

# TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE TRITICALE A DIFERENTES NÍVEIS DE FERRO EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS<sup>1</sup>

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO e JOSÉ GUILHERME DE FREITAS<sup>2</sup>

**RESUMO** - Estudou-se o comportamento diferencial de duas cultivares de trigo e de doze linhagens e duas cultivares de triticale, empregando-se soluções nutritivas arejadas contendo quatro concentrações de ferro (0,56; 5,0; 10,0 e 20,0 mg/litro) à temperatura de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ , e pH 4,0. A média do crescimento das raízes dos genótipos, durante doze dias, nas diferentes soluções de tratamento, foi o parâmetro utilizado para a avaliação da tolerância. As linhagens de triticale M2A - KLA "S" x MA, Faro "S", Panche 7287, Nutria 7272, Merino "S" - JLO "S" e Nutria 440 foram consideradas as mais tolerantes quando se empregaram 10 mg/litro de  $\text{Fe}^{2+}$  nas soluções por apresentarem raízes mais compridas em relação às da cultivar de trigo BH-1146, usada como controle para sensibilidade, porém não diferiram da cultivar de trigo Siete Cerros usada como controle para tolerância. À medida que se aumentaram as concentrações de ferro nas soluções de 0,56 para 20 mg/litro, verificou-se que todos os genótipos de triticale mostraram-se mais tolerantes que a 'BH-1146', porém menos tolerantes que a 'Siete Cerros', levando-se em conta a percentagem de redução no sistema radicular.

Termos para indexação: trigo, genótipos tolerantes, genótipos sensíveis, crescimento das raízes, toxicidade.

## TOLERANCE OF TRITICALE GENOTYPES TO DIFFERENT LEVELS OF IRON IN NUTRIENT SOLUTIONS

**ABSTRACT** - Two wheat cultivars and twelve triticale inbred lines and two triticale cultivars were studied for iron tolerance in nutrient solutions. The treatments consisted of four different iron levels (0.56; 5.0; 10.0 and 20.0 mg/l) under constant temperature  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ , pH 4.0, and continuous aeration. Iron tolerance was evaluated by considering the mean root length, for each genotypes, after a period of twelve days growing in nutrient solution with different iron levels. The triticale lines M2A - KLA "S" x MA, Faro "S", Panche 7287, Nutria 7272, Merino "S" - JLO "S" and Nutria 440 were considered the most tolerant when 10 mg/l of  $\text{Fe}^{2+}$  were used in the solution, because their roots were longer in relation to those of the wheat cultivar BH-1146 (sensitive control), but they did not differ from the wheat cultivar Siete Cerros (tolerance control). As the iron concentration in the solutions was increased from 0.56 to 20.0 mg/l, all triticale genotypes showed more tolerance than BH-1146 and less tolerance than Siete Cerros, taking into account the percentage of root length reduction.

Index terms: wheat, tolerant genotypes, sensitive genotypes, root growth, toxicity.

## INTRODUÇÃO

A cultura de triticale representa grande potencialidade para o Estado de São Paulo, em virtude da sua elevada produtividade, adaptação às condições de acidez do solo, apresentação de um menor índice de chochamento das espigas em relação ao trigo quando plantada em con-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 28 de janeiro de 1992

Com verba suplementar do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria da Agricultura e Abastecimento, através do Instituto Agrônômico.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 28. CEP 13020-902 Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

dição de várzea, e principalmente pela melhor qualidade dos grãos (maior peso de cem grãos) exibida pelas novas cultivares (Camargo & Felício 1975 e 1984, Felício et al. 1988 e Camargo et al. 1988 e 1989).

Foi demonstrada, em diversos trabalhos, a elevada tolerância à toxicidade de Al exibida pelas cultivares de triticales avaliadas (Camargo & Felício 1984 e 1987 e Camargo et al. 1990). Sendo o triticales provindo da hibridação entre as espécies trigo e centeio, em geral apresenta maior tolerância à toxicidade de Al do que o trigo, e menor do que o centeio (Camargo & Felício 1987).

Nos últimos anos, a toxicidade de Fe tem constituído um problema sério na cultura do trigo instalado em solos ácidos no Estado de São Paulo, seja em condição de sequeiro, seja de irrigação por aspersão, provocando um amarelecimento acentuado nas folhas inferiores das plantas. Esses sintomas ficam evidenciados nos anos chuvosos, em cultura de sequeiro, enquanto são mais freqüentes em condições de irrigação, em decorrência do aparecimento de uma camada de adensamento no solo na profundidade de 20 a 30 cm (Camargo et al. 1988).

Empregando soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de  $Fe^{3+}$  (0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0 mg/litro), verificou-se que as cultivares de triticales PFT 7719, PFT 8282, TCEP 7889 e Juanillo 159 foram tão tolerantes à toxicidade de Fe quanto a cultivar de trigo Siete Cerros, empregada como controle (Camargo et al. 1988).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar quanto à tolerância à toxicidade de Fe em solução nutritiva novas linhagens de triticales obtidas por seleções realizadas no Instituto Agronômico, juntamente com linhagens introduzidas do CIMMYT, México, em comparação com cultivares de trigo e de triticales.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os genótipos de triticales estudados em número de 14 e as respectivas origens foram as seguintes:

As linhagens 1 a 4 são provenientes de progênies

selecionadas no Instituto Agronômico em populações híbridas de triticales introduzidas em 1979 do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - EMBRAPA -, Passo Fundo, RS. A genealogia dessas linhagens é a seguinte:

**Linhagens 1 e 2** - Panda "S" x (Maya 2 x Armadillo)  
**Linhagem 3** - [(Maya 2 x Armadillo) x Koala "S"] x [Maya 2 x Armadillo].

**Linhagem 4** - [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x (INIA x Armadillo).

**TCEP 77138 = CEP 15** - cultivar recomendada para plantio no Estado de São Paulo, originária do cruzamento [(Maya 2 x Armadillo) x Camel], introduzida do Centro de Experimentação e Pesquisa da FECO-TRIGO, em Cruz Alta, RS.

As linhagens 6 a 14 foram selecionadas no Internacional Triticales Yield Nursery - ITYN -, procedentes do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo, México, e conduzido no Centro Experimental de Campinas, em 1984.

**Linhagem 6** - Faro "S" - Oriunda do cruzamento (Beagle x Cocoraque) x (IRA x Camel).

**Linhagem 7** - Panche 7287 - É proveniente do cruzamento Muskok "S" x Juanillo "S".

**Linhagem 8** - Nutria 7272 - Originária do cruzamento Merino "S" x Juanillo.

**Linhagens 9 e 10** - Merino "S" x Juanillo.

**Linhagem 11** - Nutria 440 - Provinda do híbrido Merino "S" x Juanillo.

**Linhagem 12** - Bacum "S" x Addax "S".

**Juanillo 159 = IAC-1** - Cultivar lançada para o Estado de São Paulo, originária do cruzamento [Drira x (Kiss x Armadillo "S")], introduzida do CIMMYT, México.

**Linhagem 14** - Whale - Esta linhagem é oriunda do cruzamento: (W 74103 x Addax "S"<sup>3</sup>) x [Beagle "S" x (Maya 2 x Armadillo)] x IRA.

As cultivares de trigo BH-1146 e Siete Cerros foram utilizadas como controles de sensibilidade e tolerância à toxicidade de  $Fe^{2+}$ , respectivamente (Camargo & Freitas 1985).

O delineamento estatístico empregado no experimento foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com duas repetições, cujas parcelas foram compostas por quatro diferentes concentrações de Fe (0,56; 5,0; 10,0 e 20,0 mg/litro) e, as subparcelas, pelos quatorze genótipos de triticales já citados e pelas cultivares de trigo BH-1146 e Siete Cerros. Os dados foram analisados considerando-se a média do comprimento da raiz das dez plântulas de cada genótipo, após doze dias de crescimento em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de Fe.

O método utilizado consistiu no seguinte:

As sementes dos genótipos de triticale e de trigo foram lavadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 10% e colocadas para germinar em caixas-de-Petri por 72 horas dentro do refrigerador. Após esse tempo, as radículas estavam iniciando a emergência.

Em cada uma das repetições foram escolhidas dez sementes uniformes e pré-germinadas de cada genótipo e colocadas sobre a superfície de quatro telas de náilon, que foram adaptadas sobre quatro vasilhas de plástico, de 8,3 litros de capacidade, contendo soluções nutritivas, de maneira que as sementes foram mantidas úmidas e as radículas emergentes tocavam nas soluções, e tinham, portanto, um pronto suprimento de nutrientes.

A concentração final das soluções nas quatro vasilhas de plástico foi a seguinte:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  1 mM;  $\text{MgSO}_4$  0,5 mM;  $\text{KNO}_3$  1 mM;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,109 mM;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,125 mM;  $\text{MnSO}_4$  0,5  $\mu\text{M}$ ;  $\text{CuSO}_4$  0,75  $\mu\text{M}$ ;  $\text{ZnSO}_4$  0,2  $\mu\text{M}$ ;  $\text{NaCl}$  7,5  $\mu\text{M}$ ;  $\text{Fe-CYDTA}$  10  $\mu\text{M}$ ;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  0,025  $\mu\text{M}$  e  $\text{H}_2\text{BO}_3$  2,5  $\mu\text{M}$ . Em cada uma das quatro soluções, foi adicionado  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  de modo que fossem obtidas soluções com 0,56; 5,0; 10,0 e 20,0 mg/litro de  $\text{Fe}^{2+}$ . O pH das soluções foi previamente ajustado para 4,0 com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N, sendo mantido constante por ajustamentos diários durante todo o experimento. As soluções foram continuamente arejadas, e as vasilhas de plástico contendo as soluções foram colocadas em banho-maria, com temperatura de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  dentro do laboratório. O experimento foi mantido em luz artificial contínua, em sua totalidade.

As plantas desenvolveram-se nessas condições por doze dias. Passado esse período, foram retiradas das soluções, determinando-se o crescimento, em milímetro, da raiz primária central de cada plântula.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para crescimento das raízes mostraram, pelo teste F, efeitos altamente significativos de concentrações de  $\text{Fe}^{2+}$ , genótipos, e interações genótipos x concentrações de  $\text{Fe}^{2+}$  (Tabela 1).

O comprimento médio das raízes dos quatorze genótipos de triticale e das cultivares de trigo BH-1146 e Siete Cerros, medido após doze dias de crescimento em soluções contendo quatro diferentes concentrações de Fe, encontram-se na Tabela 2.

Considerando-se as médias dos diferentes

genótipos estudados em solução contendo 0,56 mg/litro de Fe, verifica-se que a "BH-1146" e a linhagem de triticale 1 mostraram as raízes mais compridas, diferindo pelo teste de Tukey ao nível de 5% somente das linhagens 2, 6, 9 e 12 de triticale e da cultivar de trigo Siete Cerros. Esses resultados confirmaram que, em uma solução com níveis adequados de nutrientes, a "BH-1146" apresentou o seu potencial genético no crescimento rápido das raízes, condição esta específica de cada genótipo (Camargo & Oliveira 1981, Camargo & Freitas 1985 e Camargo et al. 1988).

Na solução contendo 5 mg/litro de  $\text{Fe}^{2+}$ , as linhagens de triticale 7 e 9 apresentaram o maior desenvolvimento de raízes, não diferindo, entretanto, dos demais genótipos estudados, com exceção das linhagens de triticale 1, 2, 4 e 5. As linhagens 3, 6, 7, 8, 10 e 11 foram as que exibiram as raízes mais compridas quando foram empregadas soluções com 10 mg/litro de Fe. Essas linhagens diferiram da cultivar BH-1146, considerada sensível à toxicidade de  $\text{Fe}^{2+}$ , porém não do controle tolerante "Siete Cerros".

Quando foram utilizadas soluções com 20 mg/litro de  $\text{Fe}^{2+}$ , não foram verificadas diferenças significativas entre os genótipos estudados em relação ao comprimento das raízes.

Estudando o comportamento de cada linhagem nas diferentes concentrações de Fe, verifi-

TABELA 1. Análise de variância para crescimento das raízes de quatorze genótipos de triticale e duas cultivares de trigo estudadas em soluções nutritivas contendo quatro concentrações de Fe.

Causas de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	1	234,63
Concentrações de Fe	3	82.695,15**
Erro I	3	140,96
Genótipos	15	413,71**
Genótipos x concentrações de Fe	45	316,66**
Erro II	60	72,53
Total	127	

**TABELA 2. Comprimento médio das raízes de quatorze genótipos de triticale e duas cultivares de trigo, medido após doze dias de crescimento em soluções nutritivas arejadas contendo quatro concentrações de Fe.**

Genótipos	Concentrações de Fe nas soluções (mg/litro)							
	0,56		5,0		10,0		20,0	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Triticale								
1 - M2A - CML 360 x M2A	170,6a	100	72,1b-e	42	51,8a-d	30	27,7a	16
2 - M2A - CML 360 x M2A	135,2b	100	70,1cde	52	33,2d	25	26,9a	20
3 - M2A - KLA "S" x MA	152,5ab	100	91,4a-d	60	65,0abc	43	36,1a	24
4 - M2A - CML x IA	142,1ab	100	61,7de	43	41,7cd	29	28,1a	20
5 - TCEP 77138 = CEP-15	143,9ab	100	59,7e	41	47,2bcd	33	31,1a	22
6 - FARO "S"	129,3b	100	93,5abc	72	71,7abc	55	24,6a	19
7 - PANCHE 7287	147,1ab	100	103,1a	70	81,3a	55	33,8a	23
8 - NUTRIA 7272	157,2ab	100	99,3abc	63	79,5a	51	22,8a	15
9 - MERINO "S" - JLO "S"	139,9b	100	106,4a	76	60,7a-d	43	26,0a	19
10 - MERINO "S" - JLO "S"	148,3ab	100	98,8abc	67	67,9abc	46	20,3a	14
11 - NUTRIA 440	153,5ab	100	81,1a-e	53	77,5ab	50	23,2a	15
12 - BCM "S" - ADDAX "S"	137,2b	100	76,7a-e	56	60,9a-d	44	28,4a	21
13 - JUANILLO 159 = IAC-1	143,7ab	100	101,7ab	71	58,5a-d	41	20,6a	14
14 - WHALE	145,0ab	100	83,3a-e	57	56,9a-d	39	18,9a	13
Trigo								
1 - Siete Cerros	121,8b	100	79,4a-e	65	55,8a-d	46	39,9a	33
2 - BH-1146	171,2a	100	100,3abc	59	32,6d	19	11,0a	6
D.M.S.( <sup>1</sup> )	30,5							
D.M.S.( <sup>2</sup> )	23,2							

(<sup>1</sup>) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação das médias dos genótipos de triticale e trigo dentro de uma mesma concentração de Fe. Os genótipos seguidos de uma letra comum dentro de uma mesma concentração de Fe não diferem entre si.

(<sup>2</sup>) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação de cada genótipo nas concentrações de Fe.

ca-se que à medida que essas concentrações foram aumentadas houve reduções no crescimento das raízes de todas as linhagens.

As cultivares de trigo BH-1146 e Siete Cerros apresentaram a maior e a menor redução de crescimento das raízes - 67 e 92%, respectivamente em relação aos demais genótipos estudados -, à medida que se aumentaram as concentrações de Fe nas soluções de 0,56 para 20 mg/litro. Nessas condições, todos os genótipos de triticale apresentaram reduções de crescimento das raízes entre as duas cultivares de trigo utilizadas como controle, mostrando, por-

tanto, moderada tolerância à toxicidade de Fe<sup>2+</sup>.

As linhagens de triticale Nutria 440, Nutria 7272 e Merino "S" x Juanillo (T-10), exibindo as maiores produções de grãos em kg/ha em ensaios instalados em diferentes regiões do Estado de São Paulo nos anos de 1986 e 1987 (Camargo et al. 1989), mostrando elevada tolerância à toxicidade de Al<sup>3+</sup> em soluções nutritivas contendo 15 mg/litro de Al<sup>3+</sup> (Camargo et al. 1990), e a tolerância à toxicidade a 10 mg/litro de Fe<sup>2+</sup> presente nas soluções nutritivas, representam genótipos de grande potencial para serem recomendados para plantio em solos ácidos ou corrigidos.

## CONCLUSÕES

1. O aumento das concentrações de Fe nas soluções nutritivas, dentro da faixa de 0,56 a 20 mg/litro, causou uma redução significativa no comprimento das raízes dos genótipos de trigo e triticale em estudo.

2. As linhagens de triticale 3, 6, 7, 8, 10 e 11 foram consideradas as mais tolerantes quando foram empregadas, 10 mg/litro de  $Fe^{2+}$  nas soluções, por apresentarem as raízes mais compridas em relação à "BH-1146", porém não diferiram da "Siete Cerros".

3. Os genótipos de triticale mostraram-se mais tolerantes que a "BH-1146" e menos tolerantes que a "Siete Cerros", levando-se em consideração a percentagem de redução no comprimento das raízes, à medida que se aumentaram as concentrações de Fe nas soluções de 0,56 para 20,0 mg/litro.

## REFERÊNCIAS

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C. Estudo comparativo preliminar entre cultivares de triticale e um cultivar de trigo no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.34, p.287-293, 1975.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C. Tolerância de cultivares de trigo, triticale e centeio em diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, v.43, n.1, p.9-16, 1984.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C. Trigo, triticale e centeio: avaliação da eficiência ao fósforo e to-

lerância à toxicidade ao alumínio. *Bragantia*, Campinas, v.46, n.2, p.203-215, 1987.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P. Abiotic stresses: mineral toxicities, low nutrient availability, drought and heat. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo, Rio Grande do Sul. *Proceedings...* México, DF.: CIMMYT, 1990. P.164-170.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Triticale: avaliação de linhagens em diferentes regiões paulistas. *Bragantia*, Campinas, v.48, n.2, p.143-156, 1989.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C.; FREITAS, J. G.; FERREIRA FILHO, A. W. P. Tolerância de trigo, triticale e centeio a diferentes níveis de ferro em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, v.47, n.2, p.295-304, 1988.

CAMARGO, C. E. O.; FREITAS, J. G. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de ferro em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, v.44, n.1, p.65-75, 1985.

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, 1981.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; LEITE, N. Avaliação de genótipos de triticale em solos de várzeas no estado de São Paulo no período de 1979 a 1984. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.45-51, 1988.