

COMPORTAMENTO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE TRIGO DE ORIGEM MEXICANA EM CONDIÇÃO DE IRRIGAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

AGRONOMIC PERFORMANCE OF WHEAT INBRED LINES ORIGINATED FROM MEXICO UNDER IRRIGATION CONDITION IN THE STATE OF SÃO PAULO

GUSTAVO BARNABÉ BIUDES¹, CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO^{2*}

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento de 18 linhagens de trigo introduzidas do Centro Internacional de Melhoramento do Milho e Trigo (CIMMYT), México, e duas cultivares-controle: IAC-24 e IAC-289, quanto à produção de grãos, estatura de plantas, resistência ao acamamento, ciclo da emergência ao florescimento e resistência à ferrugem-da-folha, em experimentos instalados em três locais do Estado de São Paulo: Monte Alegre do Sul, no período de 1999 a 2002, Mococa de 2001 a 2004 e Tatuí nos anos de 2001, 2002 e 2004. Os experimentos foram instalados em condições de solo ácido corrigido com calcário e sob irrigação por aspersão, utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A tolerância à toxicidade de alumínio dos genótipos foi avaliada, em condições de laboratório, empregando-se soluções nutritivas contendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 mg L⁻¹ de Al³⁺. Foi possível identificar linhagens apresentando bom comportamento agronômico para eventual lançamento aos agricultores e ou para serem utilizadas como genitores em programas de cruzamentos. A linhagem semi-anã 13 (HAHN/2*WEAVER) mostrou elevado rendimento de grãos, resistência à ferrugem-da-folha e tolerância ao alumínio. A linhagem 18 [KAUZ*2//TC*6/RL5406(RL6043)/3/KAUZ] destacou-se pelo porte reduzido e resistência ao acamamento; a 12 (HAHN/2*WEAVER) pela resistência à ferrugem-da-folha, a 6 (TURACO) e 17 (DESCONHECIDO) pela precocidade para florescer. As cultivares IAC-24 e BH-1146 e as linhagens 4 (MOCHIS T 88), 6, 8 (PRINIA), 9 (TURACO/CHIL), 12, 19 (ALDANIAS 58//OPATA) apresentaram elevada tolerância à toxicidade de alumínio.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., caracteres agronômicos, resistência à ferrugem-da-folha, tolerância ao alumínio.

ABSTRACT

To evaluate eighteen inbred lines of wheat introduced from International Improvement Maize and Wheat Center (CIMMYT), Mexico, and the check cultivars IAC-24 and IAC-289, in relation to grain yield, plant height, lodging resistance, number of days from emergence to flowering and resistance to leaf rust, experiments were carried out at three locations in the State of São Paulo, Brazil: Monte Alegre do Sul (1999-2002), Mococa (2001-2004) and Tatuí (2001, 2002 and 2004). The experiments were carried out at acid soils with lime application and under sprinkler irrigation conditions, using a randomized block experimental design with four replications. The genotypes were evaluated under laboratory conditions for their Al³⁺ toxicity tolerance using nutrient solutions with 0, 2, 4, 6, 8 and 10 mg L⁻¹ of Al³⁺. It was possible to identify genotypes showing good

agronomic behavior for eventual release to the growers and/or to be used as parents in a cross breeding program. The semi-dwarf line 13 (HAHN/2*WEAVER) showed high grain yield, leaf rust resistance and aluminum tolerance. The line 18 [KAUZ*2//TC*6/RL5406(RL6043)/3/KAUZ] presented semi-dwarf plant type and lodging resistance, the line 12 (HAHN/2*WEAVER) leaf rust resistance, the lines 6 (TURACO) and 17 (DESCONHECIDO) were early to flower. The cultivars IAC-24 and BH-1146 and the lines 4 (MOCHIS T 88), 6, 8 (PRINIA), 9 (TURACO/CHIL), 12, 19 (ALDANIAS 58//OPATA) presented high aluminum tolerance.

Key words: *Triticum aestivum* L., agronomic characteristics, leaf rust resistance, aluminum tolerance.

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos destinados ao cultivo do trigo no Brasil é de reduzida fertilidade com constante processo de lixiviação, com perda de nutrientes, elevação da acidez e, conseqüentemente, aumento na concentração de alumínio, provocando toxicidade às plantas (OLMOS & CAMARGO, 1976; ROSA et al., 1994). Esses fatores aliados ao regime hídrico irregular, tornam necessária a adoção de medidas que favoreçam o desenvolvimento da cultura visando elevar a produção de grãos. Nesse sentido, entre as práticas adotadas de forma a minimizar os efeitos negativos desses fatores, a utilização de técnicas de manejo mais eficientes como o emprego da irrigação por aspersão, de insumos e de cultivares com alto potencial produtivo, que agreguem outras características agronômicas de interesse, representam fatores potenciais para o incremento da produtividade de grãos (ROSA et al., 1994).

O Instituto Agronômico (IAC) por meio do programa de melhoramento genético de trigo tem obtido cultivares superiores para o Estado de São Paulo com alto potencial produtivo, porte semi-anão, maior fertilidade da espiga, resistentes ao acamamento e às principais moléstias, tolerantes ao alumínio tóxico do solo e com adaptabilidade aos diferentes ambientes de cultivo: sequeiro e irrigado por aspersão (CAMARGO, 1993).

As linhagens mexicanas apresentam geralmente alta sensibilidade à toxicidade de alumínio, por terem sido selecionadas em solos alcalinos, condição esta onde não há toxicidade de Al³⁺, porém possuem elevada produção de grãos associada a outros caracteres agronômicos

¹ Eng. Agrônomo, Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico (IAC), Bolsista da FAPESP.

² Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesquisador Científico, Instituto Agronômico (IAC), Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras, Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP). *Autor correspondente: <E-mail: ccamargo@iac.sp.gov.br> Bolsista do CNPq.

(Recebido para Publicação em 01/12/2006, Aprovado em 01/11/2007)

desejáveis. Por esse motivo têm sido utilizadas em cruzamentos com genótipos brasileiros como fontes genéticas desses caracteres, ou indicadas para cultivo em condição de manejo específico com o emprego de irrigação por aspersão (CAMARGO et al., 2001). As cultivares IAC-24, IAC-364 e IAC-376, provenientes de cruzamentos entre linhagens brasileiras e mexicanas, por suas características agrônômicas, foram lançadas para cultivo no Estado de São Paulo (COMISSÃO, 2005).

Cultivares tolerantes à toxicidade de Al^{3+} não diferiram em relação à produção de grãos das introduzidas do México, sensíveis à toxicidade de Al^{3+} , quando comparadas em solos corrigidos com calcário e com emprego da irrigação por aspersão, porém mostraram-se superiores em solos ácidos e cultivo de sequeiro (CAMARGO, 1993).

O presente estudo teve por objetivo avaliar o desempenho agrônômico de genótipos mexicanos em condição de irrigação por aspersão quanto à produção de grãos, estatura de plantas, resistência ao acamamento, ciclo da emergência ao florescimento, resistência à ferrugem-da-folha e tolerância à toxicidade de Al^{3+} , visando à identificação de genótipos superiores para um eventual lançamento aos

agricultores ou para serem utilizados como parentais em programas de cruzamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Dezoito linhagens de trigo selecionadas no ensaio "Heat Tolerant Wheat Yield Trial" do Centro Internacional de Melhoramento do Milho e Trigo (CIMMYT), México, foram avaliadas em onze experimentos instalados em condições de solos ácidos corrigidos com calcário, em diferentes locais do Estado de São Paulo, incluindo duas cultivares-controle: IAC-24 (brasileira) e IAC-289 (mexicana) (Tabela 1).

Os experimentos foram instalados em Monte Alegre do Sul, latitude 22°41'S, longitude 46°43'W, altitude 777 m, em Argissolo Vermelho-Amarelo, pertencente a zona tritícola H, durante os anos de 1999, 2000, 2001 e 2002; em Mococa, latitude 21°28'S, longitude 47°01'W, altitude de 665, em Argissolo Vermelho Eutrófico Latossólico, pertencente a zona tritícola H, durante os anos de 2001, 2002, 2003 e 2004; e em Tatuí, latitude 23°22'S, longitude 47°52'W, altitude de 600 m, Latossolo Vermelho, pertencente a zona tritícola D, nos anos de 2001, 2002 e 2004.

Tabela 1. Genealogia dos vinte genótipos de trigo avaliados nos experimentos instalados em Monte Alegre do Sul, Mococa e Tatuí, no período de 1999 a 2004.

Tratamento	Genealogia
1	IAC-24 (IAS-511/ISWRN 597-70)
2	IAC-289 (KAVKAZ/BUHO"S"/KAL/BB)
3	SERI M 82
4	MOCHIS T 88
5	FASAN
6	TURACO
7	ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO/4/CHIL
8	PRINIA
9	TURACO/CHIL
10	CHIL/BUC
11	MUNIA/KAUZ
12	HAHN/2*WEAVER
13	HAHN/2*WEAVER
14	KAUZ*2//DOVE/BUC/3/KAUZ
15	KAUZ*2/MNV//KAUZ
16	KAUZ*2//SAP/MON/3/KAUZ
17	DESCONHECIDO
18	KAUZ*2//TC*6/RL5406(RL6043)/3/KAUZ
19	ALDAN/IAS 58//OPATA
20	CETTIA

O delineamento estatístico utilizado em cada experimento foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, totalizando 80 parcelas. Em todas as parcelas a densidade de semeadura foi de 400 sementes viáveis por m^2 . A quantidade de fertilizantes utilizada foi de acordo com as tabelas de adubação do IAC para o trigo (INSTITUTO AGRÔNOMICO, 2002).

Empregou-se a irrigação por aspersão em todos os experimentos, iniciando essa prática logo após a semeadura, em intervalos de sete a dez dias (na ausência chuvas) com término próximo ao estágio de maturação das plantas.

Nos experimentos foram avaliadas os seguintes caracteres agrônômicos:

Produção de grãos: considerando a produção total de grãos, em gramas, obtida nas seis linhas de cada parcela, transformada em kg ha^{-1} , avaliado em todos os experimentos.

Estatura de plantas: compreende a distância em centímetros, do nível do solo ao ápice da espiga, excluindo-se as aristas, no início da maturação fisiológica, levando-se em consideração a média de diferentes pontos em cada parcela, avaliado em todos os experimentos.

Acamamento: considerando-se a porcentagem de plantas acamadas na época da maturação, empregando-se uma escala de zero (sem acamamento) até 100% (plantas totalmente acamadas), avaliados visualmente em pelo menos uma repetição.

Ciclo da emergência ao florescimento: contando-se o número de dias decorridos entre a emergência das plântulas e o florescimento (quando mais de 50% das espigas floresceram). Avaliado em todas as parcelas dos ensaios instalados em Monte Alegre do Sul (1999 a 2002) e Mococa (2001, 2003 e 2004).

Ferrugem-da-folha: avaliação efetuada nas parcelas de pelo menos uma repetição de cada experimento por meio de leitura dos sintomas, nas folhas superiores das plantas, no estágio do início da maturação, em condições naturais de infecção, empregando a escala modificada de Cobb apresentada por MEHTA (1993) onde: zero é considerado imune, 1 a 5% de área infectada é resistente, 6 a 25% moderadamente resistente, 26 a 50% suscetível e 51 a 99% altamente suscetível, complementada pelo tipo de reação.

Os dados de produção de grãos, estatura de plantas e ciclo da emergência ao florescimento foram submetidos à análise de variância individual, onde foi empregado o teste F, ao nível de 5%, para detectar efeitos significativos de genótipo e repetição. Para cada uma dessas variáveis, também foi efetuada a análise de variância conjunta por local, para detectar os efeitos de ano, genótipo e da interação genótipo x ano, utilizando como estimativa do desvio padrão residual, o quadrado médio da interação genótipo x ano. Foram realizadas também, análises de variância conjuntas considerando todos os experimentos, independentes de local e ano, para detectar efeitos de genótipo, de experimento e da interação genótipo x experimento. Nas análises conjuntas, para estimar os efeitos de genótipos e experimentos utilizou-se como estimativa do desvio padrão residual o quadrado médio da interação genótipo x experimento.

Para comparação das médias dos genótipos nos experimentos ou nos grupos de experimentos, empregou-se o teste de Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2001).

As plântulas dos 20 genótipos e das cultivares-controle BH-1146 (tolerante) e Anahuac (sensível) foram testadas para a tolerância ao alumínio, em condição de laboratório, nas concentrações de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 mg L^{-1} de Al^{3+} , em soluções nutritivas conforme CAMARGO et al. (2006a) e MOORE et al. (1976).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com arranjo em parcelas subdivididas: as parcelas, compostas por seis concentrações de alumínio (0, 2, 4, 6, 8 e 10 mg L^{-1} de Al^{3+}) e as subparcelas, pelos genótipos de trigo.

Após 48 horas nas soluções de tratamento contendo as diferentes concentrações de alumínio os genótipos foram transferidos para soluções nutritivas completas, sem alumínio, por 72 horas, conforme CAMARGO et al. (2006a).

Para análise dos dados, se considerou a média de comprimento da raiz primária central das cinco plantas de cada genótipo. Os genótipos que apresentaram crescimento radicular (independente da quantidade de crescimento) foram considerados tolerantes, enquanto aqueles que mostraram paralisação irreversível no crescimento das raízes, isto é, tiveram morte do meristema apical das raízes, foram considerados sensíveis. Adotou-se a classificação para tolerância à toxicidade de Al^{3+} empregada por CAMARGO et al. (1987) com modificações: quando ocorre paralisação irreversível da raiz primária central após tratamento em solução contendo 2 mg L^{-1} de Al^{3+} é muito sensível; após tratamento em solução contendo 4 mg L^{-1} de Al^{3+} é sensível; após tratamento em solução contendo 6 mg L^{-1} de Al^{3+} é moderadamente sensível; após tratamento em solução contendo 8 mg L^{-1} de Al^{3+} é moderadamente tolerante; após tratamento em solução contendo 10 mg L^{-1} de Al^{3+} é tolerante; e muito tolerante quando ocorre crescimento da raiz primária central após tratamento em soluções contendo 10 mg L^{-1} de Al^{3+} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios da análise de variância conjunta para produção de grãos dos onze experimentos, independentemente de locais e anos, revelaram efeitos significativos para genótipo, experimento e interação genótipo x experimento (Tabela 2). Esta análise conjunta levou em consideração a homogeneidade dos quadrados médios residuais de cada um dos onze experimentos, conforme GOMES (1990).

Tendo em vista a significância da interação genótipo x experimento foram levadas em consideração as análises de variância por local. Os quadrados médios para produção de grãos revelaram efeitos significativos para genótipo e ano nos três locais. Efeitos significativos para a interação genótipo x ano foram obtidos somente para Mococa e Tatuí, enquanto que Monte Alegre do Sul não foi evidenciado efeito significativo. Desta forma, devido a ausência de interação genótipo x ano, a comparação das médias dos genótipos neste local foi realizada considerando a média dos quatro anos de cultivo. Nessa condição, a linhagem 3 se destacou como a mais produtiva, não diferindo apenas das linhagens 13 e 17 (Tabela 2).

Tabela 2 - Produção de grãos dos 20 genótipos de trigo avaliados nos experimentos instalados em Monte Alegre do Sul, Mococa e Tatuí, no período de 1999 a 2004.

Genótipos	Monte Alegre do Sul		Mococa				Tatuí				Media geral
	1999-02	2001	2002	2003	2004	Média	2001	2002	2004	Média	
	kg ha ⁻¹										
1	2.109 b	4.715 a	2.698 a	4.035 d	4.528 b	3.994	2.861 b	3.639 b	3.545 b	3.348	3.133
2	2.582 b	5.259 a	2.844 a	4.750 b	4.903 a	4.439	3.247 a	4.365 a	3.767 b	3.793	3.587
3	3.096 a	5.444 a	2.752 a	4.583 c	4.438 b	4.304	3.278 a	4.424 a	3.389 b	3.697	3.699
4	2.475 b	5.017 a	2.691 a	5.073 a	5.222 a	4.501	3.392 a	4.271 a	4.514 a	4.059	3.644
5	2.767 b	5.399 a	2.431 a	4.160 d	4.660 b	4.163	2.490 b	4.028 b	3.066 c	3.194	3.391
6	2.517 b	4.924 a	2.372 b	4.458 c	5.333 a	4.272	2.524 b	3.688 b	3.483 b	3.232	3.350
7	2.438 b	5.403 a	2.233 b	4.736 b	4.715 b	4.272	2.340 b	4.007 b	2.799 c	3.049	3.271
8	2.699 b	5.052 a	2.601 a	5.229 a	5.000 a	4.471	2.455 b	4.101 b	3.545 b	3.367	3.525
9	2.663 b	4.823 a	3.049 a	5.049 a	5.285 a	4.551	3.288 a	3.927 b	3.729 b	3.648	3.618
10	2.688 b	5.670 a	2.601 a	5.191 a	4.653 b	4.529	2.549 b	4.153 a	2.639 c	3.113	3.474
11	2.572 b	5.264 a	2.205 b	4.701 b	3.993 b	4.041	2.500 b	4.611 a	2.771 c	3.294	3.303
12	2.552 b	5.747 a	2.934 a	4.976 a	4.333 b	4.497	3.000 a	4.340 a	3.698 b	3.679	3.567
13	2.972 a	5.799 a	2.576 a	5.139 a	4.951 a	4.616	3.472 a	4.868 a	4.038 a	4.126	3.885
14	2.638 b	4.754 a	1.993 b	4.587 c	4.424 b	3.940	2.517 b	4.399 a	3.396 b	3.438	3.329
15	2.477 b	4.136 b	1.885 b	4.385 c	3.965 b	3.593	2.788 b	3.917 b	3.351 b	3.352	3.121
16	2.449 b	4.326 b	2.438 a	4.045 d	3.806 b	3.654	2.847 b	4.267 a	2.924 c	3.346	3.132
17	3.075 a	3.653 b	2.469 a	4.226 d	4.451 b	3.700	2.913 b	4.007 b	3.090 c	3.337	3.373
18	2.628 b	4.250 b	1.639 b	4.108 d	4.542 b	3.635	2.615 b	4.208 a	3.247 c	3.357	3.193
19	2.513 b	3.365 b	3.125 a	4.642 b	4.611 b	3.936	3.278 a	3.889 b	3.767 b	3.645	3.339
20	2.541 b	4.375 b	2.247 b	4.340 c	4.319 b	3.820	2.229 b	3.490 b	2.934 c	2.884	3.100
F (Repetições)	-	2,60	2,70	3,82*	3,86*	-	0,26	7,15*	0,32	-	-
F (Genótipos)	4,44*	3,66*	2,25*	8,41*	3,30*	3,05*	3,52*	3,59*	4,73*	3,46*	4,20*
F (Anos) ou (Exp.)	107,52*	-	-	-	-	157,91*	-	-	-	96,94*	159,37*
F (GxA) ou (GxE)	0,74	-	-	-	-	2,01*	-	-	-	2,09*	1,99*
C.V. %	19,22	14,60	20,53	5,91	10,15	13,44	14,55	8,53	12,73	11,90	14,74

* Significativo ao nível de 5%. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem, entre si, pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5%.

Interações genótipo x ano significativas para produção de grãos em Mococa e Tatuí indicaram que um ou mais genótipos apresentaram padrão de comportamento diferenciado perante as variações de anos. Os quadrados médios das análises de variância individuais mostraram efeitos significativos para genótipo em Mococa e Tatuí em todos os anos e efeitos significativos para repetição nos experimentos instalados em 2003 e 2004 em Mococa e em 2002 em Tatuí (Tabela 2).

Em Mococa, no ano de 2001, as cultivares IAC-24 e IAC-289 e as linhagens 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 se destacaram quanto à produção de grãos. Em 2002 as cultivares IAC-24 e IAC-289 e as linhagens 3, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17 e 19 foram as mais produtivas; em 2003 as linhagens 4, 6, 8, 9, 10, 12 e 13 tiveram os maiores rendimentos de grãos e no ano de 2004 a cultivar IAC-289 e as linhagens 4, 6, 8, 9 e 13 foram as mais produtivas. Em Tatuí, as linhagens 4 e 13 se destacaram em 2001, 2002 e 2004, não diferindo da cultivar IAC-289 e das linhagens 3, 9, 12 e 19 em 2001; e da cultivar IAC-289 e das linhagens 3, 10, 11, 12, 14, 16 e 18 em 2002 (Tabela 2).

Embora as análises de variância conjuntas para os onze experimentos e para os de Mococa e Tatuí, considerados separadamente, indicaram a presença de forte interação genótipo x experimento e genótipo x ano, respectivamente, a linhagem 13 (HAHN/2*WEAVER), destacou-se entre os genótipos mais produtivos em todos os experimentos, indicando sua superioridade perante aos demais. Resultados apresentados por AMORIM et al. (2006) estudando a adaptabilidade e estabilidade destes mesmos genótipos de trigo, nas mesmas condições deste trabalho, porém considerando apenas os anos de 2001 e 2002, indicaram que a linhagem 13 apresentou alta estabilidade e ampla adaptabilidade para produção de grãos.

Apesar de a triticultura irrigada representar uma pequena parcela da área cultivada no Brasil os resultados mostraram que em todos os experimentos considerados houve linhagens introduzidas do México com desempenho igual ou superior as cultivares-controle, revelando um bom potencial produtivo dos genótipos introduzidos. Resultados semelhantes já haviam sido descritos por CAMARGO (1993);

CAMARGO et al. (2001); LOBATO et al. (2005) que ressaltavam a necessidade de condições específicas de cultivo para os genótipos mexicanos. Esses resultados não concordaram com os obtidos em solos ácidos e em condição de sequeiro por CAMARGO (1993). Nessa situação as cultivares nacionais produziram mais do que às mexicanas, devido em grande parte à sua elevada tolerância à toxicidade de Al^{3+} .

Os quadrados médios das análises de variância conjuntas dos onze experimentos para estatura de planta mostraram efeitos significativos para genótipo, experimento e interação genótipo x experimento (Tabela 3). Devido a presença de efeitos significativos para a interação genótipo x experimento, se considerou as análises de variância conjuntas para cada um dos três locais, independentemente de anos. Os quadrados médios dessas análises de variância revelaram efeitos significativos para genótipo em Monte Alegre do Sul e Tatuí, efeitos de ano significativos em todos os locais e interações genótipo x ano significativos em Mococa e Tatuí. Desta forma, em Monte Alegre do Sul, por não apresentar efeitos significativos da interação genótipo x ano, a comparação dos genótipos foi realizada considerando a média dos quatro anos de cultivo. Neste local as linhagens 4, 5, 11 e 18 apresentaram as plantas de porte mais reduzido (77 a 80 cm).

Em Mococa e Tatuí, devido à presença de efeitos significativos da interação genótipo x ano, foram levadas em consideração às análises de variância individuais para a estatura. Este caráter revelou efeitos significativos para genótipo em todos os experimentos, com exceção de Mococa em 2003 e efeitos de repetições significativos para os anos de 2003 e 2004 em Mococa e 2002 em Tatuí (Tabela 3).

Analisando os dados de estatura de plantas dos ensaios de Mococa, as linhagens mais baixas em 2001 foram as cultivares IAC-24 e IAC-289 e as linhagens 4, 5, 6, 9, 12, 14, 15, 16, 18 e 19. Em 2002, as linhagens 4, 11, 18 e 19 expressaram as plantas mais baixas e em 2004 as linhagens 3, 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 18 apresentaram as plantas mais baixas (Tabela 3). Analisando os dados

Tabela 3 - Estatura de planta e resistência ao acamamento dos vinte genótipos de trigo avaliados em Monte Alegre do Sul, Mococa e Tatuí, no período de 1999 a 2004.

Genótipos	Estatura de plantas										Acamamento			
	M.A.S. ¹		Mococa			Tatuí			Média	M.A.S. ¹		Mococa	Tatuí	
	1999-02	2001	2002	2003	2004	Média	2001	2002	2004	Média	geral	1999-02	2001-04	2001-02-04
	cm										%			
1	83 c	64 b	52 a	74	85 a	69	80 b	76 c	88 a	81	77	10	9	27
2	82 c	64 b	57 a	74	83 a	70	83 a	86 a	80 b	83	78	4	4	7
3	85 c	70 a	61 a	71	79 b	70	83 a	83 a	81 b	82	79	6	0	0
4	79 d	62 b	51 b	72	81 a	67	73 c	73 d	76 c	74	73	19	10	13
5	78 d	67 b	58 a	69	80 a	69	66 d	70 d	75 c	70	73	11	1	0
6	83 c	63 b	56 a	68	81 a	67	66 d	70 d	78 c	71	74	9	13	13
7	93 a	78 a	63 a	77	81 a	75	79 b	86 a	84 c	83	84	11	8	13
8	87 b	71 a	61 a	76	81 a	72	74 c	81 b	81 b	79	79	11	5	7
9	88 b	66 b	62 a	72	74 b	69	81 a	76 c	79 c	79	79	9	10	0
10	89 b	74 a	55 a	75	84 a	72	78 b	79 b	76 c	78	80	13	5	7
11	80 d	69 a	47 b	76	77 b	67	69 d	75 c	71 d	72	73	11	4	0
12	83 c	67 b	59 a	75	75 b	69	70 d	76 c	79 c	75	76	5	3	0
13	83 c	65 a	57 a	72	77 b	68	77 b	74 c	80 b	77	76	4	3	0
14	83 c	68 b	56 a	71	77 b	68	73 c	73 d	71 d	72	75	16	1	0
15	84 c	64 b	57 a	77	79 b	69	74 c	76 c	76 c	75	76	25	3	0
16	87 b	66 b	59 a	75	81 a	70	78 b	78 c	76 c	77	78	21	6	0
17	93 a	72 a	61 a	80	84 a	74	77 b	79 b	84 b	80	83	19	29	0
18	77 d	65 b	45 b	77	75 b	66	72 c	68 d	70 d	70	71	9	6	0
19	94 a	67 b	51 b	83	87 a	72	88 a	85 a	91 a	88	84	25	15	27
20	91 a	71 a	56 a	77	80 a	71	66 d	76 c	81 c	74	79	11	23	0
F (Repetições)	-	1,52	0,38	3,50*	11,03*	-	0,99	4,27*	2,11	-	-	-	-	-
F (Genótipos)	22,28*	2,50*	2,41*	1,56	4,03*	1,68	8,40*	8,37*	5,87*	6,61*	11,97*	-	-	-
F (Anos) ou (Exp.)	43,56*	-	-	-	-	154,44*	-	-	-	6,07*	138,03*	-	-	-
F (GxA) ou (GxE)	0,85	-	-	-	-	1,84*	-	-	-	2,42*	2,10*	-	-	-
C.V. %	5,36	7,50	11,15	7,78	4,24	7,86	5,48	4,69	5,55	5,43	6,23	-	-	-

(¹) M.A.S.: Monte Alegre do Sul * Significativo ao nível de 5%. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem, entre si, pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5%.

BIUDES et al. Comportamento agrônômico de genótipos de trigo de origem mexicana em condições de irrigação no Estado ... de estatura de plantas de Tatuí, em 2001 as linhagens 5, 6, 11, 12 e 20 exibiram as plantas mais baixas, em 2002 e 2004 a linhagem 18 apresentou porte mais reduzido não diferindo das linhagens 4, 5, 6 e 14 em 2002 e das linhagens 11 e 14 em 2004.

Considerando os dados de acamamento e de estatura de plantas pode-se observar que houve uma tendência dos genótipos com maior porcentagem de acamamento mostrar porte semi-anão mais elevado, como por exemplo, a linhagem 19 nos três locais, a linhagem 17 em Monte Alegre do Sul e Mococa. Contudo, as linhagens 7 e 20 em Monte Alegre do Sul; 7, 8, 10 e 16 em Mococa e as linhagens 10 e 17 em Tatuí, apresentaram porte semi-anão mais elevado com considerável resistência ao acamamento, sendo atribuído neste caso, a outras características que possivelmente estariam influenciando o caráter, entre elas a palha forte. Avaliando linhagens diplóides de trigo em condições do Estado de São Paulo, SALOMON et al. (2003) também verificaram que genótipos com porte semi-anão mais alto tenderam a apresentar maior porcentagem de acamamento embora também observassem genótipos de porte semi-anão mais alto com considerável tolerância ao acamamento.

Apesar de todos os genótipos avaliados mostrarem porte semi-anão observou-se diferenças significativas para estatura de plantas dos genótipos na maioria dos experimentos. A linhagem 18 (KAUZ*2//TC*6/RL5406(RL6043)/3/KAUZ), não diferiu dos genótipos com menor porte em todos os experimentos (exceto Mococa 2003 e Tatuí 2001) e teve considerável resistência ao acamamento em todos os locais, constituindo-se em germoplasma de interesse ao programa de melhoramento podendo ser utilizada em cruzamentos como fonte dessas características. Em condições onde há o emprego de irrigação e utiliza-se elevadas doses de nitrogênio na adubação, é indicada a utilização de cultivares de porte semi-anão mais baixo associado à resistência ao acamamento (INSTITUTO AGRONÓMICO, 2002). Deve-se também ressaltar que no Brasil o sistema de irrigação mais comumente utilizado é por aspersão onde há o impacto e o acúmulo da água na planta favorecendo o acamamento. No México, o sistema de irrigação é por infiltração, não havendo um contato direto da parte aérea da planta com a água.

Para ciclo da emergência ao florescimento, considerando a análise de variância conjunta dos experimentos, independente de anos e locais, os quadrados médios revelaram efeitos significativos para genótipo, experimento e interação genótipo x experimento (Tabela 4). Dessa forma, consideraram-se as análises de variância conjuntas para os dois locais. Em Monte Alegre do Sul e Mococa, houve efeitos significativos para genótipos, anos e interação genótipo x ano, indicando haver diferenças significativas no padrão de resposta dos genótipos perante as variações de anos, sendo necessário se avaliar os genótipos ano a ano.

Os quadrados médios da análise de variância individual revelaram haver efeitos significativos de genótipo em todos os anos, nos dois locais, e efeitos de repetição significativos em 1999, 2000 e 2002 em Monte Alegre do Sul, e em 2001 e 2004 em Mococa. Embora a interação genótipo x ano tenha sido significativa em Monte Alegre do Sul e Mococa, as linhagens 6 (TURACO) e 17 (DESCONHECIDO), se destacaram como as mais precoces para florescer em todos os anos nos dois locais. Em Monte Alegre do Sul estas linhagens não diferiram da 5 e 20 em 1999 e 2002 e também da linhagem 10 em 2002 enquanto que em Mococa não diferiram das linhagens 9, 10, 19 e 20 em 2001 e da 20 em 2003 (Tabela 4). Cultivares com ciclo mais curto, como as linhagens 6 e 17, são preferidas para cultivo por terem

menor risco de perdas, por permanecerem menos tempo no campo, expostas a estresses bióticos e abióticos, e também visando o melhor aproveitamento do solo na sucessão de culturas (CAMARGO, 1993).

A ocorrência da ferrugem-da-folha (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) foi mais relevante em Mococa em 2003 e 2004 e em Tatuí em 2002 e 2004, permitindo uma diferenciação dos níveis de resistência dos genótipos em relação ao patógeno mesmo sendo registrado baixos índices de infecção (Tabela 4). Nos demais experimentos, não foram observados índices de infecção suficientes para diferenciá-los, sendo que em Monte Alegre do Sul (1999, 2000 e 2001) e Tatuí (2001) (dados não apresentados) não houve ocorrência da ferrugem-da-folha, devido provavelmente as condições ambientais não favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Tabela 4 - Ciclo da emergência ao florescimento e graus médios de infecção de ferrugem-da-folha ⁽¹⁾ dos 20 genótipos de trigo avaliados nos experimentos instalados em Monte Alegre do Sul, Tatuí e Mococa, no período de 1999 a 2004

Genótipos	Ciclo da emergência ao florescimento									Ferrugem-da-folha									
	Monte Alegre do Sul					Mococa				Média geral	M.A.S. ¹	Mococa				Tatuí			
	1999	2000	2001	2002	Média	2001	2003	2004	Média			2002	2001	2002	2003	2004	2002	2004	
	dias											%							
1	73 b	73 b	70 a	63 b	70	54 b	57 b	57 b	56	64	0	tS	0	8S	tS	8S	20S		
2	75 a	72 b	71 a	61 c	70	58 a	59 a	57 b	58	65	tS	0	0	3S	30S	5S	5S		
3	78 a	73 a	71 a	65 a	72	60 a	59 a	63 a	61	67	tS	tS	0	6S	20S	tS	5S		
4	75 a	72 b	70 a	61 c	70	54 b	57 b	56 b	56	64	0	0	0	tS	tS	3S	5S		
5	66 d	68 c	69 a	59 d	66	54 b	57 b	53 c	55	61	0	tS	0	8S	tS	3S	10S		
6	64 d	63 d	64 c	58 d	62	52 c	51 c	48 e	50	57	tS	tS	0	3S	tS	tS	tS		
7	69 c	71 b	69 a	61 c	68	54 b	58 a	53 c	55	62	0	tS	0	8S	5S	5S	5S		
8	72 b	74 a	70 a	62 c	70	54 b	58 a	55 c	56	64	0	0	0	3S	tS	tS	tS		
9	70 c	70 b	68 a	62 c	68	53 c	56 b	54 c	54	62	0	0	0	8S	5S	5S	10S		
10	70 c	71 b	70 a	59 d	68	53 c	56 b	51 d	53	62	0	0	tS	10S	10S	3S	10S		
11	71 c	72 b	69 a	65 a	69	60 a	60 a	56 b	59	65	0	0	0	tS	5S	5S	5S		
12	68 c	66 c	67 b	59 d	65	55 b	57 b	53 c	55	61	0	0	0	0	tS	0	0		
13	72 b	68 c	66 b	61 c	67	60 a	57 b	55 c	57	63	0	0	0	0	tS	tS	0		
14	74 b	73 b	70 a	66 a	70	60 a	60 a	60 a	60	66	0	0	0	tS	tS	3S	5S		
15	76 a	72 b	70 a	65 a	70	60 a	60 a	58 b	59	65	0	tS	0	3S	5S	8S	10S		
16	75 a	76 a	71 a	66 a	72	61 a	60 a	61 a	61	67	0	tS	0	5S	5S	3S	5S		
17	65 d	64 d	65 c	58 d	63	52 c	50 c	47 e	50	57	0	tS	0	5S	5S	3S	10S		
18	73 b	72 b	70 a	65 a	70	60 a	59 a	59 b	59	65	0	0	0	3S	5S	3S	0		
19	70 c	71 b	69 a	62 c	68	52 c	55 b	54 c	54	62	0	0	0	8S	tS	5S	10S		
20	65 d	69 c	69 a	59 d	65	52 c	51 c	50 d	51	59	0	tS	0	5S	5S	5S	5S		
F (Repetições)	6,36*	6,36*	1,86	15,68*	-	4,04*	1,10	3,14*	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
F (Genótipos)	14,01*	12,20*	6,77*	16,83*	12,27*	18,08*	15,95*	12,90*	12,01*	23,67*	-	-	-	-	-	-	-		
F (Anos) ou (Experimentos)	-	-	-	-	150,17*	-	-	-	6,61*	357,86*	-	-	-	-	-	-	-		
F (GxA) ou (GxE)	-	-	-	-	2,54*	-	-	-	3,87*	2,95*	-	-	-	-	-	-	-		
C.V. %	3,02	2,61	2,21	2,15	2,90	2,83	2,65	4,23	3,98	5,00	-	-	-	-	-	-	-		

* Significativo ao nível de 5%. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem, entre si, pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5%.

⁽¹⁾ M.A.S.: Monte Alegre do Sul. ⁽²⁾ Avaliação de ferrugem-da-folha segundo MEHTA (1993): 0 = imune, 1 a 5% de área infectada = resistente, 6 a 25% = moderadamente resistente, 26 a 50% = suscetível e 51 a 99% = altamente suscetível. t=traço (apenas algumas pústulas); S= reação de suscetibilidade.

Em Monte Alegre do Sul no ano de 2002 e em Mococa nos anos de 2001 e 2002 a porcentagem de área foliar infectada variou de 0 a traço (apenas algumas pústulas), em 2003 variou de 0 a 10% e em 2004 de traço a 30%. Em Tatuí variou de 0 a 8% em 2002 e de 0 a 20% em 2004 (Tabela 4). Contudo, nas avaliações, as pústulas observadas foram do tipo suscetível em todos os experimentos. Apesar da baixa incidência de ferrugem-da-folha nos ensaios, considerando a escala proposta por MEHTA (1993), as linhagens 4, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 18 e 20 se destacaram como resistentes ao agente causal da ferrugem-da-folha por mostrarem índice de infecção abaixo de 5% em todos os locais e anos de avaliação. As linhagens 12 (HAHN/2*WEAVER) e 13 (HAHN/2*WEAVER) se comportaram como as mais resistentes, apresentando traços da doença em apenas dois experimentos e imunidade nos demais. Esses genótipos, pela resistência, poderão ser utilizados em cruzamentos como fonte de resistência genética.

Encontram-se na Tabela 5 o comprimento médio das raízes dos vinte genótipos de trigo avaliados, além dos cultivares-controle BH-1146 (tolerante) e Anahuac (sensível),

após 72 horas de crescimento em solução normal (sem alumínio), que se seguiu a um crescimento em solução-tratamento contendo seis diferentes concentrações de alumínio.

Considerando 2 mg L⁻¹ de Al³⁺ (Tabela 5), verificou-se que as linhagens 7, 10, 11, 17, 20 e a cultivar-controle Anahuac foram sensíveis a esta concentração de alumínio, ou seja, revelaram paralisação irreversível do crescimento da raiz primária central após tratamento com 2 mg L⁻¹ de Al³⁺. Os demais genótipos mostraram-se tolerantes, isto é, exibiram algum crescimento radicular após tratamento em soluções contendo essa concentração de alumínio. Genótipos com esse comportamento foram classificados como muito sensíveis à toxicidade de alumínio.

As linhagens 3, 14, 15 e 18 foram tolerantes a 2 e 4 mg L⁻¹ de Al³⁺ porém, sensíveis 6 mg L⁻¹ de Al³⁺, mostrando paralisação irreversível no crescimento da raiz primária central após tratamento com esta concentração de alumínio. Esses genótipos foram considerados moderadamente sensíveis à toxicidade de alumínio.

Tabela 5 - Comprimento médio das raízes de vinte genótipos de trigo avaliados após 72 horas de crescimento em solução nutritiva normal, que se seguiu a um crescimento em solução nutritiva de tratamento contendo seis diferentes concentrações de alumínio na solução.

Genótipos	Concentração de alumínio (mg L ⁻¹)					
	0	2	4	6	8	10
	mm					
1	37,4	51,6	53,2	35,4	45,2	38,4
2	61,0	30,4	27,2	2,4	0,0	0,0
3	64,0	42,3	29,6	0,0	0,0	0,0
4	49,2	49,0	44,6	42,0	47,2	27,0
5	45,8	44,2	45,2	0,8	12,0	0,0
6	64,8	60,0	54,2	35,4	46,4	34,4
7	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	64,8	63,2	39,6	36,6	28,4	28,5
9	66,2	56,8	52,2	45,0	38,6	32,4
10	97,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	73,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	40,8	44,4	39,0	29,8	39,8	29,4
13	66,2	50,2	46,8	37,2	44,2	32,6
14	66,0	18,8	19,6	0,0	0,0	0,0
15	72,0	21,2	15,0	0,0	0,0	0,0
16	67,8	12,4	16,4	5,3	9,4	0,0
17	86,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	74,8	36,4	33,4	0,0	0,0	0,0
19	70,0	60,2	45,0	41,4	42,4	39,8
20	82,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BH-1146	74,4	87,6	86,0	68,6	71,8	62,4
Anahuac	59,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A cultivar IAC-289 exibiu paralisação de crescimento radicular na solução contendo 8 mg L⁻¹ e as linhagens 5 e 16 na solução contendo 10 mg L⁻¹ de Al³⁺, sendo estes genótipos considerados moderadamente tolerante e tolerantes à toxicidade de alumínio, respectivamente.

As linhagens 4 (MOCHIS T 88), 6 (TURACO), 8 (PRINIA), 9 (TURACO/CHIL), 12 (HAHN/2*WEAVER), 13 (HAHN/2*WEAVER), 19 e as cultivares IAC-24 e BH-1146 foram consideradas muito tolerantes por apresentarem crescimento radicular mesmo após tratamento contendo 10 mg L⁻¹ de Al³⁺.

A associação entre os resultados observados no laboratório e os resultados observados no campo em condições de solo ácido, reportada por CAMARGO et al. (2006b) e SALOMON et al. (2003), sugere que os genótipos classificados como tolerantes nas condições de laboratório poderiam ser indicados para cultivo em locais onde há presença de alumínio com elevado nível de toxicidade no solo.

O presente trabalho permitiu a identificação de linhagens mexicanas com elevada tolerância à toxicidade de alumínio, em soluções nutritivas, associada a alto potencial de rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

1. Linhagens introduzidas do México apresentaram bom comportamento agrônomico em condições específicas de solo ácido corrigido com calcário e sob irrigação por aspersão. Foi possível identificar genótipos para eventual lançamento aos agricultores e ou para serem utilizados como genitores em programas de cruzamentos.

2. A linhagem semi-anã 13 (HAHN/2*WEAVER) mostrou elevado rendimento de grãos, resistência à ferrugem-da-folha e tolerância ao alumínio.

3. A linhagem 18 [KAUZ*2//TC*6/RL5406(RL6043)/3/KAUZ] destacou-se pelo porte reduzido e resistência ao acamamento; a linhagem 12 (HAHN/2*WEAVER) pela resistência à ferrugem-da-folha, a 6 (TURACO) e 17 (DESCONHECIDO) pela precocidade para florescer.

4. As cultivares IAC-24 e BH-1146 e as linhagens 4 (MOCHIS T 88), 6, 8 (PRINIA), 9 (TURACO/CHIL), 12, 19 (ALDAN/IAS 58//OPATA) apresentaram elevada tolerância à toxicidade de alumínio.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) pelo fornecimento dos genótipos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, E.P.; CAMARGO, C.E.O.; FELICIO, J.C. et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.4, p.575-582, 2006.
CAMARGO, C.E.O. Trigo In: FURLANI, A.M.C.; VIEGAS, G.P. (Ed.) O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomico. Campinas: Instituto Agrônomico, 1993. Cap.12, p.433-488.

CAMARGO, C.E.O.; FELICIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P. et al. Comportamento agrônomico de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.60, n.1, p.35-44, 2001.

CAMARGO, C.E.O.; FELICIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P. et al. Tolerância de genótipos de trigo comum, trigo duro e triticale à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.1, p.43-53, 2006a.

CAMARGO, C.E.O.; FELICIO, 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.O., FERREIRA FILHO, A.W.P.; FELICIO, J.C. et al. Linhagens diplóides de trigo: desempenho agrônomico em dois locais do Estado de São Paulo e tolerância à toxicidade de alumínio em laboratório. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 2, p.253-268, 2006b.

COMISSÃO CENTRO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas da Comissão Centro Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005. Embrapa Soja: Londrina, 2005. 234p. (Sistemas de Produção, 7).

CRUZ, C.D. GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Nobel, 1990.

INSTITUTO AGRÔNOMICO. Recomendações da Comissão Técnica de Trigo para 2002. 3.ed.atual. Campinas: Instituto Agrônomico, 2002. 92p. (Boletim Técnico IAC, 196).

LOBATO, M.T.V.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P. et al. Desempenho de linhagens de trigo mexicanas, em condição de irrigação por aspersão no Estado de São Paulo. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v.72, n.2, p.211-219, 2005.

MEHTA, Y.R. Manejo integrado de enfermidades del trigo. Santa Cruz de la Sierra: Landivar, 1993.

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, 1976, Beltsville, Proceedings...Ithaca: Cornell University, 1976. p.287-295.

OLMOS, J.I.L.; CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*, Rio de Janeiro, v. 28, n.2, p.171-180, 1976.

ROSA, O.S., CAMARGO, C.E.O.; RAJARAM, S. et al. Produtividade de trigo (*Triticum aestivum* L.) com tolerância ao alumínio tóxico no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, n.3, p. 411-417, 1994.

SALOMON, M.V.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P. et al. Performance of dihaploid wheat lines obtained via anther culture. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, p.43-50, 2003.