VI. ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

NOTA

TRITICALE: TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA (¹)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (^{2,3}), JOÃO CARLOS FELÍCIO (^{2,3})
e ANTONIO WILSON PENTEADO FERREIRA FILHO (^{2,3})

RESUMO

Foi estudado o comportamento diferencial de 24 genótipos de triticale e de quatro cultivares de trigo, empregando-se soluções nutritivas arejadas, com quatro concentrações de alumínio (0, 5, 10 e 15mg/litro), à temperatura constante de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e pH 4,0. A tolerância foi medida pela capacidade de as raízes primárias continuarem a crescer em solução sem alumínio, após 48 horas em solução contendo uma concentração conhecida de alumínio. Os genótipos de triticale [(Maya 2 x Armadillo) x Koala "S"] x (Maya x Armadillo) - (S-1 e S-2), (Cinnamon x Foisy 658) x Mapache "S", [(Maya 2 x Armadillo x Camel)] x (INIA x Armadillo), [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x Setter-(S-1 e S-2) e Whale foram considerados os mais tolerantes à presença de 15mg/litro de Al^{3+} nas soluções de tratamento, em função dos índices de tolerância relativa. As linhagens de triticale Panda "S" x (Maya 2 x Armadillo) - (S-2 e S-3) e o cultivar de trigo Anahuac foram sensíveis ao Al^{3+} por não apresentarem crescimento das raízes primárias após tratamento em soluções contendo 5mg de Al^{3+} /litro.

Termos de indexação: triticale, trigo, cultivares tolerantes e sensíveis, crescimento das raízes, soluções nutritivas, alumínio, toxicidade.

ABSTRACT

TRITICALE: ALUMINUM TOLERANCE IN NUTRIENT SOLUTION

Twenty four triticales genotypes and four wheat cultivars were studied in aerated nutrient solutions for aluminum tolerance at four different levels: 0, 5, 10 and 15mg/l of Al^{3+} , under constant temperature $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and pH 4.0. Aluminum tolerance was evaluated by measuring the root growth in an aluminum-free complete nutrient solution after a treatment of 48 hours in an aluminum solution. Considering the index of relative tolerance the triticales genotypes [(Maya 2 x Armadillo) x Koala "S"] x (Maya x Armadillo) - (S-1 and S-2), (Cinnamon x Foisy 658) x Mapache "S", [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x (Inia x Armadillo), [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x Setter -

(¹) Com verba suplementar do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, através do Instituto Agrônomico. Enviado para publicação em 5 de novembro de 1990 e aceito em 6 de junho de 1991.

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

(³) Com bolsa de pesquisa do CNPq.

(S-1 and S-2) and Whale were considered the most tolerant to the presence of 15mg/l of Al^{3+} into the solutions. The triticale inbred lines Panda "S" x (Maya 2 x Armadillo) - (S-2 and S-3) and the wheat cultivar Anahuac did not show any root growth after treatment in solution containing 5mg/l of Al^{3+} and therefore were considered the most Al^{3+} sensitive among the studied genotypes.

Index terms: triticale, wheat, tolerant and sensitive cultivars, root growth, nutrient solutions, aluminum, toxicity.

No início da década de 80, foi recomendado para plantio, no Estado de São Paulo, o cultivar de triticale CEP 15, originário do Centro de Experimentação e Pesquisa da FECOTRIGO, em Cruz Alta, RS, por apresentar boa produtividade, grãos bem formados, resistência à ferrugem-do-colmo e da-folha, ciclo precoce e tolerância à toxicidade de alumínio, característica essa que permitiu o seu cultivo em solos ácidos (FELÍCIO et al., 1984, 1988). Posteriormente, foi lançado o cultivar IAC-1, proveniente de introdução do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), México, que apresentava produção superior e maior peso de cem grãos em relação ao cultivar CEP 15 (CAMARGO et al., 1989).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar novas linhagens de triticale obtidas por seleções realizadas no Instituto Agrônomo, juntamente com as linhagens introduzidas do CIMMYT, quanto à tolerância à toxicidade de alumínio em solução nutritiva e compará-las com cultivares de trigo e de triticale.

Material e Métodos

A genealogia dos 24 genótipos de triticale estudados encontra-se no quadro 1.

Os genótipos 1 a 11, 13 e 15 são linhagens originárias de progênies selecionadas no Instituto Agrônomo em populações híbridas de triticale introduzidas, em 1979, do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - EMBRAPA, Passo Fundo (RS).

Os genótipos 16 a 22, 14 e 24 provieram de linhagens selecionadas no "International Triticale Yield Nursery" (ITYN) oriundas do CIMMYT e avaliadas no Centro Experimental de Campinas em 1984.

Foram também estudados os cultivares de trigo BH-1146, IAC-24 e IAC-5, considerados tolerantes, e 'Anahuac', sensível à toxicidade de Al^{3+} (CAMARGO et al., 1987).

As plântulas dos 28 genótipos foram testadas em soluções nutritivas contendo 0, 5, 10 e 15mg de Al^{3+} /litro, conforme método já publicado (MOORE et al., 1976, e CAMARGO & FELÍCIO, 1984).

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas: as parcelas eram compostas por quatro concentrações de alumínio e, as subparcelas, pelos genótipos de trigo e de triticale, efetuando-se duas repetições para cada uma das soluções de tratamento.

Quadro 1. Genealogia dos genótipos de triticale e de trigo estudados em soluções nutritivas de tratamento contendo quatro diferentes concentrações de alumínio

Genótipos e Genealogia

Triticale

1. Panda "S" x (Maya 2 x Armadillo)-S-1
2. Panda "S" x (Maya 2 x Armadillo)-S-2
3. Panda "S" x (Maya 2 x Armadillo)-S-3
4. 6 XM.4 x (Beagle x Iga 11)
5. [(Maya 2 x Armadillo) x Koala "S"] (Maya x Armadillo)-S-1
6. [(Maya 2 x Armadillo) x Koala "S"] (Maya x Armadillo)-S-2
7. 6 XM.5 x Arabian
8. (Turk DWF-V157) x [6 TA 204-C 4 x (INIA x Armadillo 146)]
9. (Cinnamon x Foisy 658) x Mapache "S"
10. (Pinguino X Cent. Bulk) x {Arabian x [(Maya 2 x Armadillo) x Camel]}
11. [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x (INIA x Armadillo)
12. CEP 15 = Batovi = Panda "S"
13. [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x Setter-S-1
14. (Beagle "S" x Iga) x Panda "S"
15. [(Maya 2 x Armadillo) x Camel] x Setter-S-2
16. Faro "S" = (Beagle x Cocoraque) x (IRA x Camel)
17. Panche 7287 = (Muskok "S" x Juanillo "S")
18. Nutria 7272 = (Merino "S" x Juanillo)
19. (Merino "S" x Juanillo)-S-1
20. (Merino "S" x Juanillo)-S-2
21. Nutria 440 = (Merino "S" x Juanillo)
22. (Bacum "S" x Addax)
23. Juanillo 159 = IAC-1 = [Drira x (Kiss x Armadillo "S")]
24. Whale = {(W74.103 x Addax "S"3) x [Beagle "S" x (Maya 2 x Armadillo)]} x IRA

Trigo

1. BH-1146 = (Ponta Grossa I x Fronteira) x Mentana
 2. IAC-24 = (IAS-51 x IRN 597-70)
 3. IAC-5 = P 16494 = (Frontana x Kenya 58) x Polissu
 4. Anahuac = [Il 12300 X (Lerma Rojo 64 x 8156)] x Norteño
-

Os dados de crescimento das raízes foram analisados estatisticamente, considerando-se a média das dez plântulas de cada genótipo após a influência prejudicial do alumínio nas diferentes soluções. A comparação entre as médias de crescimento da raiz dos 24 genótipos de triticale e dos 4 de trigo, dentro de uma mesma concentração de alumínio, e a comparação entre as médias de crescimento da raiz de um mesmo genótipo, em diferentes concentrações de alumínio, foram feitas pelo teste de Tukey.

Para a classificação dos níveis de tolerância, calculou-se, para cada concentração de alumínio (5, 10 e 15mg/litro), o índice de tolerância relativa (ITR) ⁽⁴⁾, que foi dado pela seguinte fórmula:

$$ITR = \frac{(CRx - CRS)}{(CRT - CRS)} \times 4 + 1$$

onde: CRx, CRS e CRT representam os valores do crescimento relativo (crescimento radicular na presença de Al^{3+} /crescimento radicular na ausência de Al^{3+}) de raízes dos genótipos de trigo e de triticale em estudo (x), controle sensível (S) (genótipo de triticale 2) e controle tolerante (T) (genótipo de triticale 24). Desse modo, o genótipo tolerante teria um ITR = 5 e o sensível, um ITR = 1.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise da variância mostraram, pelo teste F, efeitos altamente significativos de concentrações de alumínio, genótipos e interações genótipos x concentrações de alumínio.

Na ausência de Al^{3+} , a linhagem de triticale Nutria 440 mostrou as raízes mais compridas, embora tenha diferido pelo teste de Tukey ao nível de 5% somente dos genótipos de triticale 2, 8, 9, 12, 20 e 24 e dos cultivares de trigo IAC-5 e IAC-24 (Quadro 2). Essa linhagem exibiu, em uma solução com níveis adequados de nutrientes e na ausência de alumínio, com pH 4,0, o seu potencial genético no crescimento rápido das raízes, condição essa específica de cada genótipo.

Na presença de Al^{3+} nas soluções de tratamento, observou-se redução do crescimento radicular em todos os genótipos. As linhagens de triticale 2 e 3 e o cultivar de trigo Anahuac revelaram-se os mais sensíveis ao Al^{3+} , uma vez que suas raízes primárias pararam de crescer em solução sem alumínio, após 48 horas de tratamento com solução contendo 5mg de Al^{3+} /litro. Os demais exibiram crescimento das raízes primárias e foram considerados tolerantes a essa concentração de alumínio. Os genótipos de triticale Whale; CIN-FS 658 x MPE "S"; Merino "S" - JLO "S" - S-2; PG - Cent Bulk x ABN/M2A - CML; M2A - KLA "S" x MA-S-2 e Nutria 7272 revelaram índices de tolerância relativa >4,0, sendo considerados os mais tolerantes a 5mg de Al^{3+} /litro.

⁽⁴⁾ P.R. FURLANI. Comunicação pessoal, 1990.

Quadro 2. Crescimento médio das raízes de 24 genótipos de triticale e quatro cultivares de trigo, medido após 72 horas nas soluções nutritivas completas, que se seguiu a 48 horas de permanência nas soluções de tratamento contendo quatro concentrações de alumínio

Genótipos	Concentrações Al^{3+} nas soluções de tratamento (mg/litro)			
	0	5	10	15
Triticale	mm			
1. M2A-CML 360 x M2A-S-1	89,4 abc	61,6 ab	30,9 abc	0,0a
2. M2A-CML 360 x M2A-S-2	60,2 de	0,0 c	0,0 d	0,0a
3. M2A-CML 360 x M2A-S-3	79,7 a-d	0,0 c	0,0 d	0,0a
4. 6 XM.4 x BGL "S"-IGA 11	72,8 a-e	53,7 ab	16,4 a-d	0,0a
5. M2A-KLA "S" x MA-S-1	79,0 a-e	57,3 ab	35,3 ab	15,9a
6. M2A-KLA "S" x MA-S-2	73,3 a-e	63,0 ab	40,3 a	19,3a
7. 6 XM.5 x ABN	81,4 a-d	60,0 ab	19,7 a-d	4,8a
8. Turk DWF-V127 x 6TA 204 - C4/IA 146	52,5 e	37,8 b	16,0 a-d	0,0a
9. CIN-FS658 x MPE"S"	65,2 b-e	60,9 ab	29,9 abc	12,1a
10. PG-Cent.Bulk x ABN/M2A - CML	77,8 a-e	67,6 a	15,6 a-d	0,0 a
11. M2A - CML x IA	79,6 a-d	59,9 ab	31,3 abc	13,2 a
12. TCEP 77138 = CEP 15	66,1 b-e	46,0 ab	20,0 a-d	0,0 a
13. M2A - CML x Setter-S-1	83,8 a-d	61,9 ab	35,4 ab	14,7 a
14. BGL"S" - IGA x PND "S"	77,5 a-e	58,5 ab	25,0 a-d	3,2 a
15. M2A - CML x Setter-S-2	84,0 a-d	54,7 ab	21,4 a-d	19,2 a
16. Faro "S"	89,1 abc	41,6 ab	25,4 a-d	2,7 a
17. Panche 7287	91,7 ab	58,7 ab	38,0 a	5,1 a
18. Nutria 7272	80,3 a-d	66,2 a	36,0 ab	2,8 a
19. Merino "S" - JLO "S"-S-1	74,6 a-e	54,6 ab	10,1 bcd	2,5 a
20. Merino "S" - JLO "S"-S-2	64,8 cde	58,2 ab	9,6 bcd	3,7 a
21. Nutria 440	95,6 a	65,5 a	40,1 a	1,7a
22. BCM "S" - Addax "S"	81,0 a-d	56,7 ab	32,3 abc	5,7a
23. Juanillo 159 = IAC-1	87,7 abc	67,4 a	0,0 d	0,0a
24. Whale	59,4 d-e	63,0 ab	34,4 abc	10,1a
Trigo				
1. Anahuac	74,6 a-e	0,0 c	0,0 d	0,0 a
2. BH-1146	77,7 a-e	52,9 ab	23,6 a-d	5,5 a
3. IAC-5	60,3 de	42,2 ab	7,8 cd	3,2 a
4. IAC-24	67,5 b-e	43,8 ab	1,8 d	0,0 a
D.M.S. ⁽¹⁾	26,7			
D.M.S. ⁽²⁾	22,9			

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

⁽²⁾ Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação de cada genótipo nas concentrações de alumínio.

Quadro 3. Índices de tolerância relativa de 24 genótipos de triticale e quatro cultivares de trigo, levando-se em consideração o crescimento das raízes após 72 horas em soluções nutritivas completas que se seguiu a 48 horas de permanência em soluções de tratamento contendo três diferentes concentrações de alumínio (5, 10 e 15mg/litro)

Genótipos e Genealogia	Concentrações de Al ³⁺ nas soluções de tratamento (mg/litro)		
	5	10	15
Triticale		n ²	
1. M2A-CML 360 x M2A-S-1	3,6	3,4	1,0
2. M2A-CML 360 x M2A-S-2	1,0	1,0	1,0
3. M2A-CML 360 x M2A-S-3	1,0	1,0	1,0
4. 6 XM.4 x BGL "S"-IGA 11	3,8	2,6	1,0
5. M2A-KLA "S" x MA-S-1	3,8	4,1	5,7
6. M2A-KLA "S" x MA-S-2	4,2	4,8	7,1
7. 6 XM.5 x ABN	3,8	2,7	2,4
8. Turk DWF-V127 x 6TA 204 - C4/IA 146	3,7	3,1	1,0
9. CIN-FS658 x MPE"S"	4,5	4,2	5,5
10. PG-Cent.Bulk x ABN/M2A - CML	4,3	2,4	1,0
11. M2A - CML x IA	3,8	3,7	5,0
12. TCEP 77138 = CEP 15	3,6	3,1	1,0
13. M2A - CML x Setter-S-1	3,8	3,9	5,2
14. BGL"S" - IGA x PND "S"	3,8	3,2	1,9
15. M2A - CML x Setter-S-2	3,5	2,7	6,4
16. Faro "S"	2,8	3,0	1,7
17. Panche 7287	3,4	3,8	2,4
18. Nutria 7272	4,1	4,1	1,7
19. Merino "S" - JLO "S"-S-1	3,8	2,0	1,7
20. Merino "S" - JLO "S"-S-2	4,4	2,0	2,4
21. Nutria 440	3,6	3,9	1,5
22. BCM "S" - Addax "S"	3,6	3,8	2,6
23. Juanillo 159 = IAC-1	3,9	1,0	1,0
24. Whale	5,0	5,0	5,0
Trigo			
1. Anahuac	1,0	1,0	1,0
2. BH-1146	3,6	3,1	2,6
3. IAC-5	3,6	1,9	2,2
4. IAC-24	3,5	1,2	1,0

Os genótipos de tritcale 2, 3 e 23 e o cultivar de trigo Anahuac apresentaram paralisação irreversível no crescimento das raízes após permanecer 48 horas em soluções com 10mg de Al^{3+} /litro, mostrando um índice de tolerância relativa igual a 1,0. Nessa concentração, os genótipos de tritcale Whale, M2A-KLA "S" x MA(S-1 e S-2), CIN-FS 658 x MPE "S" e Nutria 7272 apresentaram-se como os mais tolerantes, levando-se em consideração o índice de tolerância relativa.

As linhagens de tritcale 5, 6, 9, 11, 13 e 15 mostraram os maiores índices de tolerância relativa quando se adicionaram 15mg de Al^{3+} /litro, sendo iguais ou superiores ao apresentado pelo genótipo de tritcale Whale (ITR = 5,0), de origem mexicana, considerado como controle para tolerância. Como essas linhagens foram obtidas por seleções durante vários ciclos em solos ácidos do Estado de São Paulo, os resultados mostraram que o método utilizado na seleção foi eficiente quando comparado com as linhagens selecionadas no CIMMYT, onde não houve pressão de seleção para tolerância ao Al. Esses resultados concordam com os obtidos por MUGWIRA et al. (1981), que mostraram haver diferenças entre cultivares de trigo e de tritcale para tolerância ao alumínio em função da região onde foram selecionados.

Entre os cultivares de trigo avaliados, o BH-1146 foi o mais tolerante a 15mg de Al^{3+} /litro (ITR = 2,6), porém os genótipos de tritcale 5, 6, 9, 11, 13, 15 e 24 mostraram um ITR $\geq$ 5,0 nessa concentração de Al^{3+} , confirmando trabalhos executados no CIMMYT, indicando que certos cultivares de tritcale apresentavam comportamento muito melhor que o trigo em solos ácidos (CIMMYT, 1987).

Pelo nível de tolerância ao alumínio mostrado pela maioria dos genótipos de tritcale estudados no presente trabalho, aliado às boas produções de grãos obtidas em solo ácido na Estação Experimental de Capão Bonito, em condição de sequeiro ou em solos corrigidos, nas Estações Experimentais de Tatuí e Mococa, com irrigação por aspersão (CAMARGO et al., 1989), ficou demonstrado o grande potencial da cultura de tritcale no Estado de São Paulo, podendo ocupar áreas de solos com teores elevados de alumínio, onde os cultivares de trigo não teriam possibilidades de sucesso.

Conclusões

1. Os cultivares de trigo BH-1146 e IAC-5 e os genótipos de tritcale, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 24, por exibirem crescimento da raiz primária central após tratamento em soluções contendo 15mg de Al^{3+} /litro, foram considerados tolerantes, porém os genótipos de tritcale 5, 6, 9, 11, 13, 15 e 24 foram os mais tolerantes em função dos maiores valores dos índices de tolerância relativa.

2. O cultivar de trigo IAC-24, os de tritcale IAC-1 e CEP-15 e as linhagens de tritcale 1, 4, 8 e 10 apresentaram uma tolerância intermediária, exibindo crescimento da raiz primária na presença de 5, porém não a 15mg de Al^{3+} /litro.