

PRODUTIVIDADE DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM* (L.) THELL.) COM TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO TÓXICO NO SOLO¹

OTTONI DE SOUZA ROSA², CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO,
SANJAYA RAJARAM⁴ e ANA CHRISTINA ALBUQUERQUE ZANATTA⁵

RESUMO - Existem afirmações de que aos genes de tolerância ao alumínio (Al) deviam estar ligados genes que limitariam o potencial de rendimento do trigo. Essas afirmações eram baseadas nos resultados de programas de melhoramento que, ao obterem progressos na tolerância ao Al, obtinham linhagens com limitado potencial de rendimento. Visando esclarecer essa dúvida, foi incorporada tolerância ao Al em cultivares que já tinham demonstrado alto potencial de rendimento. Essa tolerância foi incorporada, por retrocruzamentos, às cultivares Jupateco 73 e Trigo BR 12-Aruanã. Linhagens derivadas dessas cultivares foram avaliadas quanto à tolerância ao Al em solução nutritiva e em solo, enquanto sua produtividade foi avaliada em ensaios com controle de doenças, sob irrigação, em solos sem Al tóxico. Em geral, as linhagens foram tão ou mais produtivas que as respectivas cultivares recorrentes. Os resultados mostraram que quando se incorporou maior tolerância ao Al tóxico no solo, em germoplasma de trigo, não foram incorporados genes que reduzem o potencial de rendimento de grãos.

Termos para indexação: genes, cultivares, solos, retrocruzamento, rendimento de grãos.

PRODUCTIVITY OF ALUMINUM TOLERANT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* (L.) THELL)

ABSTRACT - Aluminum (Al) tolerance linked to limited wheat productivity has been affirmed for many years. Such statement was based on results of breeding programs relating progress in Al tolerance with a corresponding limitation in yield potential. In order to elucidate this question, Al tolerance was incorporated into cultivars with known yield potential. This tolerance was incorporated, through backcrossing, into Jupateco 73 and Trigo BR 12-Aruanã. Lines derived from these recurrent parents were evaluated for Al tolerance, in nutrient solution as well as in soil conditions. The productivity of Al tolerant lines was evaluated in irrigated trials, with fungicide treatment, in soil without Al toxicity. In general, the lines yielded at least as much as the respective recurrent parent. The results indicated that Al tolerance is not linked to low grain yield in wheat germplasm.

Index terms: genes, cultivars, soils, backcrossing, grain yield.

INTRODUÇÃO

Os solos dos trópicos e subtropicais úmidos comumente são ácidos, e, em sua maioria, apresentam elevados teores de alumínio trocável em associação ao pH baixo. No Brasil, o problema de incidência de toxidez de alumínio em grandes extensões geográficas só assume caráter atenuado no Nordeste semi-árido (Olmos & Camargo, 1976).

A calagem visa corrigir a presença de alumínio

¹ Aceito para publicação em 19 de outubro de 1993.

² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA-CNPT. OR Melhoramento de Sementes Ltda., Rua João Battisti, 76, CEP 99050-380 Passo Fundo, RS.

³ Eng. - Agr., Ph.D., IAC, Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Caixa Postal 28, CEP 13001 Campinas, SP.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., CIMMYT, Apartado Postal 6-641, 0660 México.

⁵ Enga. - Agra., M.Sc., EMBRAPA-CNPT, Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.

tóxico no solo, uma vez que eleva o pH e aumenta a disponibilidade de nutrientes. No entanto, além do alto preço da calagem, a ação do calcário dificilmente atinge profundidade superior à da camada arável, e sua aplicação em camadas subsuperficiais do solo é extremamente dispendiosa.

Outra alternativa para diminuir os problemas de toxidez de Al e a redução causada na produtividade das culturas é o melhoramento visando à tolerância a altos níveis de alumínio no solo. Encontra-se ampla evidência na literatura de que existe variabilidade genética inter e intraespecífica da tolerância ao alumínio tóxico, tendo sido registrado um comportamento diferencial entre cultivares de soja (Armiger et al., 1968), cevada (Essen & Dantuma, 1962), algodão (Foy et al., 1967), arroz (Howeler & Cadavid, 1976), centeio, triticale e trigo (Aniol et al., 1980; Brauner & Sarruge, 1980). Deste modo, é fundamental o uso de germoplasma tolerante a este cátion tão comum nos solos agrícolas brasileiros.

Desde 1925, vem sendo realizado melhoramento em trigo com vistas à tolerância ao alumínio tóxico no Brasil (Beckman, 1954), sendo enfatizada a superioridade do germoplasma brasileiro na literatura internacional (Foy et al., 1974; Mugwira et al., 1981). Autores como Muzzili et al. (1978), por outro lado, apontam a falta de adaptação dos trigos mexicanos a solos ácidos com elevados teores de alumínio trocável. Variedades mexicanas de trigo são, no entanto, cultivadas no Brasil, adaptando-se à região tritícola centro-brasileira em cultivo irrigado, e a zonas da região tritícola centro-sul-brasileira.

Por outro lado, mesmo entre pesquisadores do CIMMYT, houve afirmações de que no material tolerante a Al estivessem ligados genes que limitassem o potencial de rendimento dessas cultivares.

Visando esclarecer esse problema, foi realizado este trabalho de incorporação de tolerância ao Al em cultivares que já tinham demonstrado alto potencial de rendimento, e foi avaliada, também, a produtividade do germoplasma obtido em condições favoráveis à expressão desse potencial.

MATERIAL E MÉTODOS

As cultivares escolhidas para realizar esta pesquisa

foram Trigo BR 12-Aruaná (BR 12) e Jupateco 73. A primeira foi criada no Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), no México, e lançada para cultivo na região tritícola centro-brasileira pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), para cultivo sob irrigação em solos beneficiados pela correção da toxidez de Al. Jupateco 73 é outra cultivar criada pelo CIMMYT e recomendada para cultivo no Brasil, em solos sem alumínio tóxico, na região tritícola centro-sul-brasileira. Estes dois materiais são sensíveis ao alumínio e foram escolhidos para este estudo por se tratar de cultivares com elevado potencial de rendimento nas regiões tritícolas para onde foram recomendadas.

Através de sucessivos retrocruzamentos, foi incorporada maior tolerância ao alumínio tóxico em BR 12 e em Jupateco 73.

As cultivares brasileiras BH 1146 e Toropi, reconhecidamente tolerantes a Al, foram utilizadas como fontes da tolerância. O material retrocruzado foi conduzido em campo com elevado teor de Al, e o pólen das plantas que apresentavam melhor desempenho foi coletado e levado para fertilizar as plantas das cultivares recorrentes conduzidas em vasos, no telado.

Das linhagens obtidas, treze foram avaliadas quanto a sua tolerância ao alumínio, sob condições de campo, em vasos e em solução nutritiva, com diferentes concentrações de Al. Na Tabela I, são apresentados os dados das cultivares e linhagens estudadas em relação aos cruzamentos que as originaram, bem como a genealogia respectiva onde pode ser identificado o local de seleção e o número de autofecundações.

Os testes em vaso e em condições de campo, executados para medir a reação ao crestamento do material criado, foram realizados em 1988, na EMBRAPA-CNPT, localizado em Passo Fundo, RS. As avaliações em solução nutritiva, com 3, 6 e 10 mg/litro de Al, foram realizadas em Campinas, SP, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), utilizando dez plantas por cultivar ou linhagem testada, por tratamento, segundo o método proposto por Camargo & Oliveira (1981).

Para medir em condições de campo a reação das plantas ao crestamento, efetuaram-se observações em quatro parcelas instaladas em solo com pH 4,5 e 3,25 me/100 g de Al, onde se atribuíram notas quanto ao desenvolvimento das plantas, que variavam de 1 (tolerante) a 5 (sensível). Calculando-se o índice de crestamento (IC), pela média das notas obtidas nas quatro repetições, o material foi, então, classificado de acordo com a reação apresentada.

Paralelamente, solo com pH 4,5 e 3,25 me/100 g de Al, uniformizado em betoneira, foi colocado em vasos, onde foram semeadas onze sementes por vaso de cada

TABELA 1. Cruzamento e genealogia das cultivares/linhagens de trigo com e sem tolerância ao Al tóxico no solo avaliadas quanto ao rendimento de grãos em 1989.

Cultivar/linhagem	Cruzamento	Genealogia
Trigo BR 12	Bucky/Maya Sib/4/BB//HD 832-55/ON/3/Ciano/Pj=Buck Buck Sib	CM 31678-R-4Y-2M-500Y-503M-500Y-500M-501Y-OM
PF 87820	BR 12*2//BH 1146*6/Ald Sib	F 28290-B-799Y-103F-101Y-101F-900Y
PF 87821	BR 12*2//BH 1146*6/Ald Sib	F 28290-B-799Y-103F-101Y-102F-900Y
PF 87822	BR 12*3//BH 1146*6/Ald Sib	F 28307-E-799Y-102F-103Y-101F-900Y
PF 87824	BR 12*3//BH 1146*6/Ald Sib	F 28307-E-799Y-102F-104Y-101F-900Y
PF 87828	BR 12*4//BH 1146*6/Ald Sib	F 28297-A-799Y-103F-102Y-104F-900Y
PF 87829	BR 12*4//BH 1146*6/Ald Sib	F 28297-A-799Y-103F-102Y-106F-900Y
PF 87831	BR 12*4//BH 1146*6/Ald Sib	F 28297-A-799Y-103F-102Y-108F-900Y
Ciano 79	Bucky/Maya Sib/4/BB//HD 832-55/ON/3/Ciano/Pj = Buck Buck Sib	CM 31678-R-4Y-2M-21Y-OM
Jupateco 73	II 12300//LR 64/8156/3/Nor	II 30842-31R-2M-2Y-OM
PF 87847	Jupateco 73*6/Toropi	F 28468-C-101F-102Y-104F-900Y
PF 87848	Jupateco 73*6/Toropi	F 28468-C-101F-103Y-101F-OY
PF 87851	Jupateco 73*6/Toropi	F 28468-C-101F-103Y-107F-OY
PF 87852	Jupateco 73*6/Toropi	F 28468-C-101F-103Y-108F-OY
PF 87853	Jupateco 73*6/Toropi	F 28468-C-101F-104Y-101F-OY
PF 87855	Jupateco 73*6/Toropi	F 28468-C-101F-105Y-102F-OY
Trigo BR 35	IAC 5*2/3/CNT 7*3//Londrina//IAC 5/Hadden	F 17523-B-651F-659F-651F-953F-952F-900Y
IAC 24	IAS 51/4/Son 64/Y 50E//Gto/3/2*Cno	

linhagem ou cultivar a ser testada. À semelhança da avaliação feita no campo, foi dada uma nota visual para o desenvolvimento do material, a fim de caracterizar a sua reação ao crestamento.

As avaliações no campo para determinar o potencial de rendimento do germoplasma desenvolvido foram conduzidas, em 1989, no CIMMYT, em Ciudad Obregon, Sonora, México, e na Estação Experimental de Tatuí-IAC, Tatuí, SP, em solos sem Al tóxico. Os ensaios foram conduzidos sob irrigação e com aplicação de fungicidas, para melhor avaliar o potencial de rendimento do material, diminuindo, assim, a interferência da suscetibilidade diferencial a algumas moléstias. O ensaio realizado no CIMMYT foi semeado a máquina, na densidade de 300 sementes/m², utilizando oito linhas de 5 m, a espaços de 0,2 m (parcela útil de 5 m²), com três repetições, e delineamento de blocos ao acaso. Além do rendimento de grãos, foi determinada, também, a percentagem de acamamento do material. Neste ensaio, foi incluída a cultivar Ciano 79, recomendada para cultivo no México, a qual é uma linha irmã de BR 12.

O ensaio conduzido na Estação Experimental de Tatuí-IAC foi semeado manualmente, na densidade de 400 sementes/m², utilizando seis linhas de 3 m, a espaços de 0,2 m, com três repetições, e delineamento de blocos ao acaso. Assim como no México, também em Tatuí foi determinada a percentagem de acamamento,

além do ciclo e da estatura das plantas. Em virtude de não haver semente suficiente da linhagem PF 87853, esta foi substituída por PF 87852, uma linhagem irmã.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as diferenças entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na avaliação, no campo, do germoplasma desenvolvido com tolerância ao alumínio tóxico no solo (Tabela 2) demonstram que os retrocruzamentos por que passou o BR 12 diminuíram o índice de crestamento (IC) das linhagens criadas. No entanto, apenas em PF 87829 (BR 124/BH, 11466/Ald Sib) essa redução foi suficiente para alcançar a classe de tolerante (IC=1,37). O IC apresentado por BR 12 e pelas demais linhagens permitiu classificá-las como moderadamente tolerantes. No caso de Jupateco 73, a reação observada foi de moderada sensibilidade (IC=2,75), enquanto que as linhagens às quais foi incorporada a tolerância de Toropi mostraram redução no IC, chegando a serem todas

TABELA 2. Reação ao crestamento de cultivares e linhagens de trigo com e sem tolerância ao Al. Testes realizados no campo. CNPT/EMBRAPA, Passo Fundo, RS, 1988.

Cultivar/ Cruzamento	Índice de crestamento (IC)	Classificação ¹
Trigo BR 12	2,50	MT
PF 87820	1,83	MT
PF 87821	2,0	MT
PF 87822	2,37	MT
PF 87824	2,37	MT
PF 87828	2,25	MT
PF 87829	1,37	T
PF 87831	1,62	MT
Jupateco 73	2,75	MS
PF 87847	1,37	T
PF 87848	2,50	MT
PF 87851	2,12	MT
PF 87852	1,62	MT
PF 87853	1,37	T
PF 87855	1,50	T
Trigo BR 35	1,00	T

¹ MT = Moderadamente tolerante; T = tolerante; MS = Moderadamente sensível

classificadas como tolerantes ou como moderadamente tolerantes, reação semelhante à observada para Trigo BR 35 (IC=1,0; tolerante). Nos testes realizados no telado, em vasos contendo solo uniformizado (Tabela 3), à semelhança do que foi verificado no teste a campo, Jupateco 73 mostrou ser moderadamente sensível, enquanto que as linhagens derivadas apresentaram reação de tolerância, sendo este o mesmo comportamento observado no Trigo BR 35. A reação de BR 12 foi, novamente, de moderadamente resistente ao Al tóxico no solo, e as linhagens derivadas apresentaram melhor comportamento do que a cultivar recorrente, mas não alcançaram o nível de tolerância observado nas linhagens derivadas de Jupateco 73, onde a fonte de resistência usada foi a cultivar Toropi.

Observando-se a reação do material em solução nutritiva (Tabela 3), verifica-se que Jupateco 73 e Ciano 79 são sensíveis ao crestamento, independentemente da concentração de Al utilizada; verifica-se, também, que a cultivar BR 12 e as linhagens dela derivadas são tolerantes a Al, indepen-

dentemente da concentração na solução. Um padrão de comportamento semelhante observou-se no Trigo BR 35 e no IAC 24. Todas as linhagens derivadas de Jupateco 73 mostraram ser tolerantes quando utilizados 3 ou 6 mg de Al/L; na concentração de 10 mg de Al/L de solução nutritiva, quatro dessas linhagens mostraram-se tolerantes, enquanto três apresentaram plantas tolerantes e plantas sensíveis. A cultivar Jupateco 73 já foi sensível ao Al na concentração de 3 mg/L.

Com relação à estatura, verifica-se, na Tabela 4, que as linhagens derivadas de BR 12 e Jupateco 73 são mais altas que as respectivas cultivares recorrentes, à exceção de PF 87820 e de PF 87853, que apresentaram a mesma estatura de BR 12 (75 cm) e de Jupateco 73 (90 cm), respectivamente. A cultivar Trigo BR 35 foi dos genótipos mais altos dentre os estudados, com 100 cm de estatura, e IAC 24 situou-se, na média, com 85 cm.

De acordo com as observações feitas em Tatuí, SP, e no CIMMYT, México, sobre o nível de acamamento do material (Tabela 4), de modo geral as linhagens derivadas de BR 12 e de Jupateco 73 foram semelhantes, ou mesmo superiores às cultivares recorrentes. Na Estação Experimental de Tatuí-IAC, apenas IAC 24 apresentou 20% a 40% de plantas acamadas. Os demais genótipos não mostraram qualquer acamamento ou, no máximo, somente até 20%. Os resultados obtidos no CIMMYT confirmaram o que foi verificado em Tatuí, à exceção do observado para PF 87821 (BR 12*2//BH 1146*6/Ald Sib) e para Trigo BR 35, que, no México, tiveram 50% e 70% de acamamento, respectivamente, e em Tatuí, entre zero e 20%.

Analisando os rendimentos verificados no germoplasma estudado (Tabela 5), nos dois ensaios, a melhor comparação entre os rendimentos de material sensível e tolerante a Al pôde ser realizada entre a cultivar Jupateco 73 e as linhagens dela derivadas e com tolerância a alumínio. O ensaio conduzido em Ciudad Obregon, um dos melhores ambientes para que o material possa expressar o seu potencial pleno, todas as linhagens apresentaram rendimentos, no mínimo, iguais ao da cultivar recorrente, enquanto que a linhagem PF 87847 foi estatisticamente superior à Jupateco 73. Em Tatuí,

TABELA 3. Reação ao crestamento de cultivares e linhagens de trigo com diferentes graus de tolerância ao Al. Testes realizados em vasos de em solução nutritiva. CNPT/EMBRAPA, Passo Fundo, RS e IAC, Campinas, SP, 1988.

Cultivar/linhagem	Reação em solo uniformizado (vasos) ¹	Concentração de Al em solução nutritiva		
		3 mg/L	6 mg/L	10 mg/L
número de plantas tolerantes (tol) ou sensíveis (sens)				
Trigo BR 12	3	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87820	2-1	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87821	2-1	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87822	2-3	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87824	2-3	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87828	2-3	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87829	2-3	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87831	2-3	10 tol	10 tol	10 tol
Jupateco 73	4	10 sens	10 sens	10 sens
PF 87847	1-2	10 tol	10 tol	8 tol
				2 sens
PF 87848	1-2	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87851	1-2	10 tol	10 tol	8 tol
				2 tol
PF 87852	1-2	10 tol	10 tol	10 tol
PF 87853	1-2	10 tol	10 tol	6 tol
				4 sens
PF 87855	1-2	10 tol	10 tol	10 tol
Trigo BR 35	1-2	10 tol	10 tol	10 tol
Ciano 79	-	10 sens	10 sens	10 sens
IAC 24	-	10 tol	10 tol	10 tol

¹ 1 = tolerante e 5 = sensível.

TABELA 4. Ciclo, estatura e acamamento de cultivares e linhagens de trigo com e sem tolerância ao Al. CIMMYT, Ciudad Obregon, México, e Estação Experimental de Tatuí - IAC, Tatuí, SP, 1989.

Cultivar/linhagem	Estação Experimental de Tatuí - IAC			CIMMYT
	Ciclo	Estatura (cm)	Acamamento (%)	Acamamento (%)
Trigo BR 12	M ¹	75	0 a 20	10
PF 87820	M	75	0 a 20	10
PF 87821	M	90	0 a 20	50
PF 87822	M/P	90	0 a 20	zero
PF 87824	M/P	90	0 a 20	zero
PF 87828	M	85	zero	zero
PF 87829	M	85	0 a 20	zero
PF 87831	M/P	80	zero	zero
Ciano 79	-	-	-	3
Jupateco 73	P	90	zero	10
PF 87847	M/P	95	zero	zero
PF 87848	M/P	95	0 a 20	20
PF 87851	M/P	100	zero	zero
PF 87852	M/P	95	zero	-
PF 87853	M/P	90	zero	10
PF 87855	-	-	-	zero
Trigo BR 35	M/P	100	0 a 20	70
IAC 24	M/P	85	20 a 40	-

¹ M = médio: 135 dias da emergência à maturação;

M/P = médio-precoce: 125 dias da emergência à maturação.

P = precoce: 110-115 dias da emergência à maturação.

TABELA 5. Rendimento de cultivares e linhagens de trigo com diferentes graus de tolerância ao Al tóxico no solo. CIMMYT, Ciudad Obregon, México, e Estação Experimental de Tatuí - IAC, Tatuí, SP, 1989.

Cultivar/ linhagem	Local	
	Cd. Obregon, México ¹	Tatuí, SP ¹
	kg/ha	kg/ha
Trigo BR 12	7291 abc	3079 f
PF 87820	7068 abcd	3653 def
PF 87821	7639 a	3426 ef
PF 87822	7019 bcde	5357 a
PF 87824	7225 abc	4551 bc
PF 87828	7101 abcd	4389 bcd
PF 87829	7420 abc	4218 bcd
PF 87831	7612 ab	4217 bcd
Ciano 79	7340 abc	-
Jupateco 73	6023 gh	4936 ab
PF 87847	6917 cdef	4782 abc
PF 87848	6549 defg	4463 bc
PF 87851	6428 efg	4625 abc
PF 87852	-	4088 cde
PF 87853	6092 gh	4459 bc
PF 87855	6375 fg	-
Trigo BR 35	5751 h	4875 ab
IAC 24	-	4496 bc
Rendimento médio do experimento	6866	4350
CV %	5,2	10,45

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

em ambiente menos favorável, apenas a linhagem PF 87852 foi estatisticamente inferior à Jupateco 73, enquanto as demais mostraram-se iguais.

Em Ciudad Obregon, os rendimentos de Trigo BR 12, bem como de suas linhagens derivadas, foram estatisticamente iguais, apresentando, também, igualdade com a cultivar Ciano 79, recomendada, no México, para a região do Vale do Yaqui, uma das áreas com maior potencial de rendimento naquele país. Em Tatuí, o rendimento da cultivar BR 12 foi bem inferior ao de Jupateco 73, e inferior, também, a cinco das linhagens dela derivadas; apresentou rendimento igual apenas ao das linhagens PF 87820 e PF 87821, as quais tinham apenas uma retrocruza. A linhagem PF 87829, na qual houve uma melhoria na tolerância a Al e que foi classificada no campo como

tolerante, foi superior em rendimento à cultivar recorrente. Essa mesma linhagem, em Ciudad Obregon, produziu 7.420 kg/ha, superando em valores absolutos os rendimentos de BR 12 e de Ciano 79.

Em relação à cultivar BR 12 e às linhagens desta derivadas, e nas quais não se atingiu uma melhoria do nível de tolerância a Al, como a alcançada nas linhagens com Jupateco 73, a simples constatação de que entre o germoplasma de alto potencial de rendimento do CIMMYT já se dispõe de cultivares com moderada tolerância a Al, já serviria para comprovar que a tolerância ao alumínio é independente de genes que possam reduzir o potencial de rendimento em trigo.

Outra informação que permite confirmar que a tolerância ao alumínio é independente de genes que possam limitar o potencial de rendimento em trigo é a que resulta da comparação entre as cultivares BR 12 e Ciano 79: ambas são resultado do mesmo cruzamento, e, além disso, na sua genealogia, são derivadas da mesma planta F_1 , da mesma planta F_2 e da mesma planta F_3 , passando a diferenciar-se somente na geração F_4 . BR 12, no teste de tolerância a alumínio em solução nutritiva, teve todas as suas plantas tolerantes nos níveis testados, enquanto Ciano 79 teve todas as suas plantas sensíveis nos mesmos níveis testados. Os rendimentos dessas duas cultivares em Ciudad Obregon foram estatisticamente iguais.

Os dados obtidos confirmam os resultados de Martini et al. (19__), que afirmavam que a alta tolerância ao Al das cultivares brasileiras de trigo não está associada a um baixo potencial de rendimento, uma vez que algumas destas cultivares eram capazes de produzir tanto quanto as mexicanas altamente produtivas, desde que cultivadas sob condições adequadas de clima e solo. Por outro lado, ao fazer essa comparação entre uma cultivar sensível e as linhagens dela derivadas e com cinco retrocruzamentos, esses resultados podem oferecer muito mais segurança do que na comparação de genótipos totalmente diferentes.

Por outro lado, as informações de que a tolerância ao Al se deve a um ou poucos genes (Nodari et al., 1982) confirmam os resultados obtidos, pois seria improvável que estes poucos ge-

nes estivessem ligados ao grande número de genes que determinam o rendimento.

Finalmente, salienta-se que os resultados dessa pesquisa assumem grande importância ao possibilitar que os programas de melhoramento de trigo, mesmo em regiões sem problemas de alumínio tóxico no solo, possam utilizar a tolerância ao Al sem preocupações de limitarem o potencial de rendimento do material genético criado, viabilizando, por outro lado, uma mais ampla adaptação.

CONCLUSÃO

A incorporação de genes de tolerância ao alumínio não diminui o potencial de rendimento de grãos em trigo, quando avaliado em ambientes sem alumínio tóxico no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. - Agr. Cantídio Nicolau Alves de Sousa, pelos testes de tolerância ao crestamento realizados no campo em Passo Fundo, RS.

REFERÊNCIAS

- ANIOL, A.; HILL, R.D.; LARTER, E.N. Aluminum tolerance of spring rye inbred lines. **Crop Science**, Madison, v.20, n.2, p.205-208, 1980.
- ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; CALDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. **Agronomy Journal**, Madison, v.60, n.1, p.67-70, 1968.
- BECKMAN, I. Sobre o cultivo e melhoramento do trigo (*Triticum vulgare* Vill) no sul do Brasil. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.1, n.1/4, p.64-72, 1954.
- BRAUNER, J.L.; SARRUGE, J.R. Tolerância de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao alumínio e ao manganês. I. Determinação da tolerância ao alumínio. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, Piracicaba, v.37, n.2, p.805-823, 1980.
- CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.E. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, Campinas, v.40, 21-31, 1981.
- ESSEN, Van; DANTUMA, G. Tolerance to acid soil conditions in barley. **Euphytica**, Wageningen, v.11, n.2, p.282-286, 1962.
- FOY, C.D.; ARMIGER, W.H.; FLEMING, A.L.; LEWIS, C.F. Differential tolerance of cotton varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, n.5, p.415-418, 1967.
- FOY, C.D.; LAFEVER, H.N.; SCHWARTZ, J.W.; FLEMING, A.L. Aluminum tolerance of wheat cultivars related to region of origin. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, n.6, p.751-758, 1974.
- HOWELER, R.H.; CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, n.4, p.551-555, 1976.
- MARTINI, J.A.; KOCHHANN, R.A.; GOMES, E.P.; LANGER, F. **Response of wheat to liming as related to crop variety, soil acidity, Al toxicity, P availability and disease incidence in some oxisols of Brazil**. [S.l.:s.n., 19__]. 16p. Contribuição da FAO/Ministério da Agricultura, Projeto 381, Estação Experimental de Passo Fundo, RS, Brasil.
- MUGWIRA, L.M.; SAPRA, V.T.; PATEL, S.U.; SHOUUDRY, M.A. Aluminum tolerance of triticale and wheat cultivars developed in different regions. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.470-475, 1981.
- MUZZILI, O.; SANTOS, D.; PALHANO, J.B.; MANETTI FILHO, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A.; CATANEO, A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo à acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.1, p.34-40, 1978.
- NODARI, R.O.; CARVALHO, F.I.F. de; FEDERIZZI, L.C. Bases genéticas da herança do caráter tolerância ao crestamento em genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.269-280, 1982.
- OLMOS, I.J.; CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico no Brasil, sua caracterização e distribuição. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n.2, p.171-180, 1976.