

ÁREAS BÁSICAS

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO SALINA E pH DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS NO CRESCIMENTO RADICULAR DE PLÂNTULAS DE TRIGO ⁽¹⁾

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO ^(2,4); ANTONIO WILSON PENTEADO
FERREIRA FILHO ⁽²⁾; MARCUS VINICIUS SALOMON ⁽³⁾

RESUMO

Compararam-se 14 genótipos (linhagens mutantes e cultivares) de trigo quanto ao crescimento de raízes primárias durante 7 e 15 dias de desenvolvimento em soluções nutritivas, com arejamento, em laboratório, por meio de dois experimentos, em blocos ao acaso, com duas repetições cada um. No primeiro, utilizaram-se soluções nutritivas com quatro diferentes concentrações salinas (1/1, 1/2, 1/5 e 1/10 da concentração salina da solução nutritiva completa) mantendo-se constante o pH (4,0) e a temperatura (24 ± 1 °C) e, no segundo experimento, empregaram-se soluções completas com três diferentes pHs (4,0; 5,0 e 6,0), mantendo-se constante a temperatura (24 ± 1 °C). Pelas análises de variância dos crescimentos médios de raízes dos genótipos após 7 e 15 dias, nos experimentos 1 e 2, observaram-se efeitos significativos para genótipos e concentrações salinas ou pHs das soluções e efeitos não significativos para as interações genótipos x concentrações salinas ou genótipos x pHs das soluções. Observou-se grande variabilidade genética entre os genótipos avaliados para crescimento de raízes primárias nos primeiros estádios de desenvolvimento, independentemente do pH, concentração salina e período de crescimento. Nos genótipos 6 (BH-1146) e 23 (KAUZ"S"/IAC-24 M₂), tolerantes ao Al³⁺ houve maior crescimento radicular nos primeiros 7 e 15 dias de desenvolvimento. Nos genótipos 25 (KAUZ"S"/IAC-24 M₄), 27 (KAUZ"S"/IAC-24 M₆), 37 (TUI"S"/IAC-24 M₂), 40 (IAC-287/IAC-24 M₁), 41 (IAC-287/IAC-24 M₂), 42 (IAC-287/IAC-24 M₃) e 44 (IAC-287/IAC-24 M₄), tolerantes ao Al³⁺ e 32 (KAUZ"S"), sensível ao Al³⁺, ocorreu reduzido crescimento radicular nas mesmas condições.

Palavras-chave: raízes primárias, melhoramento, tolerância ao alumínio.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SALT CONCENTRATION AND pH OF NUTRIENT SOLUTION ON THE GROWTH WHEAT SEEDLING ROOTS

Fourteen wheat genotypes (mutant lines and cultivars) were evaluated in relation to the primary root growth, during 7 and 15 days of development, in aerated nutrient solutions, under laboratory conditions, in two experiments, carried out in randomized block design with two replications. In the first experiment, pH (4.0) and temperature (24 ± 1 °C) were kept constant. Four different salt concentrations

⁽¹⁾ Trabalho parcialmente financiado pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), Viena, Áustria. Recebido para publicação em 29 de dezembro de 2003 e aceito em 7 de junho de 2005.

⁽²⁾ Instituto Agrônomo (IAC), Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras, Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo. Bolsista de Mestrado da FAPESP.

⁽⁴⁾ Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

(1/1, 1/2, 1/5 and 1/10 of regular nutrient solution) were utilized. In the second experiment complete solutions with three different pHs (4.0, 5.0 and 6.0) were used, keeping the temperature constant ($24 \pm 1^\circ\text{C}$). The analysis of variance of the root growth means after 7 and 15 days of experiments 1 and 2, showed significant effects for genotypes, salt concentrations and pHs of the solutions and non significant effects for genotypes x salt concentrations or genotypes x pHs interactions. High genetic variability was observed among the genotypes in relation to root growth, regardless the pH, salt concentration or period of growth. The genotypes 6 (BH-1146) and 23 (KAUZ"S"/IAC-24 M2) presented intense root growth in the first stages of development (7 and 15 days). The Al^{3+} tolerant genotypes 25 (KAUZ"S"/IAC-24 M4), 27 (KAUZ"S"/IAC-24 M6), 37 (TUI"S"/IAC-24 M2), 40 (IAC-287/IAC-24 M1), 41 (IAC-287/IAC-24 M2), 42 (IAC-287/IAC-24 M3), 44 (IAC-287/IAC-24 M4) and the Al^{3+} sensitive genotype 32 (KAUZ"S") showed reduced root growth in the same conditions.

Key words: primary roots, breeding, aluminum tolerance.

1. INTRODUÇÃO

O trigo é cultivado no Estado de São Paulo em condição de sequeiro, de março a agosto, período do ano de menor precipitação pluvial, em sucessão às culturas de soja e milho.

As plantas das diferentes cultivares de trigo necessitam de raízes primárias longas, nos primeiros estádios de desenvolvimento, para permitir bom estabelecimento da cultura, considerando-se o curto período recomendado de semeadura no Estado de São Paulo, que vai de 20 de março a 30 de abril, período em que a ocorrência de estresse hídrico é freqüente (CAMPINAS, 2002).

A prática da calagem recomendada para a correção da acidez dos solos das regiões tritícolas paulistas, muitas vezes, corrige somente a camada superficial, deixando o subsolo ácido, com a presença de alumínio trocável, tóxico às plântulas de trigo, causando, portanto, a paralisação irreversível do crescimento radicular (ALVES et al., 1988; CAMARGO e OLIVEIRA, 1981; ROSA et al., 1994). As plântulas de trigo para obter água e nutrientes das camadas mais profundas do solo, nos primeiros estádios de desenvolvimento, necessitam combinar as características raízes compridas e tolerância à toxicidade de alumínio.

O emprego de soluções nutritivas pode tornar mais eficiente e precisa a separação das plantas em relação ao comprimento das raízes, pois a parte de interesse da planta, a raiz, é facilmente observada (CAMPBELL e LAFEVER, 1976).

Observa-se na cultivar BH-1146, tolerante à seca, crescimento radicular muito maior que outros genótipos de trigo em experimentos, empregando-se soluções nutritivas (CAMARGO, 1993; CAMARGO et al. 1980; 1987; 2004; CAMARGO e FERREIRA FILHO, 2000).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o crescimento radicular de genótipos de trigo (linhagens mutantes e cultivares), em soluções

nutritivas com diferentes concentrações de sais e pHs, durante 7 e 15 dias, visando ao desenvolvimento de método adequado para seleção de plantas com raízes primárias mais longas nos primeiros estádios de desenvolvimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Em dois experimentos realizados em laboratório do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras, do Instituto Agrônomo (IAC), foram avaliados 14 genótipos de trigo (BH-1146, KAUZ"S" / IAC-24 M₂, KAUZ"S" / IAC-24 M₄, KAUZ"S" / IAC-24 M₆, KAUZ"S" / IAC-24 M₈, KAUZ"S", KAUZ"S", IAC-24 / TUI"S" M₂, TUI"S" / IAC-24 M₁, TUI"S" / IAC-24 M₂, TUI"S", IAC-287 / IAC-24 M₁, IAC-287 / IAC-24 M₂, IAC-287 / IAC-24 M₃ e IAC-287 / IAC-24 M₅). Esses foram selecionados de 45 previamente estudados quanto ao crescimento radicular em soluções nutritivas (CAMARGO et al., 2002). Com exceção dos genótipos KAUZ"S" e TUI"S", sensíveis à toxicidade de Al^{3+} , e sem crescimento das raízes primárias centrais após exposição por 48 horas em solução-tratamento contendo 2 mg.L^{-1} , os demais genótipos avaliados foram tolerantes à toxicidade de Al^{3+} , com crescimento radicular após desenvolvimento por 48 horas em solução-tratamento contendo 10 mg.L^{-1} (CAMARGO e OLIVEIRA, 1981).

O delineamento experimental para o Experimento 1 foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4×14 , sendo quatro concentrações da solução nutritiva (1/1, 1/2, 1/5 e 1/10 da concentração da solução completa) e 14 genótipos de trigo, com duas repetições. A composição da solução completa (MOORE, 1974 e MOORE et al., 1976) foi: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4 mmol L^{-1} , MgSO_4 2 mmol L^{-1} , KNO_3 4 mmol L^{-1} , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $0,435 \text{ mmol L}^{-1}$, KH_2PO_4 $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$, MnSO_4 2 mmol L^{-1} , CuSO_4 $0,3 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, ZnSO_4 $0,8 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, NaCl $30 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, Fe-CYDTA $10 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$, Na_2MoO_4 $0,10 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ e H_3BO_3 $10 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$.

Foram utilizadas quatro vasilhas plásticas com 8,3 L de capacidade, uma para cada concentração salina, sobre as quais foram adaptadas telas de náilon com malha de aproximadamente 1 mm.

Um número suficiente de sementes de cada genótipo, após submersão em solução de hipoclorito de sódio a 10% por aproximadamente 2 minutos e posterior lavagem com água destilada, foi colocada em placas de Petri para germinar em refrigerador à temperatura de 12 °C por 72 horas, período necessário para a emergência das raízes.

De cada genótipo, 25 sementes germinadas foram escolhidas pela uniformidade e colocadas com auxílio de uma pinça sobre a tela de náilon de cada vasilha com as soluções nutritivas de tratamento. As raízes emergentes das sementes tocavam as soluções, obtendo, portanto, um pronto suprimento de água e nutrientes. As telas foram cobertas durante 24 horas com um filme plástico, visando manter uma umidade relativa, favorecendo o crescimento uniforme das plântulas.

Durante todo o período experimental, a solução das vasilhas foi arejada e, diariamente, seu volume completado com água destilada e o pH ajustado para 4,0, com ajustamentos diários com H_2SO_4 0,5 mol L⁻¹ ou NaOH mol L⁻¹. As vasilhas foram mantidas em banho-maria à temperatura de 24 ± 1 °C, sob condição de laboratório com controle de temperatura ambiente. O experimento foi mantido com luz fluorescente (80 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em sua totalidade.

Após 7 e 15 dias de manejo do experimento, foram coletadas 10 plântulas de cada genótipo, nas vasilhas com os tratamentos de concentração salina, e o comprimento da raiz primária central foi medido com o uso de régua. No Experimento 2 foram utilizados os mesmos 14 genótipos de trigo agora cultivados na solução nutritiva completa do Experimento 1, com três valores de pH: 4,0; 5,0 e 6,0. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 14, com duas repetições. O método de cultivo foi o mesmo descrito para o Experimento 1, ou seja, três vasilhas plásticas com volume de 8,3 L, com tela de náilon adaptada na superfície, com 25 plântulas de cada genótipo e contendo as soluções nutritivas com os valores de pH estabelecidos nos tratamentos. A solução das vasilhas foi continuamente arejada e o volume e pHs ajustados diariamente. As vasilhas foram mantidas em banho-maria a 24 ± 1 °C, sob condição de laboratório, com controle de temperatura ambiente. O Experimento 2 foi mantido com luz fluorescente (80 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em sua totalidade.

Após 7 e 15 dias de manejo do experimento, foram colhidas de cada vasilha 10 plântulas de cada

genótipo e o comprimento da raiz primária central medido com o uso de régua.

Tanto no Experimento 1 quanto no 2, os dados de comprimento da raiz após 7 e 15 dias de cultivo foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises da variância dos crescimentos médios de raízes dos genótipos de trigo, após 7 e 15 dias em soluções nutritivas com quatro diferentes concentrações salinas (experimento 1), houve efeitos significativos ($P < 0,05$) para genótipos e concentrações salinas das soluções e efeitos não significativos para as interações genótipos x concentrações salinas das soluções. Os crescimentos radiculares médios de genótipos de trigo após 7 e 15 dias em soluções nutritivas com quatro diferentes concentrações salinas são apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente. A média do crescimento de raízes de todos os genótipos tomados em conjunto, avaliados após 7 dias (133mm) – Tabela 1 e 15 dias (215 mm) – Tabela 2 em soluções nutritivas completas foram mais altos em relação às médias dos mesmos genótipos, nos mesmos períodos de cultivo em soluções com 1/10 da concentração da solução completa (101 e 146 mm respectivamente).

Pelas análises da variância dos crescimentos médios de raízes dos genótipos de trigo após 7 e 15 dias, em soluções nutritivas completas, com pH 4,0; 5,0 e 6,0 (Experimento 2), verificaram-se efeitos significativos ($P < 0,05$) para genótipos e pHs das soluções e efeitos não significativos para as interações genótipos x pHs das soluções. As médias de crescimentos de raízes dos 14 genótipos considerados em conjunto após 7 dias (144 mm) - Tabela 3 e 15 dias (216 mm) - Tabela 4 em soluções nutritivas com pH 4,0 foram (teste de Duncan, a 5%) maiores em relação às médias dos mesmos genótipos, nos mesmos períodos de cultivo, em soluções com pH 6,0 (123 e 186 mm respectivamente).

O crescimento radicular médio dos genótipos avaliados reduziu à medida que se elevou o pH das soluções nutritivas de 4,0 para 6,0 e aumentou quando a concentração salina das soluções nutritivas se elevou de 1/10 para 1/1 da concentração da solução completa. O comportamento relativo do crescimento radicular de cada genótipo não diferiu dos demais em função das concentrações salinas e dos pHs das soluções em que cresceram. Esse fato foi confirmado pela não-significância das interações genótipos x concentrações salinas e genótipos x pHs das soluções nutritivas.

Tabela 1. Crescimento radicular médio de genótipos de trigo após 7 dias de cultivo em soluções nutritivas com quatro diferentes concentrações de sais

Genótipos	Concentração de sais (mg L ⁻¹)			
	1/1	1/2	1/5	1/10
	mm			
6- BH-1146	162a	143a	150a	127a
23- KAUZ"S" / IAC-24 M ₂	154ab	126a-c	134ab	110ab
25- KAUZ"S" / IAC-24 M ₄	112g	100e	101c-e	81d
27- KAUZ"S" / IAC-24 M ₆	131c-g	117b-e	101c-e	96b-d
29- KAUZ"S" / IAC-24 M ₈	143a-d	120b-d	112b-d	96b-d
32- KAUZ"S"	129d-g	125a-d	109c-e	102bc
34- IAC-24 / TUI"S" M ₂	140b-f	132ab	110c-e	106bc
36- TUI"S" / IAC-24 M ₁	142a-e	132ab	101c-e	108a-c
37- TUI"S" / IAC-24 M ₂	116g	112c-e	93de	99b-d
39- TUI"S"	150a-c	142a	118bc	113ab
40- IAC-287 / IAC-24 M ₁	121fg	109c-e	88e	95b-d
41- IAC-287 / IAC-24 M ₂	120fg	106de	93de	93b-d
42- IAC-287 / IAC-24 M ₃	122e-g	119b-e	88e	89cd
44- IAC-287 / IAC-24 M ₅	114g	108c-e	90de	93b-d
Média	133A	121B	106C	101C

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Tabela 2. Crescimento radicular médio de genótipos de trigo após 15 dias de cultivo em soluções nutritivas com quatro diferentes concentrações de sais

Genótipos	Concentração de sais (mg L ⁻¹)			
	1/1	1/2	1/5	1/10
	mm			
6- BH-1146	322a	300a	281a	179a
23- KAUZ"S" / IAC-24 M ₂	268b	251b	253ab	161a-d
25- KAUZ"S" / IAC-24 M ₄	192e-g	188de	176c-f	125e
27- KAUZ"S" / IAC-24 M ₆	224de	203cd	203cd	131c-e
29- KAUZ"S" / IAC-24 M ₈	258bc	222c	223bc	169ab
32- KAUZ"S"	206d-f	184de	186c-e	128de
34- IAC-24 / TUI"S" M ₂	236b-d	206cd	203cd	166a-c
36- TUI"S" / IAC-24 M ₁	233cd	211c	195c-e	159a-e
37- TUI"S" / IAC-24 M ₂	184f-h	155f-h	154e-g	135b-e
39- TUI"S"	236b-d	222c	197c-e	154a-e
40- IAC-287 / IAC-24 M ₁	162gh	134h	120g	130de
41- IAC-287 / IAC-24 M ₂	162gh	146gh	136fg	128de
42- IAC-287 / IAC-24 M ₃	159h	168e-g	130fg	132c-e
44- IAC-287 / IAC-24 M ₅	174f-h	177ef	164d-g	141b-e
Média	215A	198B	187C	146D

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Tabela 3. Crescimento radicular médio de genótipos de trigo após 7 dias de cultivo em soluções nutritivas com três pHs

Genótipos	pH		
	4,0	5,0	6,0
	mm		
6- BH-1146	180a	168a	157a
23- KAUZ”S” / IAC-24 M ₂	164ab	151ab	147ab
25- KAUZ”S” / IAC-24 M ₄	135de	117f	104d
27- KAUZ”S” / IAC-24 M ₆	133de	130b-f	117cd
29- KAUZ”S” / IAC-24 M ₈	148b-d	139b-e	139ab
32- KAUZ”S”	134de	122ef	115cd
34- IAC-24 / TUI”S” M ₂	156bc	145b-d	132bc
36- TUI”S” / IAC-24 M ₁	156bc	149a-c	131bc
37- TUI”S” / IAC-24 M ₂	123e	122ef	108d
39- TUI”S”	147b-d	149a-c	137b
40- IAC-287 / IAC-24 M ₁	142cd	129c-f	111d
41- IAC-287 / IAC-24 M ₂	131de	122ef	106d
42- IAC-287 / IAC-24 M ₃	137de	126d-f	108d
44- IAC-287 / IAC-24 M ₅	131de	120ef	105d
Média	144A	135B	123C

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Tabela 4. Crescimento radicular médio de genótipos de trigo após 15 dias de cultivo em soluções nutritivas com três pHs

Genótipos	pH		
	4,0	5,0	6,0
	mm		
6- BH-1146	310a	307a	268a
23- KAUZ”S” / IAC-24 M ₂	272b	256b	227b
25- KAUZ”S” / IAC-24 M ₄	193ef	179d-f	157e-g
27- KAUZ”S” / IAC-24 M ₆	229cd	201c-f	184d-f
29- KAUZ”S” / IAC-24 M ₈	252bc	236bc	224bc
32- KAUZ”S”	201de	196d-f	184d-f
34- IAC-24 / TUI”S” M ₂	240bc	213c-e	199b-d
36- TUI”S” / IAC-24 M ₁	243bc	204c-f	188c-e
37- TUI”S” / IAC-24 M ₂	176ef	178d-f	159e-g
39- TUI”S”	232cd	217b-d	192b-e
40- IAC-287 / IAC-24 M ₁	169ef	170f	145g
41- IAC-287 / IAC-24 M ₂	173ef	182d-f	156e-g
42- IAC-287 / IAC-24 M ₃	157f	177ef	148fg
44- IAC-287 / IAC-24 M ₅	179ef	184d-f	175d-g
Média	216A	207B	186C

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Levando-se em consideração os dados constantes das tabelas 1 a 4, verifica-se que os genótipos com raízes mais compridas como as da cultivar BH-1146 e as mais curtas como as das linhagens 41 (IAC-287 / IAC-24 M₂), 42 (IAC-287 / IAC-24 M₃) e 44 (IAC-287 / IAC-24 M₄), após 7 ou 15 dias de cultivo, mantiveram essas características considerando as diferentes soluções nutritivas empregadas no Experimento 1, cujas concentrações salinas variaram, e no Experimento 2, em que houve variações nos pHs.

Pelos resultados, verifica-se a possibilidade de ser possível avaliar com sucesso genótipos de trigo, após sete dias de cultivo em solução nutritiva, com pH 4,0 e reduzida concentração de sais. Assim, as plantas selecionadas nessas condições poderiam ser cultivadas em solos ácidos, onde o subsolo tem baixa concentração de fósforo e bases, além do pH estar próximo de 4,0, como no Sul do Estado de São Paulo, tradicional região tritícola.

Esse método seria mais simples do que o já usado como rotina no programa de melhoramento de trigo do IAC para a avaliação de genótipos tolerantes à toxicidade de alumínio, cujos sintomas de toxicidade de alumínio (paralisação do crescimento do meristema apical das raízes primárias das plantas) em solução nutritiva poderiam ser obtidos tanto por um aumento da concentração de alumínio, mantendo-se constante a concentração salina, quanto pela diminuição da concentração de sais, mantendo-se constante a concentração de alumínio, para todas as cultivares estudadas. Exemplificando, a cultivar IAC-17 foi tolerante a 5 e sensível a 10 mg.L⁻¹, quando se empregou uma solução nutritiva com 1/10 da concentração da solução completa. Essa mesma cultivar mostrou-se tolerante a 10 mg.L⁻¹, quando se utilizou uma solução com 1/5 da concentração da solução completa (CAMARGO et al., 1981). Esse fato foi explicado por ALI (1973) como consequência da menor proteção do meristema apical das raízes exercido pelos cations Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ contra os efeitos adversos do Al³⁺. Foi demonstrado também no método para avaliação de genótipos tolerantes à toxicidade de alumínio que sintomas de toxicidade de alumínio em solução nutritiva poderiam ser obtidos tanto por aumento da concentração de alumínio, mantendo-se constante o pH, quanto pela diminuição do pH, mantendo-se constante a concentração de alumínio, para todos os cultivares estudados (CAMARGO, 1984).

Os dados obtidos no presente trabalho sugerem que o crescimento radicular seja controlado geneticamente. Para estudar a herança dessa característica seria necessário realizar cruzamentos entre os genótipos contrastantes em relação ao crescimento radicular no estágio de plântula. A

avaliação das populações segregantes desses cruzamentos poderia dar informações necessárias para serem utilizadas no futuro, visando à seleção de genótipos exibindo raízes mais compridas nos estádios iniciais de desenvolvimento, promovendo melhor desenvolvimento da cultura do trigo, quando da ocorrência de estresse hídrico.

4. CONCLUSÕES

1. O crescimento radicular dos genótipos avaliados em soluções nutritivas mostrou-se independente do pH e da concentração salina da solução, confirmando a não-significância das interações genótipos x pHs e genótipos x concentrações salinas das soluções.

2. Observou-se grande variabilidade genética entre os genótipos avaliados para crescimento de raízes primárias nos primeiros estádios de desenvolvimento nas soluções nutritivas.

3. Nos genótipos 6 e 23, tolerantes à toxicidade de Al³⁺, ocorreram os maiores crescimentos radiculares nos primeiros estádios de desenvolvimento (7 a 15 dias).

4. Nos genótipos 25, 27, 37, 40, 41, 42 e 44, tolerantes à toxicidade de Al³⁺, e 32, sensível à toxicidade de Al³⁺, houve reduzido crescimento radicular nos primeiros estádios de desenvolvimento, condição específica desses genótipos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), Viena, Áustria, pelo apoio financeiro ao projeto e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALI, S.M.E. Influence of cations on aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host). 1973. 102f. Tese (Doutoramento) - Corvallis, University Estadual de Oregon.
- ALVES, V.M.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Efeito do alumínio sobre a absorção e translocação de fósforo e sobre a composição mineral de duas cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.6, p. 563-573, 1988.

- CAMARGO, C.E. de O. O pH das soluções nutritivas no comportamento de cultivares de trigo à toxicidade de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.43, n.2, p. 327-335, 1984.
- CAMARGO, C.E.O. Trigo. In: FURLANI, A.M.C.; VIEGAS, G.P. (Ed.) **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. cap.12, p.433-488.
- 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.; RAMOS, L.C.S.; FELICIO, J.C.; TULMANN NETO, A. Primary root growth: genetics and differential among wheat mutant lines in nutrient solutions. In: FIRST RESEARCH CO-ORDINATION MEETING OF FAO/IAEA CO-ORDINATED RESEARCH PROJECT ON MUTATIONAL ANALYSIS OF ROOT CHARACTERS IN ANNUAL FOOD PLANTS RELATED TO PLANT PERFORMANCE, 2000, Viena. *Report*. Viena: International Atomic Energy Agency, 2002, p.43-46.
- CAMARGO, C. E. de O.; FERREIRA-FILHO, A. W. P. São Paulo State Brazil Wheat Pool. In: BONJEAN, A.P.; ANGUS, W.J. (Eds). **The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding**. Paris, 2000. Cap. 21, p.549-577.
- CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; SALOMON, M.V. Temperatura e pH da solução nutritiva no crescimento das raízes primárias do trigo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.6, p.313-318, 2004.
- CAMARGO, C.E.O.; KRONSTAD, W.E.; METZGER, R.J. Parent-progeny regression estimates and associations of height levels with aluminum toxicity and grain yield in wheat. **Crop Science**, Madison, v.20, p.355-358, 1980.
- 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, n.1, p.21-31, 1981.
- CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.F.; LAVORENTI, A. Efeito de diferentes concentrações de sais na solução nutritiva na tolerância de cultivares de trigo à toxicidade de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.1, p.93-101, 1981.
- CAMPBELL, L.G.; LAFEVER, H.N. Correlation of field and nutrient culture techniques of screening wheat for aluminum tolerance. In: WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, 1976, Beltsville. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1976. P.277-286.
- CAMPINAS, INSTITUTO AGRÔNOMICO. **Recomendações da Comissão Técnica de Trigo para 2002**. 3.ed.atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 92p. (Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC, 167).
- MOORE, D.P. Physiological effects of pH on plant roots. In: CARSON, E.W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville, VA: University Press of Virginia, 1974. p.135-151.
- 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.
- ROSA, O.S.; CAMARGO, C.E.O.; RAJARAM, S.; ZANATA, A.C.A. Produtividade de trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell) com tolerância ao alumínio tóxico no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p. 411-417, 1994.