

RESPOSTA DE CONSTITUIÇÕES GENÉTICAS DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.) AO MANGANÊS SOB CULTIVO HIDROPÔNICO

RESPONSE OF WHITE OAT (*Avena sativa* L.) GENOTYPES TO MANGANESE UNDER HYDROPONIC CULTURE

Guilherme Ribeiro^{1*}; Gustavo da Silveira¹; Maraisa Crestani¹; Fernando Irajá Félix de Carvalho²;
Antônio Costa de Oliveira²; Diego Baretta³; Leomar Guilherme Woyann³; Elisane Tessmann³.

RESUMO

O cultivo hidropônico tem sido empregado na identificação de genótipos tolerantes a elementos químicos como o manganês, principalmente em gerações com elevada frequência de heterozigose. Esta técnica possibilita a fácil visualização dos danos em estádios iniciais de desenvolvimento das plantas além dos resultados serem altamente correlacionados com os obtidos em condições de campo. O trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de populações segregantes (F₂), comparadas com seus genitores, quando submetidas a diferentes concentrações de manganês em cultivo hidropônico. Foram utilizadas doses de 0,11, 400 e 1600 mg L⁻¹ de manganês na solução hidropônica. O delineamento experimental foi completamente casualizado com três repetições, sendo a unidade experimental constituída por dez plântulas. A técnica empregada foi eficiente, possibilitando separar constituições genéticas tolerantes e sensíveis às elevadas concentrações de Mn²⁺, sendo a dose de 1600 mg L⁻¹ mais adequada para discriminar fenotipicamente os genótipos. Neste sentido as populações segregantes CR₁F₂, CR₂F₂, CR₅F₂, CR₇F₂ e CR₈F₂ revelam grande destaque, evidenciando tolerância ao manganês expressando pouca redução nos caracteres comprimento da raiz principal e da parte aérea.

Palavras-chave: Populações segregantes. Melhoramento genético. Toxidez por manganês. Solução nutritiva.

ABSTRACT

Hydroponic culture has been used to identify genotypes tolerant to chemical elements such as manganese, especially in early generations showing high frequency of heterozygotes. This technique facilitates the visualization of damages occurring in the early stages of plant development. Also, the results are highly correlated with those obtained in field conditions. The study aimed to evaluate the performance of segregating populations (F₂) and their parents when exposed to different concentrations of manganese in hydroponic culture. Manganese concentrations of 0.11; 400 and 1600 mg L⁻¹ were used in the hydroponic solution. The experimental design was complete randomized blocks with three replications and the experimental unit consisted of ten seedlings. The technique was efficient, allowing the discrimination of tolerant and sensitive genotypes to high concentrations of Mn²⁺. The concentration of 1600 mg L⁻¹ was more suitable to phenotypically discriminate the genotypes under hydroponic culture. Thus, the segregating populations CR₁F₂, CR₂F₂, CR₅F₂, CR₇F₂ and CR₈F₂ should be further studied since they showed tolerance to manganese and little reduction in the characters main root and shoot length.

Key words: Segregating Populations. genetic improvement. Manganese toxicity. Nutrient solution.

^{1*}Eng. Agr., Estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitomelhoramento) da Universidade Federal de Pelotas. * autor correspondente: Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Centro de Genômica e Fitomelhoramento, Caixa Postal: 354, CEP: 96010 – 900, Pelotas/RS. E-mail: guilherme.tche@gmail.com.

²Eng. Agr., PhD., Professor do Departamento de Fitotecnia (Fitomelhoramento) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas.

³Estudante de Graduação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas.

(Recebido para Publicação em 26/11/2009, Aprovado em 26/04/2012)

INTRODUÇÃO

A limitação das áreas aptas a cultivos agrícolas, um problema mundial no incremento da produção de alimentos, está relacionada à ocorrência de solos ácidos, principalmente nos trópicos. O cultivo de aveia branca no Brasil está concentrado principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo; onde nestas regiões, segundo CRESTANI (2008), a maior parte dos solos apresenta elevada acidez.

Entre os fatores de ambiente prejudiciais ao desenvolvimento da aveia branca, encontram-se elementos químicos como alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}) e manganês (Mn^{+2}) que representam um dos principais agentes responsáveis pela baixa produtividade deste cereal (DELHAIZE & RYAN, 1995). O excesso de Mn^{+2} no solo afeta mais a parte aérea do que as raízes das plantas e quando adsorvido em grandes quantidades provoca injúrias às plantas prejudicando o desenvolvimento normal e reduzindo o rendimento. Segundo LAVRES JUNIOR et al. (2008) o Mn^{+2} é o segundo micronutriente mais abundante nos solos perdendo apenas para o Fe^{+2} . BOHNEM (1995) relata que dependendo da formação do solo seu teor pode variar de 10 a 1500 mg L^{-1} .

A obtenção de plantas tolerantes a estresses abióticos é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento. Desta forma, a compreensão dos mecanismos fisiológicos e genéticos relacionados aos estresses vem sendo amplamente estudada (ZHANG et al. 2006). BENIN et al. (2004) relata a necessidade de desenvolver novas metodologias para modificar as técnicas convencionais de melhoramento de cereais de estação fria, e estabelecer critérios de reconhecimento das diferenças genéticas e dos efeitos de ambiente. Uma delas é a possibilidade de avaliar e discriminar genótipos sensíveis e tolerantes aos elementos químicos em níveis tóxicos, pela reação na morfologia de raízes e parte aérea, por meio da avaliação de plântulas em cultivo hidropônico, pela introdução do elemento na solução. Essa técnica vem se revelando uma ótima ferramenta por controlar as condições ambientais e propiciar rápida avaliação das constituições genéticas tolerantes em comparação com as condições naturais de campo (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981; SILVA et al. 2005; BERTAN et al. 2006).

Nesse sentido, a utilização do cultivo hidropônico é uma técnica que permite a fácil identificação e a seleção de genótipos tolerantes (SILVA et al. 2004). Além disso, NAVA (2005) encontrou elevada correlação entre a tolerância ao alumínio avaliado em hidroponia com a avaliação realizada a campo em linhagens recombinantes de aveia.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de populações segregantes (F_2) de aveia

branca comparadas com os seus genitores quando submetidos a diferentes concentrações de manganês em cultivo hidropônico, visando à detecção de fontes de tolerância a este elemento para futuro uso em programas de melhoramento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Duplo-haplóides e Hidroponia do Centro de Genômica e Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), utilizando a técnica de cultivo hidropônico descrita por CAMARGO & OLIVEIRA (1983). Para o teste de tolerância ou sensibilidade ao Mn^{2+} foram empregadas oito populações segregantes F_2 , CR_1F_2 (ALBASUL x CGF 03-008), CR_2F_2 (ALBASUL x URS 22), CR_3F_2 (ALBASUL x URS 21), CR_4F_2 (CGF 03-008 x URS 22), CR_5F_2 (CGF 03-008 x UPF 18), CR_6F_2 (CGF 03-008 x LEONARD), CR_7F_2 (UPF 18 x URS 21) e CR_8F_2 (UPF 18 x LEONARD), juntamente com os genitores ALBASUL, CGF 03-008, URS 22, UPF 18, URS 21 e LEONARD. Os genitores utilizados no trabalho foram escolhidos em função de apresentarem contraste para alguns caracteres agrônômicos como estatura de plantas, ciclo total e rendimento de grãos.

O delineamento experimental foi completamente casualizado com três repetições, sendo a unidade experimental constituída por dez plântulas. As sementes dos genótipos foram submersos em hipoclorito de sódio (1,5%) por cinco minutos, posteriormente, lavadas com água destilada. A seguir, foram submetidas à germinação em caixas (Gerbox) contendo papel germiteste, em câmara de crescimento à 25°C por três dias.

Posteriormente as sementes germinadas com aproximadamente 1 cm de raiz foram transferidas para uma tela plástica (cada tela contendo sete constituições genéticas, que foi representado por dez plântulas totalizando 70 plântulas) adaptadas à tampa de um recipiente (balde) contendo 1,5 litros de solução nutritiva. Os nutrientes empregados para formulação da solução nutritiva foram: Ca (NO_3)₂ 4mM; $MgSO_4$ 2mM; KNO_3 4mM; $(NH_4)_2SO_4$ 0,435mM; KH_2PO_4 0,5mM; $MnSO_4$ 2mM; $CuSO_4$ 0,3 μ M; $ZnSO_4$ 0,8 μ M; NaCl 30 μ M; Fe-EDTA 10 μ M; $NaMoSO_4$ 0,10 μ M; H_3BO_3 10 μ M. Ao completar quatro dias em solução nutritiva completa, as telas com as plântulas foram transferidas para outro recipiente de mesmo volume contendo a décima parte da solução nutritiva padrão acrescida de três concentrações de Mn^{2+} 0,11; 400 e 1600 mg L^{-1} (correspondendo aos três tratamentos utilizados no trabalho), por um período de quatro dias, decorrido este período, as plântulas retornaram por mais quatro dias na solução nutritiva. A determinação das doses empregadas no experimento foi estabelecida com base nas diferentes concentrações

de Mn^{2+} que ocorrem naturalmente nos solos de acordo com sua formação.

Os recipientes contendo as plântulas foram levados a um tanque de metal para que ficassem em banho-maria à temperatura de aproximadamente $25^{\circ}C \pm 1$, fotoperíodo constante, com intensidade luminosa de 1.700 lx. e ligados a um sistema de aeração para fornecer oxigênio às raízes, onde permaneceram por doze dias. Durante todo o período experimental o pH das soluções foi ajustado diariamente para 4,8.

Decorridos os 12 dias de condução do experimento, foi efetuada a avaliação das plântulas por meio da mensuração dos caracteres comprimento da raiz principal (CR) por meio da medida do crescimento da raiz principal em centímetros (cm); número de raízes (NR) por meio da contagem do número total de raízes da plântula; comprimento da primeira folha (CPF) por meio da medida da inserção da primeira folha até sua extremidade em centímetros (cm) e comprimento da parte aérea (CPA) por meio da medida do ápice até a base da plântula em centímetros (cm).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com a finalidade de identificar os efeitos simples e da interação. Para a interpretação da resposta dos genótipos, com base nos caracteres nas diferentes doses de manganês, foi realizada a comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados originais do CPF foram transformados para raiz quadrada. Os procedimentos e análises foram realizados no programa computacional WINSTAT (2006).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância dos caracteres: comprimento da raiz principal (CR), em cm; número de raízes (NR); comprimento da primeira folha (CPF), em cm; e comprimento da parte aérea (CPA), em cm, quanto à toxidez por Mn^{2+} ($mg L^{-1}$). CGF/FAEM UFPel, Pelotas/RS – 2008.

Fonte de Variação	G.L	Quadrado Médio			
		CR	NR	CPF	CPA
Tratamento	2	65,05*	6,47*	22,66*	372,77*
Genótipo	13	18,76*	3,50*	28,78*	43,99*
Tratamento X Genótipo	26	2,43*	0,84*	3,84*	12,48*
Resíduo	84	0,43	0,34	1,59	7,05
Média		5,54	4,59	14,79	22,13
Coeficiente de Variação (%)		11,95	12,72	7,19	12,00

* Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Analisando as concentrações de 0,11 e $400 mg L^{-1}$ de Mn^{2+} para o caráter comprimento da raiz principal, foram verificados resultados similares, exceto para as populações CR_1F_2 e CR_8F_2 que evidenciaram maior sensibilidade com o aumento das concentrações (Tabela 2). Contudo, para a concentração de $1600 mg L^{-1}$ de Mn^{2+} grande parte dos genótipos, demonstraram desempenho semelhantes, manifestando tolerância ao manganês, com exceção da cultivar LEONARD e das

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento de metodologias eficientes para a caracterização de genótipos com tolerância a elementos tóxicos é o primeiro passo em estudos de mecanismos genéticos envolvidos na herança do caráter de estudo (SILVA et al. 2007). Dessa forma, o resumo da análise de variância permite verificar para o fator tratamento a existência de pelo menos uma concentração de Mn^{2+} que difere entre as demais para todos os caracteres avaliados, o mesmo acontece para o fator genótipo, indicando que ao menos um genótipo difere dos demais considerando todos os caracteres. Além disso, a interação tratamento x genótipo foi significativa, o que determinou a continuidade da análise pela definição de seus efeitos simples (Tabela 1). Neste sentido, foi fixado o fator tratamento de modo a avaliar o efeito dos genótipos em cada concentração do elemento químico. Analisando as concentrações de Mn^{2+} é possível perceber que para todos os caracteres pelo menos um entre os demais genótipos diferenciam entre si, o que explica a existência de variabilidade genética nos caracteres estudados, indicando a presença de variabilidade quanto à sensibilidade ao manganês entre os genótipos avaliados.

A existência de variabilidade entre os genótipos foi verificada ainda na solução nutritiva com $0,11 mg L^{-1}$ de Mn^{2+} para todos os caracteres, o que evidencia que os genótipos testados apresentam diferenças genéticas intrínsecas e resposta diferenciada frente às concentrações do elemento.

populações segregantes CR_1F_2 , CR_5F_2 , CR_7F_2 e CR_8F_2 , que podem ser classificadas como sensíveis à toxicidade de Mn^{2+} , já que exibiram redução do comprimento da raiz entre a dose mais baixa e a mais alta, de 58, 54, 54, 44 e 30% respectivamente. Por outro lado, as modificações do desempenho dos genótipos foram evidentes, onde o destaque foram às populações segregantes CR_7F_2 e CR_8F_2 que demonstraram os melhores resultados, considerando

as três concentrações de Mn^{2+} , com os maiores valores médios de CR. De acordo com o trabalho realizado por CAMARGO et al. (1995) em trigo, todos os genótipos estudados evidenciaram redução no crescimento radicular à medida que as concentrações de Mn^{2+} nas soluções aumentaram de 0,11 para 1200 $mg L^{-1}$. Segundo os mesmos autores a principal causa da redução no desenvolvimento da raiz em concentrações elevadas de manganês pode ser devido a redução de proteína na raiz pelo íon metálico (Mn^{2+}).

Para o caráter número de raízes apenas os genótipos ALBASUL e UPF 18 evidenciaram redução do número de raízes com o incremento de concentrações de manganês de 0,11 para 1600 $mg L^{-1}$ (Tabela 2). Para os demais genótipos as concentrações testadas de manganês não influenciaram na expressão do caráter número de raízes. Em estudos com a cultura do trigo, MARTINS (2004) explica que este fato se deve ao fato de que o

efeito tóxico do manganês somente começa a causar danos após a emissão do conjunto de raízes do sistema radicular, ou seja, quando a plântula começa a absorver nutrientes da solução nutritiva. Sendo que, até a emissão de todo o sistema radicular a plântula sobrevive com suas reservas provenientes da semente; esta hipótese esta baseada na absorção do Mn^{2+} a partir do desenvolvimento do sistema radicular e não através de raízes primárias. SORATTO et al. (2005) observaram o efeito da concentração de manganês em quatro cultivares de feijão na qual a produção de matéria seca de raízes e folhas começa a diminuir a partir da concentração de 4 $mg L^{-1}$ de Mn^{2+} em solução nutritiva, onde a dose de 16 $mg L^{-1}$ provocou as maiores reduções nos caracteres quando comparados com as demais concentrações. Segundo MIRANDA et al. (1982), existe variação de resposta entre as espécies de plantas (leguminosas e gramíneas) quanto aos níveis tóxicos de Mn^{2+} .

Tabela 2 – Análise de médias para os caracteres comprimento da raiz principal (CR), em cm, e número de raízes (NR), para os 14 genótipos de aveia branca submetidos a três concentrações de Mn^{2+} ($mg L^{-1}$). CGF/FAEM UFPel, Pelotas/RS – 2008.

Genótipo	CR			NR		
	0,11 $mg L^{-1}$	400 $mg L^{-1}$	1600 $mg L^{-1}$	0,11 $mg L^{-1}$	400 $mg L^{-1}$	1600 $mg L^{-1}$
ALBASUL	A 6,51 cde	A 4,56 bc	A 4,62 cde	A 5,74 a	B 3,04 d	B 3,80 bc
CGF 03-008	A 6,57 cde	A 4,65 b	A 4,41 cdef	A 4,84 ab	A 4,54 abcd	A 5,03 ab
URS 22	A 4,76 fg	A 3,50 cd	A 3,25 fg	A 4,99 ab	B 3,66 cd	AB 4,10 abc
UPF 18	A 6,27 de	A 4,71 b	A 5,23 bc	A 4,65 ab	AB 4,04 bcd	B 3,30 c
URS 21	A 5,99 e	A 5,00 b	A 4,86 cd	A 4,91 ab	A 3,83 bcd	A 4,27 abc
LEONARD	A 5,71 ef	AB 5,17 b	B 2,42 g	A 3,47 b	A 3,11 d	A 3,16 c
CR ₁ F ₂	A 7,32 bcd	B 3,29 d	B 3,33 fg	A 5,83 a	B 4,00 bcd	AB 5,08 ab
CR ₂ F ₂	A 3,77 g	A 5,03 b	A 3,65 def	A 5,25 a	B 4,22 bcd	A 5,55 a
CR ₃ F ₂	A 6,34 de	A 5,27 b	A 4,31 cdef	A 4,81 ab	A 5,33 ab	A 5,24 ab
CR ₄ F ₂	A 6,06 e	A 4,79 b	A 5,21 bc	A 6,02 a	A 6,05 a	A 4,75 abc
CR ₅ F ₂	A 7,86 b	AB 5,78 b	B 3,57 efg	A 4,61 ab	A 4,39 bcd	A 4,10 abc
CR ₆ F ₂	A 7,69 bc	A 4,88 b	A 4,77 cde	A 5,31 a	A 5,13 abc	A 4,34 abc
CR ₇ F ₂	A 10,76 a	AB 7,61 a	B 6,09 b	A 5,67 a	A 5,08 abc	A 5,12 ab
CR ₈ F ₂	A 11,40 a	B 7,89 a	B 8,02 a	A 4,66 ab	A 4,38 bcd	A 3,80 bc

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Dependendo da espécie, muitas vezes ocorre dificuldade em visualizar o dano causado pelo elemento químico na raiz, principalmente em populações altamente segregantes como na geração F₂, a qual expressa a máxima variabilidade genética, em espécies autógamas, com possibilidades de seleção pelo melhorista. Desta forma, o nível de tolerância das plantas ao elemento em gerações precoces, já pode ser quantitativamente identificado (SILVA et al. 2007). Em cultivares de arroz, os caracteres morfológicos ligados ao sistema radicular permitiram reconhecer a tolerância ao alumínio entre cultivares tolerantes e sensíveis, sendo o caráter

elongação radicular relativa o mais eficiente na seleção de genótipos tolerantes (VASCONCELOS et al. 2002).

Para o caráter comprimento da primeira folha (CPF), todos os genótipos manifestaram a mesma resposta nas concentrações de 0,11 e 400 $mg L^{-1}$, o mesmo resultado foi detectado na concentração de 1600 $mg L^{-1}$ de Mn^{2+} , exceto os genótipos LEONARD e CR₃F₂ que apresentaram redução do CPF demonstrando sensibilidade aos incrementos das concentrações de manganês nas soluções (Tabela 3). Cabe ressaltar novamente as gerações segregantes CR₇F₂ e CR₈F₂ que demonstraram os maiores valores de CPF em ambas as concentrações de manganês. Nos tratamentos com as maiores concentrações de

Mn²⁺ na solução foi verificado amarelecimento das folhas. O excesso de manganês além dos sintomas tradicionais também pode inibir a absorção de alguns

nutrientes, como o magnésio e o ferro (MALAVOLTA et al. 1997).

Tabela 3 – Análise de médias para os caracteres comprimento da primeira folha (CPF), em cm, e comprimento da parte aérea (CPA), em cm, para os 14 genótipos de aveia branca submetidos a três concentrações de Mn²⁺ (mg L⁻¹). CGF/FAEM UFPel, Pelotas/RS – 2008.

Genótipo	CPF			CPA		
	0,11 mg L ⁻¹	400 mg L ⁻¹	1600 mg L ⁻¹	0,11 mg L ⁻¹	400 mg L ⁻¹	1600 mg L ⁻¹
ALBASUL	A 15,08 cdef	A 12,79 g	A 11,88 fg	A 24,34 abc	B 16,40 b	B 16,91 bc
CGF 03-008	A 14,00 def	A 14,99 def	A 13,44 def	A 25,89 abc	B 19,34 ab	B 18,74 abc
URS 22	A 13,48 f	A 14,63 efg	A 14,16 cde	A 23,86 abc	A 20,63 ab	A 20,85 abc
UPF 18	A 17,18 ab	A 16,25 bcde	A 16,11 bc	A 24,52 abc	A 20,86 ab	A 20,86 abc
URS 21	A 15,15 cdef	A 14,54 efg	A 14,47 cd	A 27,15 ab	B 20,40 ab	B 21,15 abc
LEONARD	A 15,08 cdef	A 16,60 bcd	B 11,20 g	A 22,13 bc	A 22,68 ab	B 15,36 c
CR ₁ F ₂	A 13,82 ef	A 10,59 h	A 13,40 def	A 28,28 ab	B 18,60 ab	B 19,53 abc
CR ₂ F ₂	A 13,90 def	A 13,66 fg	A 12,33 efg	A 19,65 c	A 21,33 ab	A 16,95 bc
CR ₃ F ₂	A 16,19 bc	AB 13,65 fg	B 12,15 fg	A 23,09 abc	AB 21,11 ab	B 17,18 bc
CR ₄ F ₂	A 15,61 bcde	A 14,22 fg	A 14,17 cde	A 28,18 ab	A 23,07 ab	B 17,43 bc
CR ₅ F ₂	A 15,87 bcd	A 17,12 abc	A 15,56 c	A 29,55 ab	B 24,15 a	B 20,87 abc
CR ₆ F ₂	A 16,87 abc	A 15,34 cdef	A 14,31 cde	A 25,48 abc	AB 21,77 ab	B 19,77abc
CR ₇ F ₂	A 18,45 a	A 18,85 a	A 18,92 a	A 30,17 a	A 25,98 a	A 26,22 a
CR ₈ F ₂	A 18,56 a	A 17,50 ab	A 17,41 ab	A 24,26 abc	A 23,01 ab	A 23,26 ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

O caráter comprimento da parte aérea (CPA) permitiu a identificação de grupos bem distintos em relação às concentrações de Mn²⁺ empregados na solução nutritiva (Tabela 3). Os genótipos URS 22, UPF 18, CR₂F₂, CR₇F₂ e CR₈F₂ foram tolerantes, manifestando resposta similar em todas as concentrações. Por outro lado, as constituições genéticas ALBASUL, CGF 03-008, URS 21, CR₁F₂ e CR₅F₂ demonstraram sensibilidade quando submetidas a concentrações mais elevadas, já sendo evidenciado na dose de 400 mg L⁻¹. Já os demais genótipos manifestaram resposta intermediária. Considerando o CPA em cada concentração, os genótipos evidenciaram respostas similares, com destaque para CR₇F₂ que obteve os maiores valores em ambas as concentrações de Mn²⁺.

Estudos utilizando o cultivo hidropônico em triticales indicaram que as concentrações de 16 e 32 mg L⁻¹ de Mn²⁺ reduziram o crescimento de plântulas quando comparadas com as menores concentrações. Também evidenciaram que os genótipos tolerantes em solução nutritiva foram os mesmos quando selecionados em solos com problemas de manganês (MUGWIRA et al. 1981). FINATTO (2006) estudando o efeito do manganês em aveia branca verificou que a avaliação simultânea dos caracteres comprimento da raiz e da parte aérea não foram eficientes na identificação de cultivares tolerantes.

Entretanto quando foi utilizado apenas o caráter comprimento da parte aérea, foi possível selecionar genótipos tolerantes ao manganês. A tolerância da plantas à toxidez de Mn²⁺ tem sido atribuída à reduzida absorção do elemento pelas raízes, à baixa translocação do excesso de manganês para a parte aérea da planta e/ou a grande tolerância a altos teores de Mn²⁺ nos tecidos foliares (KOHNO & FOY, 1983).

Dessa maneira, é possível realizar com rapidez e eficiência a seleção preliminar de constituições genéticas de aveia branca tolerantes em cultivo hidropônico com elevados teores de manganês. De modo geral é perceptível que os caracteres foram eficientes na classificação de cultivares quanto ao nível de tolerância quando avaliados simultaneamente, evidenciando que apenas a cultivar URS 22 foi classificada como tolerante ao manganês. Já as cultivares ALBASUL e LEONARD revelaram sensibilidade, apresentando reduções em vários caracteres. Entre as populações segregantes merecem destaque CR₂F₂, CR₇F₂ e CR₈F₂ que toleraram os efeitos do elemento na solução apresentando a mesma resposta para os caracteres RC, NR e CPA. Entretanto, quando são comparadas às avaliações de CR e CPA, é possível a verificação de que as populações que estão presentes como sensíveis ao Mn²⁺ em ambas as avaliações são as CR₁F₂ e CR₅F₂.

CONCLUSÕES

A técnica de cultivo hidropônico empregada no trabalho é eficiente possibilitando separar na fase inicial constituições genéticas tolerantes e sensíveis às elevadas concentrações de Mn^{2+} .

A concentração de 1600 mg L^{-1} de Mn^{2+} em solução nutritiva é a que permite discriminar de melhor modo genótipos de aveia sensíveis e tolerantes.

As populações segregantes CR_1F_2 (ALBASUL x CGF 03-008), CR_2F_2 (ALBASUL x URS 22), CR_5F_2 (CGF 03-088 x UPF 18), CR_7F_2 (UPF 18 x URS 21) e CR_8F_2 (UPF 18 x LEONARD) evidenciam tolerância ao manganês.

Os caracteres comprimento da parte aérea e retomada do crescimento da raiz principal são eficientes para discriminar constituições genéticas sensíveis e tolerantes ao manganês.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS, CNPq e CAPES pelos auxílios recebidos e bolsas de pós-graduação e produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENIN, G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; LORENCETTI, C.; MAIS, M.B.; MARCHIORO, V.S.; FREITAS, F.; HARTWIG, I. Uma proposta de seleção para caracteres quantitativos e qualitativos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.701-706, 2004.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, G.O.; HARTWIG, I.; VALÉRIO, I.P.; FINATTO, T. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.55-63, 2006.
- BOHNEN, H. Micronutrientes. In: GIANELLO, C. et al., **Princípios de Fertilidade do Solo**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, p. 149-168, 1995.
- CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.F. Tolerância em cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.1, p.21-23, 1981.
- CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.F. Tolerância em cultivares de trigo a diferentes níveis de Mn em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.42, n. 1, p.65-78, 1983.
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FREITAS, J.G.; FERREIRA FILHO, A.W.P. Trigo duro: tolerância à toxicidade de alumínio, manganês e ferro em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v.54, n.2, p.371-383, 1995.
- CRESTANI, M. **Genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.) submetidos a diferentes protocolos e doses de alumínio em cultivo hidropônico**. 2008. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- DELHAIZE, E.; RYAN, P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, Waterbury, v.107, n.2, p.315-321, 1995.
- FINATTO, T. **Elementos em níveis tóxicos e seus efeitos no desenvolvimento de genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em cultivo hidropônico**. 2006. 57f. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Ciências Biológicas Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.
- KOHNO, Y.; FOY, C.D. Manganese toxicity in bush bean as affected by concentrations of manganese and iron in the nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.6, n.5, p.877-893, 1983.
- LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M.F.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.173-181, 2008.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MARTINS, L.F. **Estratégias de seleção para maior ou menor sensibilidade a produtos químicos expressada por trigo duplo-haplóides em hidroponia**. 2004. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; VALADARES, J.M.A.S.; HIROCE, R. Comportamento de dois cultivares de soja em função do manganês do solo. **Bragantia**, Campinas, v.41, n.14, p.135-141, 1982.
- MUGWIRA, L.M.; FLOYD, M.; PATEL, S.U. Tolerances of Triticale Lines to Manganese in Soil and Nutrient Solution. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, n.2, p.319-322, 1981.
- NAVA, I.C. **Estratégia de avaliação e herança da tolerância ao alumínio em linhagens**

RIBEIRO et al. Resposta de constituições genéticas de aveia branca (*Avena sativa* L.) ao manganês sob cultivo...

recombinantes de aveia (*Avena sativa* L.). 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, G.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; BERTAN, I.; HARTWIG, I.; VALÉRIO, I.P.; FINATTO, T. Prospecção de caracteres na discriminação de genótipos de aveia para tolerância ao alumínio tóxico em cultivo hidropônico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.10, n.2, p.86-93, 2005.

SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, J.L.M.; VIEIRA, E.A.; BENIN, G.; OLIVEIRA, A.C.; FINATTO, T.; BERTAN, I.; SILVA, G.O.; CORREA, M.R. Tolerância ao alumínio em cultivares de aveia branca sob cultivo hidropônico. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.587-593, 2007.

SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, S.A.; MARCHIORO, V.S.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; SCHIMDT, D.A.M.; HARTWIG, I. Trigos di-haplóides com potencial para tolerância a toxidade ao alumínio e a sensibilidade ao ácido giberélico em

cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n.1, p.37-41, 2004.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; BORGHI, E.; SILVA, L.M.; ROSOLEM, C.A. Resposta de quatro cultivares de feijão ao manganês em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n.2, p. 235-240, 2005.

VASCONCELOS, S.S.; ROSSIELO, R.O.P.; JACOBNETO, J. Parâmetros morfológicos para estabelecer tolerância diferencial à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p. 357-363, 2002.

WINSTAT. **Sistema de análise estatística para Windows**. Universidade Federal de Pelotas. 2006.

ZHANG, Y.; MIAN, M.A.R.; BOUTON, J.H. Recent Molecular and Genomic Studies on Stress Tolerance of Forage and Turf Grasses. **Crop Science**, Madison, v.46, n.2, p. 497-511, 2006.