistência ao agente causal de oídio, em estádio de planta adulta.

4. Todos os genótipos avaliados foram suscetíveis aos agentes causais das manchas foliares, havendo portanto a necessidade de serem incorporados fatores genéticos para resistência, através do programa de melhoramento.

5. O cultivar Yavaros "S" e as linhagens 3, 5, 6, 15 e 17 apresentaram porte baixo, a linhagem 9 maior comprimento da espiga, as linhagens 11 e 20 grande número de espiguetas por espiga, a linhagem 21 maior número de grãos por espiga, o cultivar de trigo duro Yavaros "S" maior número de grãos por espiguetas e a linhagem 3 grãos mais pesados. Esses genótipos poderiam ser usados como fontes genéticas para essas características.

6. O cultivar BH-1146 e as linhagens 6, 7, 8, 9, 16, 22 e 23 foram consideradas as mais tolerantes à toxicidade de alumínio por mostrarem crescimento após serem cultivados em soluções nutritivas contendo 10 mg/litro de Al^{3+} .

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa teve suporte financeiro da International Atomic Energy Agency, Viena, Austria e da FAPESP, aos quais os autores agradecem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATHIA, C.R. The use of mutagens for facilitating recombination. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Manual on mutation breeding*. Vienna: 1977. p.199.
- CAMARGO, C.E. O.; OLIVEIRA, O.F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, v.40, p.21-31, 1991.
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; ROCHA JUNIOR, L.S. Trigo: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, v.46, n.2, p.183-190, 1987.
- CAMARGO, C.E. de O.; SANTOS, R.R.; PETTINELLI JUNIOR, A. Trigo duro: tolerância à toxicidade do alumínio em soluções nutritivas e no solo. *Bragantia*, Campinas, v.51, n.1, p.69-76, 1992.

- CAMARGO, C.E.O.; CAMARGO, C.R.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, W.P.; SANTOS, R.R.; DECOT, G. Avaliação das características agronômicas e tecnológicas de genótipos de trigo duro e triticale. Campinas: Instituto Agronômico, 1993, 27p. (IAC. Boletim Científico, 29).
- HANSON, H.; BOURLAUG, N.E.; ANDERSON, R.C. Trigo en el Tercer Mundo. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, 1982. 166p.
- LI, J.; XU, X.; XUE, X.; WANG, T. Induced chromosome translocation by ionizing radiation in triticale x wheat hybrids. *Mutation Breeding Newsletter*, Vienna, v.27, p.9-10, 1986.
- MEHTA, Y.R. Doenças do trigo e seu controle. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. 190p. (Ceres, 20).
- PRIOLI, A.J. Análise genética da tolerância à toxicidade do alumínio em milho (*Zea mays* L.). Campinas, 1987. 182 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- RAU, B. vab; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, Campinas: Instituto Agronômico, 1985. 107p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Relatório do Acordo entre a SAA, através do Instituto Agronômico, e as Cooperativas Rurais do Vale do Paranapanema. Campinas: 1990-1992.
- SCHRAMM, W.; FULCO, W.S.; SOARES, M.H.G.; ALMEIDA, A.M. Resistência de cultivares de trigo em experimentação ou cultivo no Rio Grande do Sul, às principais doenças fúngicas. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.10, n.1, p.31-52, 1974.
- WANG, L.; FAN, O.; SHI, J.; WANG, Z. Induced mutations by irradiation of wheat Hybrids. *Mutation Breeding Newsletter*, Vienna, v.27, p.7, 1986.
- WU, Z. Increasing segregation range in spring wheat by irradiation. *Mutation Breeding Newsletter*, Vienna, v.27, p.9, 1986.
- ZHEN, Y.; SUN, G.; ZHANG, Y.; SHANG, Z. Breeding new disease resistant strains of wheat by using radiation and distant hybridization. *Mutation Breeding Newsletter*, Vienna, p.27, p.7-9, 1986.

Entregue para publicação em 21.06.94
 Aceito para publicação em 20.08.94