

II. GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS

MELHORAMENTO DO TRIGO: XXVIII. NOVOS GENÓTIPOS OBTIDOS POR SELEÇÕES EM POPULAÇÃO SEGREGANTE INTERESPECÍFICA SUBMETIDA À IRRADIAÇÃO GAMA ⁽¹⁾

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO ^(2,6), JOÃO CARLOS FELÍCIO ⁽²⁾,
AUGUSTO TULMANN NETO ^(3,6), ANTONIO WILSON PENTEADO FERREIRA FILHO ⁽²⁾,
ARMANDO PETTINELLI JUNIOR ⁽⁴⁾ e JAIRO LOPES DE CASTRO ^(5,6)

RESUMO

Compararam-se 23 linhagens providas de seleções em população submetida à irradiação gama (27,5 krad), em geração F₄, do cruzamento interespecífico entre 'BH-1146' (*Triticum aestivum* L.) e 'Anhinga' "S" x Winged "S" (*Triticum durum* L.) e os cultivares BH-1146 e Yavaros "S" (*T. durum* L.) em nove ensaios, denominados "Novas variedades III", instalados em condições de irrigação por aspersão e de sequeiro, analisando-se a produção de grãos, outros componentes da produção e resistência às doenças. Em condição de laboratório, estudou-se a tolerância ao alumínio em soluções nutritivas. As linhagens 11, 12, 13 e 14, de porte médio, com moderada resistência ao acamamento, com ciclo médio da emergência ao florescimento e tolerância à toxicidade de alumínio, destacaram-se quanto à produção de grãos, considerando-se a média dos nove experimentos. Yavaros "S" e as linhagens 8 e 12 apresentaram-se, ao mesmo tempo, imunes ao agente causal da ferrugem-da-folha e moderadamente resistentes ao agente causal de oídio. Todos os genótipos foram suscetíveis aos agentes causais de manchas foliares. As linhagens 3, 9 e 10 mostraram ser fontes genéticas de espiga comprida; a 12, de maior número de espiguetas por espiga; as linhagens 12, 13 e 14, de maior número de grãos por espiga; Yavaros "S", de maior número de grãos por espiguetas, e 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 15 e Yavaros "S", de grãos mais pesados. Todos os genótipos se mostraram tolerantes à toxicidade de Al³⁺, com exceção de Yavaros "S" e das linhagens 9 e 15, que exibiram elevada sensibilidade.

Termos de indexação: trigo, *Triticum aestivum* L., trigo duro, *Triticum durum* L.; cruzamento interespecífico; irradiação gama.

⁽¹⁾ Com verbas suplementares do "Acordo do Trigo entre as Cooperativas Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, através do Instituto Agrônomo", da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e do Projeto ARCAL VII, coordenado por "International Atomic Energy Agency", Instituto Agrônomo e Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Recebido para publicação em 30 de maio e aceito em 7 de novembro de 1994.

⁽²⁾ Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Caixa Postal 96, 13400-970 Piracicaba (SP).

⁽⁴⁾ Estação Experimental de Tatuí, IAC.

⁽⁵⁾ Estação Experimental de Capão Bonito, IAC.

⁽⁶⁾ Com bolsa de pesquisa do CNPq.

ABSTRACT

WHEAT BREEDING: XXVIII. NEW GENOTYPES OBTAINED BY SELECTIONS
IN A INTERESPECIFIC SEGREGATING POPULATION
SUBMITTED TO GAMMA IRRADIATION

Twenty three selected lines originated from population submitted to gamma irradiation (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 check cultivars BH 1146 and Yavaros "S" (*T. durum* L.) were evaluated in nine trials, named "New Varieties III". Evaluation trials were carried out at different locations under upland and sprinkler irrigation conditions, for grain yield, yield components and disease resistance. In laboratory conditions, the germplasms were evaluated for their Al toxicity tolerance in nutrient solutions. The lines 11, 12, 13 and 14 presenting semidwarf plant type, moderate lodging resistance, medium cycle from emergence to flowering and tolerance to aluminum toxicity showed higher productivity in the average of nine experiments. Yavaros "S" and the lines 8 and 12 showed at the same time immune to the causal agent of leaf rust and moderate resistance to the causal agent of mildew, in adult stage. All analysed genotypes were susceptible to the causal agent of leaf spots. The lines 3, 9 and 10 showed to be good genetic sources for long spike; the line 12 for large number of spikelets per spike; the lines 12, 13 and 14 for large number of grains per spike; Yavaros "S" for higher number of grains per spikelet; and the lines 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10 and 15, and Yavaros "S", for high grain weight. All of them were tolerant to aluminum toxicity excepting Yavaros "S" and the lines 9 and 15 which exhibited high sensibility.

Index terms: wheat, *Triticum aestivum* L., durum wheat, *Triticum durum* L., interspecific hybrid; gamma irradiation.

1. INTRODUÇÃO

A área cultivada com trigo no Estado de São Paulo, em 1988-90, variou de 185 a 219 mil hectares, apresentando uma produção média de 336 mil toneladas e uma produtividade média de 1.662 kg/ha. Nesse mesmo período, as produtividades médias dos Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, os maiores produtores nacionais, foram, respectivamente, de 1.560 e 1.534 kg/ha. Apesar do bom comportamento paulista no período considerado, a partir de 1991 houve uma diminuição superior a 50% na área cultivada, devido aos preços recebidos pelos tricultores, os mais baixos dos últimos dez anos, e à escassez de recursos para o financiamento de custeio (Informações Econômicas, 1992), além de uma redução na produtividade em consequência do baixo nível tecnológico das lavouras.

O programa de melhoramento do trigo do Instituto Agronômico tem procurado, mediante cruzamentos entre cultivares nacionais adaptados às condições de solo ácido e cultivares semi-anões de origem mexicana, desenvolver cultivares de porte semi-anão de alto potencial produtivo, resistentes às doenças e com tolerância à toxicidade de Al³⁺, visando à redução dos custos de produção (Camarago, 1993). Os cultivares lançados IAC-24 e IAC-60 e, mais recentemente, IAC-227 e IAC-120 foram os primeiros a apresentar tais características (Feliccio et al., 1988, 1991; São Paulo, 1990-92, e Camarago, 1993).

O trigo cultivado no Brasil é um hexaplóide do tipo AABBDD, da espécie *Triticum aestivum* L., e apresenta, no cromossoma 1 do genoma D, genes importantes relacionados às características das farinhas; por isso, de grande interesse à in-

dústria de panificação (Welsh & Hehn, 1964, e Fernandes, 1982) e, no cromossoma 4 do genoma D, um gene dominante que condiciona tolerância à toxicidade do alumínio (Lagos et al., 1991).

O trigo duro, ainda não cultivado no Brasil, é um tetraplóide do tipo AABB e pertence à espécie *T. durum* L.; por não possuir o genoma D, apresenta-se muito sensível à toxicidade de Al^{3+} (Camargo et al., 1992) e destituído de qualidades tecnológicas para panificação; em contrapartida, por mostrar semolina com alto teor de proteína, é preferido para a elaboração de macarrão, que se torna duro, translúcido e firme após o cozimento (CIMMYT, 1988). Em experimento utilizando solo ácido ($V\% = 14$), no Estado de São Paulo, os cultivares de trigo duro introduzidos do CIMMYT (México), produziram entre 939 e 2.243 kg/ha, enquanto o 'BH-1146', tolerante ao alumínio, produziu 3.954 kg/ha. No experimento em solo corrigido, a melhor linhagem de trigo duro produziu 4.128 kg/ha, se comparado ao 'BH-1146', que produziu 3.533 kg/ha (Camargo et al., 1992).

Os efeitos dos mutagênicos podem ser utilizados para resolução de problemas específicos no melhoramento de plantas, como facilitar a recombinação em cruzamento (Bathia, 1977). Com esse objetivo, na China, a irradiação gama tem sido utilizada com sucesso em sementes de parentais ou de gerações iniciais após o cruzamento (Wu, 1986).

Em 1984, iniciou-se, no Instituto Agrônomo de Campinas, um programa de cruzamentos entre genótipos de trigo comum e trigo duro visando aumentar a variabilidade genética existente no programa de melhoramento, apesar de ocorrer, nas primeiras gerações segregantes, elevado nível de esterilidade. Sementes em geração F4 do cruzamento entre o cultivar de trigo comum BH-1146 e a linhagem de trigo duro introduzida do México (Anhinga "S" x Winged "S") foram submetidas à irradiação gama no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo à dose de 27,5 krad, objetivando incrementar a recombinação genética. O cultivar BH-1146 é de ciclo precoce, porte alto e muito tolerante à toxicidade de Al^{3+} , e a linhagem de trigo duro, de ciclo

muito tardio, porte baixo e muito sensível à toxicidade de Al^{3+} .

O presente trabalho objetiva avaliar as linhagens obtidas por seleções realizadas na população híbrida, proveniente do cruzamento 'BH-1146' x (Anhinga "S" x Winged "S") em comparação com os cultivares de trigo comum BH-1146 e o de trigo duro Yavaros "S", em diferentes locais paulistas, quanto à produção de grãos, características agrônômicas, resistência às doenças e tolerância à toxicidade de alumínio, visando à escolha das mais promissoras, tanto para multiplicação e posterior lançamento aos agricultores, como para utilizá-las como fontes genéticas de interesse no programa de cruzamentos do Instituto Agrônomo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No "Ensaio de Novas Variedades III", avaliaram-se 23 linhagens originárias de seis ciclos de seleção realizados na população híbrida interespecífica na geração F4, submetida à irradiação gama do cruzamento 'BH-1146' x (Anhinga "S" x Winged "S").

Como controles, utilizaram-se os seguintes cultivares: BH-1146, de porte alto, suscetível aos agentes causais da ferrugem-do-colmo e da-folha, ciclo precoce, tolerante à toxicidade de Al^{3+} e pertencente à espécie *T. aestivum* L., e Yavaros "S", de porte semi-anão, resistente às ferrugens, sensível à toxicidade de Al^{3+} e pertencente à espécie *T. durum* L. A origem desses cultivares é a seguinte:

'BH-1146' - Selecionado no Instituto Agrônomo de Belo Horizonte (SP), provém do cruzamento entre o híbrido 'Ponta Grossa I' x 'Fronteira' e o 'Mentana'.

'Yavaros "S"' - Procedente do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo, onde foi selecionado a partir do cruzamento (Jori C-69/Anhinga/Flamingo).

Partindo do delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições por local, cada ensaio se constituiu de 75 parcelas, cada uma formada por seis linhas de 3 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m e separadas, lateralmente, por 0,60 m.

Fez-se a semeadura à 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.

Instalaram-se, em 1990-92, três ensaios em condição de irrigação por aspersão no Centro Experimental de Campinas e na Estação Experimental de Tatuí; em 1991-92, dois ensaios em condição de sequeiro na Estação Experimental de Capão Bonito e, em 1992, um ensaio, também em condição de sequeiro, na Fazenda Santa Lúcia, município de Cruzália, Vale do Paranapanema.

Retiraram-se amostras compostas dos solos dos locais estudados, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, encontrando-se, no quadro 1, os resultados das análises.

Coletaram-se os seguintes dados: ferrugem-do-colmo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*); ferrugem-da-folha (*Puccinia recondita*); mancha-da-folha (*Bipolaris sorokiniana*); oídio (*Erysiphe graminis* sp. *tritici*); ciclo da emergência ao florescimento; acamamento; altura das plantas; comprimento da espiga; número de espiguetas por espiga; grãos por espiga e espigueta; massa de cem grãos, e produção de grãos. A avaliação desses parâmetros foi efetuada conforme Schramm et al. (1974); Mehta (1978) e Camargo et al. (1989, 1991).

Algumas características foram analisadas apenas nos ensaios de Campinas (1991) e Tatuí (1992), a saber: comprimento da espiga; número de espiguetas por espiga; número de grãos por espiga e por espigueta, e massa de cem grãos; nos de Campinas (1990), Tatuí (1990) e Capão Bonito (1991-92), avaliou-se apenas o ciclo da emergência ao florescimento.

As características: produção de grãos; comprimento da espiga; número de espiguetas por espiga; número de grãos por espiga e por espigueta, e massa de cem grãos de cada experimento foram, inicialmente, submetidas às análises individuais da variância.

Realizaram-se análises conjuntas da variância para produção de grãos nos experimentos de

Campinas, Tatuí e Capão Bonito em 1991-92, e nos instalados em Tatuí e Campinas em 1990-92, visando avaliar a ocorrência das seguintes interações: genótipos x locais; genótipos x anos; locais x anos, e genótipos x locais x anos.

Efetuaram-se, posteriormente, análises conjuntas da variância para produção de grãos nos experimentos de Campinas, Tatuí e Capão Bonito, e nos outros nove, independentemente dos locais onde foram instalados; nos de Campinas (1991) e Tatuí (1992), para comprimento da espiga; número de espiguetas por espiga; número de grãos por espiga e por espigueta, e massa de cem grãos. 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.

Para altura das plantas e ciclo da emergência ao florescimento, as análises conjuntas da variância basearam-se na média dessas características em cada um dos experimentos. Compararam-se tais médias 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, 2, 4, 6, 8 e 10 mg/litro de Al³⁺ em soluções nutritivas, conforme Moore et al. (1976) e Camargo et al. (1987). O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com arranjo em parcelas subdivididas: as parcelas, compostas por seis 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 seis diferentes concentrações de alumínio.

Quadro 1. Análises compostas dos solos dos locais dos ensaios, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm ⁽¹⁾

Determinações	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 (mg/kg)	37	19	10	23	6	4	19	16	14	40	32	19
M.O. (g/kg)	25	22	19	32	25	18	23	25	22	30	32	18
pH (CaCl ₂)	5,5	5,0	4,5	5,3	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	5,2	5,2	5,0
K ⁺ (mmol/dm ³)	4,3	2,7	2,2	3,3	1,8	1,2	1,3	1,1	0,9	2,5	2,5	1,6
Ca ²⁺	44	35	25	31	18	14	18	17	17	36	33	22
Mg ²⁺	15	14	11	12	9	7	7	7	7	9	8	7
H ⁺ + Al ³⁺	31	47	65	38	47	38	65	65	65	34	34	34
S	63	52	38	46	29	22	26	25	25	48	44	31
T	94	99	103	84	76	60	91	90	90	82	78	65
V%	67	52	37	55	38	37	29	28	28	58	56	47

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios das análises individuais da variância das produções de grãos dos genótipos (linhagens e cultivares) de trigo, avaliados nos ensaios instalados em Tatuí e Campinas (1990-92), em Capão Bonito (1991-92), e em Cruzália (1992), mostraram efeitos significativos para genótipos em todos os experimentos, com exceção do de Cruzália. Efeitos significativos para repetições foram encontrados somente nos ensaios de Capão Bonito (1991-92) e Campinas (1990-92).

Os quadrados médios da análise conjunta da variância das produções médias dos genótipos avaliados nos três experimentos de Tatuí (1990-92) mostraram efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos (Quadro 2).

Aplicando o teste de Tukey, ao nível de 5%, para a comparação das médias de produção de grãos dos genótipos, nos três ensaios de Tatuí, observou-se que as linhagens 12 e 13, que produziram 4.658 e 4.670 kg/ha, respectivamente, foram as mais produtivas, diferindo somente dos cultivares controles BH-1146 (2.739 kg/ha) e Yavaros "S" (1.864 kg/ha) e das linhagens 4, 5, 17, 19, 21 e 23. Destacaram-se também, quanto à produção de grãos nessas condições, as linhagens 11 (4.537 kg/ha) e 14 (4.215 kg/ha) (Quadro 2).

Os quadrados médios da análise conjunta da variância das produções médias dos genótipos dos ensaios de Campinas (1990-92) revelaram efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos (Quadro 2).

Para a comparação das médias de produção de grãos dos tratamentos dos três ensaios de Campinas, mediante teste de Tukey, verificou-se que a linhagem 12, que produziu 4.218 kg/ha, foi a mais produtiva, diferindo, porém, somente do cultivar controle Yavaros "S" (2.513 kg/ha) e da linhagem 23 (2.278 kg/ha). Nessas condições, podem-se destacar, também quanto à produção de grãos, as linhagens 14 (4.207 kg/ha) e 11 (4.025 kg/ha) (Quadro 2).

Os quadrados médios da análise conjunta da variância das produções médias dos genótipos dos en-

saaios de Capão Bonito (1991-92) indicam efeitos significativos para genótipos e interação genótipos x experimentos; os efeitos de experimentos, porém, não foram significativos (Quadro 2).

Nos ensaios em condição de sequeiro e de solo ácido de Capão Bonito, com porcentagem de saturação por bases de 29 na camada arável (Quadro 1), observou-se que o cultivar controle BH-1146 se mostrou tolerante e Yavaros "S", muito sensível à toxicidade de alumínio, apresentando produções de grãos de 1.917 e 148 kg/ha respectivamente (Quadro 2). Esses resultados confirmaram os obtidos por Camargo et al. (1992), avaliando genótipos de trigo e de trigo duro em solo ácido de Monte Alegre do Sul, bem como empregando soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de alumínio. Pôde-se notar, pelo teste de Tukey ao nível de 5% para a comparação das médias de produção de grãos dos genótipos nos dois ensaios de Capão Bonito, que a linhagem 11 foi a mais produtiva (2.463 kg/ha), diferindo, porém, apenas do cultivar Yavaros "S" e das linhagens 1, 2, 3, 4, 7, 9 e 15. As linhagens 14 (2.384 kg/ha), 12 (2.352 kg/ha) e 13 (2.139 kg/ha) também sobressaíram (Quadro 2).

Apesar da diferença não significativa entre os genótipos estudados, pode-se destacar no ensaio de Cruzália (1992), a linhagem 12, cuja produção foi de 2.139 kg/ha (Quadro 2).

As análises conjuntas da variância, para produção de grãos dos experimentos de Campinas, Tatuí e Capão Bonito estudados em 1991-92 e para os de Tatuí e Campinas em 1990-92, mostraram quadrados médios com efeitos significativos para locais, anos, genótipos e interações: locais x anos e genótipos x locais x anos. Nos dois grupos de experimentos, não se observaram efeitos significativos para as interações genótipos x locais e genótipos x anos. Os resultados demonstraram que trabalhos dessa natureza demandam grande número de locais e anos. Embora tenham ocorrido interações significativas entre genótipos x locais x anos, verificaram-se efeitos gerais de genótipos que se sobrepuseram a tais variações, de sorte que se podem indicar alguns genótipos de maior produção de grãos para toda a região, e não apenas de interesse local (Pimentel Gomes, 1985).

Quadro 2. Produção média (¹) de grãos dos genótipos de trigo nos ensaios de Tatuí, Campinas, Capão Bonito e Cruzália

Linhagens e Cultivares	Tatuí	Campinas	Capão Bonito	Cruzália	Média geral
	1990/92	1990/92	1991/92	1992	
	kg/ha				
BH-1146	2739c-e	2975a-c	1917a-d	1966a	2549de
Yavaros "S"	1864e	2513bc	148e	1362a	1643f
L-1	3446a-e	2581a-c	1051b-e	1517a	2411ef
L-2	3555a-d	2859a-c	1065b-e	1365a	2526d-f
L-3	3555a-d	2787a-c	949c-e	1819a	2527d-f
L-4	2667c-e	2682a-c	824c-e	1818a	2168ef
L-5	2881b-e	2918a-c	1343a-e	1668a	2417ef
L-6	3621a-d	2863a-c	1116a-e	1803a	2609de
L-7	3465a-e	3165a-c	1093b-e	1715a	2643de
L-8	3094a-e	2893a-c	1125a-e	1881a	2454ef
L-9	3269a-e	2749a-c	657de	1917a	2365ef
L-10	3688a-d	2693a-c	1176a-e	1555a	2561de
L-11	4537ab	4025ab	2463a	1858a	3608ab
L-12	4658a	4218a	2352ab	2139a	3719a
L-13	4670a	3581a-c	2139a-c	1696a	3414a-d
L-14	4215a-c	4207ab	2384ab	1985a	3558a-c
L-15	3245a-e	3569a-c	972c-e	1811a	2688c-e
L-16	3050a-e	3150a-c	1500a-e	1501a	2567de
L-17	2867c-e	2902a-c	1380a-e	1498a	2396ef
L-18	3352a-e	2869a-c	1736a-d	1436a	2619de
L-19	2708c-e	3330a-c	1885a-d	1680a	2618de
L-20	3095a-e	3266a-c	1676a-d	1647a	2676c-e
L-21	2961b-e	3063a-c	1810a-d	1726a	2602de
L-22	3240a-e	3083a-c	1986a-d	1697a	2737b-e
L-23	2105de	2278c	1750a-d	1582a	2026ef
F (Experimentos)	109,28*	81,17*	<1,00	-	113,96*
F (Genótipos)	5,17*	2,52*	6,13*	1,34	7,41*
F (G x E)	3,56*	2,62*	4,45*	-	3,72*
d.m.s. (Tukey a 5%)	1659	1704	1367	944	901
C.V.%	14,80	18,94	18,74	17,48	17,76

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

A análise da variância para produção de grãos dos genótipos estudados nos nove ensaios, em 1990-92, mostrou quadrados médios com efeitos significativos para experimentos, genótipos e interação genótipos x experimentos. Considerando as produções médias dos genótipos nos nove ensaios, verificou-se, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%, que a linhagem 12 (3.719 kg/ha) foi a mais produtiva, diferindo significativamente dos cultivares controles e das demais linhagens avaliadas, com exceção das linhagens 11 (3.608 kg/ha), 14 (3.558 kg/ha) e 13 (3.414 kg/ha). Tais resultados indicam que as linhagens 11, 12, 13 e 14 foram as mais estáveis quanto à produção de grãos (Quadro 2).

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

Em relação à ferrugem-da-folha, destacaram-se, quanto à resistência em planta adulta, o cultivar de trigo duro Yavaros "S" e as linhagens 1, 2, 4, 8, 10, 12, 13, 15 e 19, os quais se mostraram imunes. Nas mesmas condições, as demais linhagens foram consideradas suscetíveis, porém a 23, de maior suscetibilidade, apresentou um grau de infecção de 30S em, pelo menos, um dos experimentos.

Não houve, no período, condições naturais favoráveis para infecção do agente causal da ferrugem-do-colmo. Somente no ensaio de Tatuí (1990), detectou-se sua ocorrência: o 'BH-1146', geralmente muito suscetível, revelou um grau de infecção apenas de 5S; todos os outros genótipos demonstraram-se imunes.

Em relação ao oídio, o cultivar de trigo duro Yavaros "S" e as linhagens 3, 5, 8, 11, 12, 14 e 21 foram considerados moderadamente resistentes por apresentar uma porcentagem de área infectada não superior a 25 (Mehta, 1978). Classificaram-se as linhagens 6, 16, 18 e 20 como altamente suscetíveis, ficando a porcentagem de área infectada entre 51 e 99, em pelo menos um experimento. Os demais genótipos, considerados suscetíveis, mostraram porcentagens de área infectada entre 26 e 50.

Empregando-se a escala proposta por Mehta (1978), todos os genótipos se revelaram suscetíveis

aos agentes causais das manchas foliares, com uma porcentagem de área foliar infectada entre 25 e 50 em, pelo menos, um dos locais avaliados (Quadro 4). As linhagens 4, 6, 7, 11, 12, 18, 22 e 23 e o cultivar de trigo duro Yavaros "S", classificados como altamente suscetíveis, manifestaram uma porcentagem de área foliar infectada entre 51 e 99, em, pelo menos, um experimento. Esses resultados eram esperados, considerando-se que as 23 linhagens avaliadas se originaram do cruzamento entre o cultivar de trigo BH-1146 e uma linhagem de trigo duro, ambos suscetíveis aos agentes causais das manchas foliares (Camargo, 1993).

A altura média das plantas dos genótipos estudados em nove experimentos encontra-se no quadro 5: o cultivar BH-1146 e a linhagem 8 denotaram as plantas mais altas, diferindo significativamente dos demais. O cultivar de trigo duro Yavaros "S" mostrou as plantas mais baixas, diferindo dos demais tratamentos, com exceção das linhagens 9, 16 e 17. Todos os genótipos, excluindo-se o cultivar BH-1146, apresentaram uma porcentagem de plantas acamadas entre 2 e 22, estando, portanto, entre aqueles com potencial de cultivo em condição de irrigação por aspersão. O 'BH-1146' apresentou uma porcentagem média de plantas acamadas de 49, índice que foi associado ao porte de planta alto.

Os ciclos médios, em dias, da emergência ao florescimento dos genótipos estudados nos ensaios de Campinas (1990), Tatuí (1990) e Capão Bonito (1991-92) encontram-se no quadro 5: Yavaros "S" foi o mais tardio para florescer, diferindo significativamente do 'BH-1146' e das linhagens 4, 5, 6, 7, 8, 16, 17, 19, 21 e 23, que foram os mais precoces, e, portanto, fontes genéticas de interesse ao programa de melhoramento.

Os quadrados médios das análises conjuntas da variância para comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e massa de cem grãos dos genótipos dos ensaios de Campinas (1991) e Tatuí (1992) mostraram efeitos significativos para genótipos, experimentos e interação genótipos x experimentos, com exceção do número de grãos por espiguetas (Quadro 6).

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

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

t = traço (apenas algumas pústulas); S = reação de suscetibilidade. A avaliação das ferrugens-do-colmo e da-folha foram feitas segundo Schramm et al. (1994) e de oídio, segundo Mehta (1978) (0 = imune; 1 a 5% de área infectada = resistente; 6 a 25% = moderadamente resistente; 26 a 50% = suscetível, e 51 a 99% = altamente suscetível).

Quadro 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	20	10	10	10	20	20	40	40
Yavaros "S"	10	10	10	5	30	20	40	70
L-1	20	40	20	10	20	40	50	40
L-2	20	20	10	10	20	50	40	40
L-3	40	20	20	10	20	50	50	30
L-4	60	20	20	40	30	40	40	30
L-5	30	20	10	20	20	30	50	50
L-6	30	20	20	10	20	30	40	60
L-7	40	20	10	20	20	30	30	60
L-8	40	30	10	40	20	20	40	20
L-9	10	10	20	10	40	40	50	50
L-10	40	10	20	20	20	40	50	40
L-11	30	30	20	20	20	20	30	80
L-12	20	20	20	10	20	20	30	60
L-13	20	30	20	10	20	20	30	50
L-14	20	40	10	20	30	20	30	30
L-15	40	20	20	40	30	20	40	30
L-16	40	20	20	20	40	30	40	50
L-17	20	20	20	10	40	40	40	20
L-18	30	10	10	10	30	20	40	60
L-19	20	10	10	20	20	20	40	50
L-20	30	10	10	10	20	20	50	40
L-21	20	20	10	20	30	30	30	40
L-22	10	10	10	10	30	30	40	60
L-23	60	40	10	30	40	30	60	60

A avaliação de mancha-da-folha foi feita segundo Mehta (1978): 0 = imune; 1 a 5% de área infectada = resistente; 6 a 25% = moderadamente resistente; 26 a 50% = suscetível, e 51 a 99% = altamente suscetível.

Quadro 5. Altura média das plantas ⁽¹⁾, porcentagem média de acamamento e ciclo da emergência ao florescimento ^(1,2) dos genótipos de trigo nos ensaios de Tatuí, Capão Bonito, Cruzália e Campinas

Linhagens e Cultivares	Altura das plantas	Acamamento	Ciclo
			Emerg.-Floresc.
	cm	%	dias
BH-1146	103a	49	59bc
Yavaros "S"	70e	2	75a
L-1	85b-d	7	67ab
L-2	85b-d	2	66ab
L-3	88bc	11	68ab
L-4	89bc	18	62bc
L-5	83b-d	15	59bc
L-6	82cd	11	62bc
L-7	85b-d	20	63bc
L-8	94a	14	63bc
L-9	78c-e	2	70ab
L-10	87bc	18	65ab
L-11	87bc	20	66ab
L-12	86b-d	13	69ab
L-13	86b-d	13	69ab
L-14	87bc	15	67ab
L-15	94ab	20	64ab
L-16	75de	18	60bc
L-17	78c-e	22	61bc
L-18	87bc	11	64ab
L-19	89bc	15	59bc
L-20	87bc	11	65ab
L-21	88bc	18	62bc
L-22	87bc	15	66ab
L-23	82cd	20	52c
F (Genótipos)	7,64*	-	3,92*
d.m.s. (Tukey a 5%)	12	-	12
C.V.%	8,16	-	6,81

⁽¹⁾ Médias seguidas de uma letra em comum não diferem pelo teste de Tukey. ⁽²⁾ Referente apenas aos ensaios instalados em Campinas (1990), Tatuí (1990) e Capão Bonito (1991 e 1992). * Significativo ao nível de 5%.

Quadro 6. Dados médios (¹) referentes ao comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e massa de cem grãos dos genótipos de trigo avaliados nos ensaios de Campinas (1991) e Tatuí (1992)

Linhagens e Cultivares	Comprimento da espiga	Espiguetas por espiga	Grãos por espiga	Grãos por espiguetas	Massa de cem grãos
	cm	n.º			g
BH-1146	7,8d-h	18,3c-h	29,3c	1,60cd	4,63a-e
Yavaros "S"	6,1h	16,1h	43,9a-c	2,67a	5,10a
L-1	10,3ab	21,0a-f	41,1a-c	1,93b-d	5,12a
L-2	10,3ab	20,9a-g	41,5a-c	1,97b-d	5,19a
L-3	10,6a	21,6a-e	44,2a-c	2,03b-d	5,09a
L-4	9,8a-c	20,4a-g	41,2a-c	1,99b-d	5,06a
L-5	9,7a-c	18,4b-h	34,7a-c	1,87b-d	4,96a-c
L-6	9,9a-c	18,4b-h	33,6a-c	1,80b-d	5,10a
L-7	9,8a-c	18,3c-h	36,5a-c	1,98b-d	5,05a
L-8	8,6b-g	18,5b-h	41,8a-c	2,25ab	5,00ab
L-9	10,7a	20,5a-g	42,6a-c	2,04b-d	4,64a-e
L-10	10,5a	21,2a-f	41,2a-c	1,91b-d	5,18a
L-11	9,1a-f	22,6ab	45,2ab	2,00b-d	4,82a-e
L-12	9,4a-e	23,0a	46,4a	2,00b-d	4,75a-e
L-13	9,1a-f	22,4a-c	46,4a	2,07bc	4,56a-e
L-14	9,1a-f	22,1a-d	45,8a	2,07bc	4,84a-e
L-15	9,6a-d	19,8a-h	39,2a-c	1,96b-d	5,09a
L-16	8,4c-g	17,1f-h	34,8a-c	2,03b-d	4,89a-e
L-17	8,3c-g	16,7gh	34,3a-c	2,05bc	4,90a-d
L-18	7,1gh	17,7e-h	29,9bc	1,69cd	4,15de
L-19	7,3f-h	18,1d-h	32,1a-c	1,77b-d	4,12e
L-20	7,6e-h	18,3c-h	30,9a-c	1,68cd	4,18de
L-21	7,2gh	18,0d-h	30,0bc	1,66 cd	4,19c-e
L-22	7,5f-h	18,1d-h	31,8a-c	1,75 b-d	4,27b-e
L-23	7,5f-h	19,0a-h	29,5c	1,54 d	4,52a-e
F (Experimentos)	16,00*	5,97*	45,52*	64,37*	7,92*
F (Genótipos)	16,49*	6,90*	4,96*	6,99*	7,09*
F (G x E)	3,25*	3,42*	2,96*	1,44	2,59*
d.m.s. (Tukey a 5%)	1,9	4,3	15,6	0,51	0,78
C.V.%	4,94	5,08	10,11	9,26	4,28

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

Quadro 7. Comprimento médio das raízes dos genótipos de trigo estudados nos "Ensaio de Novas Variedades III", medido após 72 horas de crescimento na solução nutritiva completa, que se seguiu a crescimento na solução tratamento contendo seis níveis de Al^{3+}

Linhagens e Cultivares	Concentração de alumínio (mg/litro)					
	0	2	4	6	8	10
	mm					
BH-1146	73,2	60,7	50,4	49,3	36,1	24,2
Yavaros "S"	39,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-1	67,1	42,6	24,6	7,2	6,0	4,4
L-2	66,0	39,4	31,9	4,8	1,3	1,7
L-3	71,6	41,3	28,3	5,0	2,5	3,8
L-4	63,5	16,2	18,8	2,8	0,0	0,0
L-5	65,3	39,6	34,8	16,1	13,8	10,7
L-6	61,9	44,9	35,2	22,0	9,2	8,9
L-7	69,6	38,5	36,0	32,8	13,8	12,2
L-8	58,8	9,7	6,4	2,6	3,7	4,5
L-9	47,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-10	61,6	39,9	25,4	16,4	2,0	1,8
L-11	50,2	35,4	33,0	27,2	7,6	0,0
L-12	35,4	42,3	20,4	18,6	8,1	4,5
L-13	44,9	42,9	26,6	25,0	12,6	1,2
L-14	50,4	32,6	29,3	25,4	14,5	3,2
L-15	52,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-16	61,9	45,1	38,7	28,6	12,0	12,7
L-17	58,2	47,5	39,3	32,4	18,4	16,7
L-18	55,0	36,5	33,6	21,9	8,1	2,9
L-19	46,8	35,9	25,0	25,4	11,9	3,2
L-20	52,7	38,4	18,9	15,1	1,6	0,4
L-21	53,6	35,3	25,4	20,0	2,6	2,4
L-22	58,4	42,8	25,1	20,1	6,0	4,4
L-23	47,9	34,3	26,3	24,3	11,2	7,4

As linhagens 3, 9 e 10 apresentaram as espigas mais compridas, diferindo, porém, na média dos dois experimentos, somente dos cultivares controles (BH-1146 e Yavaros "S") e das linhagens 8, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23. Tal resultado sugere que essas linhagens sejam utilizadas no programa de melhoramento do Instituto Agrônômico, como fontes genéticas para aumentar o comprimento das espigas.

Em relação ao número de espiguetas por espiga, a linhagem 12 apresentou o maior valor, não diferindo significativamente ao nível de 5%, pelo teste de Tukey, apenas das linhagens 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 13, 14, 15 e 23 (Quadro 6).

Considerando o número de grãos por espiga, as linhagens 12, 13 e 14 apresentaram os maiores valores, diferindo somente, porém, do 'BH-1146' e das linhagens 18, 21 e 23.

O cultivar Yavaros "S" apresentou maior número de grãos por espiguetas, diferindo dos demais genótipos estudados, à exceção apenas da linhagem 8. Esses genótipos deverão ser aproveitados em cruzamentos visando aumentar essa característica, cujos valores são baixos nos cultivares atualmente semeados no Estado de São Paulo.

As linhagens 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10 e 15 e o cultivar de trigo duro Yavaros "S" revelaram os grãos mais pesados, considerados os dois ensaios, mas diferindo somente das linhagens 18, 19, 20, 21 e 22 (Quadro 6).

Admitindo que os cultivares de trigo duro caracterizam-se por espigas curtas e com menor número de espiguetas por espiga em relação ao trigo comum, a ocorrência de linhagens mostrando espigas mais compridas e com maior número de espiguetas do que os pais poderia ser explicada ou pela segregação transgressiva nas primeiras gerações após o cruzamento ou por efeitos diretos da radiação gama na geração F₄ do cruzamento estudado.

O comprimento médio das raízes dos genótipos encontra-se no quadro 7. Considerando 2 mg/litro de Al³⁺, pode-se verificar que as linhagens 9 e 15 e o cultivar Yavaros "S" foram sensíveis a essa concentração e os demais genótipos, tolerantes.

Ambos os genótipos que não exibiram crescimento das raízes quando se adicionaram 2 mg/litro de Al³⁺ foram também os menos produtivos nos ensaios instalados em condição de sequeiro e solo ácido de Capão Bonito (Quadros 1 e 2).

Consideraram-se todos os demais genótipos tolerantes à toxicidade de alumínio por seu crescimento das raízes, mesmo quando se adicionaram 8 mg/litro de Al³⁺. O 'BH-1146' e a linhagem 17 mostraram os maiores crescimentos das raízes após permanecer 48 horas em soluções contendo 10 mg/litro de Al³⁺, sendo, portanto, considerados muito tolerantes.

A alta tolerância do 'BH-1146' e a suscetibilidade à toxicidade de Al³⁺ do cv. Yavaros "S" concordaram com os resultados de Camargo et al. (1992).

As linhagens 11, 12, 13 e 14, tolerantes à toxicidade de alumínio, foram as mais produtivas em solos corrigidos e em solos ácidos - Quadros 1 e 2 - discordando dos resultados de Prioli (1987), mostrando, em milho, uma associação entre baixa produtividade e tolerância ao Al³⁺, quando os híbridos foram cultivados em solos de baixa acidez.

4. CONCLUSÕES

1. Destacaram-se quanto à produção de grãos as linhagens 11, 12, 13 e 14, oriundas de seleções realizadas na população irradiada em geração F₄ do cruzamento interespecífico 'BH-1146' x (Anhinga "S" x Winged "S"), de porte médio, com moderada resistência ao acamamento, com ciclo médio da emergência ao florescimento, tolerantes à toxicidade de alumínio.

2. O cultivar de trigo duro Yavaros "S" e as linhagens 8 e 12 apresentaram-se, ao mesmo tempo, imunes ao agente causal da ferrugem-da-folha e moderadamente resistentes ao agente causal de oídio em condição de campo.

3. Todos os genótipos estudados foram suscetíveis aos agentes causais de manchas foliares, sendo necessária, portanto, a incorporação de fatores

genéticos para resistência, mediante programa de melhoramento.

4. As linhagens 3, 9 e 10 poderiam ser fontes genéticas do caráter espiga comprida; a 12, de maior número de espiguetas por espiga; as linhagens 12, 13 e 14, de maior número de grãos por espiga; o cultivar Yavaros "S", de maior número de grãos por espiguetas; as linhagens 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10 e 15 e o cultivar Yavaros "S", de grãos mais pesados.

5. Todos os genótipos avaliados mostraram-se tolerantes à toxicidade de Al^{3+} , em condições de solo e de solução nutritiva, com exceção do cultivar de trigo duro Yavaros "S" e das linhagens 9 e 15, que exibiram elevada sensibilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BHATIA, C.R. The use of mutagens for facilitating recombination. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Manual on mutation breeding*. Vienna, 1977. 199p.
- CAMARGO, C.E. de O. Trigo. In: FURLANI, A.M.C. & VIÉGAS, G.P., eds. *O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1993. p.433-488.
- CAMARGO, C.E. de O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; BARROS, B.C.; FREITAS, J.G. de; PETTINELLI JUNIOR, A.; GALLO, P.B. & KANTHACK, R.A.D. Melhoramento do trigo: XXV. Avaliação de genótipos oriundos de populações híbridas introduzidas de Oregon (EUA) no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, **50**(2):225-246, 1991.
- CAMARGO, C.E. de O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FREITAS, J.G. de; BARROS, B.C.; CASTRO, J.L. de.; SABINO, J.C.; & ROCHA JUNIOR, L.S. Melhoramento do trigo: XXI. Avaliação de linhagens em diferentes regiões paulistas. *Bragantia*, Campinas, **48**(1):53-71, 1989.
- CAMARGO, C.E. de O.; FELÍCIO, J.C. & ROCHA JÚNIOR, L.S. Trigo: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **46**(2):183-190, 1987.
- CAMARGO, C.E. de O.; SANTOS, R.R. dos & PETTINELLI JUNIOR, A. Trigo duro: tolerância à toxicidade do alumínio em soluções nutritivas e no solo. *Bragantia*, Campinas, **51**(1):69-76, 1992.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. *Informe anual 1987*. México, D.F., 1988. 91p.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E. de O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FREITAS, J.G. de; BARROS, B.C. & VITTI, P. Tocantins (IAC 23) e Tucuruí (IAC 24): novos cultivares de trigo. *Bragantia*, Campinas, **47**(1):93-107, 1988.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E. de O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; GALLO, P.B.; RAMOS, V.J. & VITTI, P. IAC 60 Centenário e IAC 162 Tuiuiú: cultivares de trigo para sequeiro e irrigado no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, **50**(2):291-307, 1991.
- FERNANDES, M.J.B. de M. Citogenética. In: OSÓRIO, E.A., coord. *Trigo no Brasil*. Campinas, Fundação Cargill, 1982. v.1, cap. 4, p.95-143.
- INFORMAÇÕES ECONÔMICAS. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, **22**(5):1-138, 1992.
- LAGOS, M.B.; FERNANDES, M.I.B. de M.; CAMARGO, C.E. de O.; FEDERIZZI, L.C. & CARVALHO, F.I.F. de. Genetics and monosomic analysis of aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, **14**(4):1011-1020, 1991.
- MEHTA Y.R. *Doenças do trigo e seu controle*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1978. 190p. (Ceres, 20)
- MOORE, D.P.; KRONSTAD, W.E. & METZGER, R.J. Screening wheat for aluminum tolerance. In: WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, Beltsville, 1976. *Proceedings*. Ithaca, Cornell University, 1976. p.287-295.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 11.ed. rev. ampl. Piracicaba, Nobel, 1985. 466p.
- PRIOLI, A.J. *Análise genética da tolerância à toxidez do alumínio em milho (Zea mays L.)*. Campinas, 1987. 182p. Tese (Doutorado) - UNICAMP - Instituto de Biologia, 1987.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. *Relatório do Acordo entre a S.A.A., através do Instituto Agrônomo, 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, **10**(1):31-52, 1974.
- WELSH, J.R. & HEHN, E.R. The effect of chromosome 1D on hexaploid wheat flour quality. *Crop Science*, Madison, **4**(3):320-323, 1964.
- WU, Z. Increasing segregation range in spring wheat by irradiation. *Mutation Breeding Newsletter*, Vienna, **27**:9, 1986.