

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE Fe EM SOLUÇÃO NUTRITIVA NO DESENVOLVIMENTO DA RAIZ PRIMÁRIA DE TRIGO¹

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO, JOSÉ GUILHERME DE FREITAS
e ANTONIO WILSON PENTEADO FERREIRA FILHO²

RESUMO - Foi estudado o comportamento diferencial de sete cultivares de trigo, (*Triticum aestivum* L.) em soluções nutritivas com arejamento, contendo cinco concentrações de Fe^{3+} (0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0 mg/litro), mantendo-se constante a temperatura de $25^{\circ} \pm 1^{\circ}C$ e o pH das soluções 4,0. A fonte de Fe^{3+} foi $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$. A tolerância foi avaliada pelo comprimento médio da raiz primária central de 20 plântulas cultivadas durante dez dias, em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de Fe. As cultivares BH-1146 e IAC-17 foram as que apresentaram maior crescimento das raízes quando se utilizou a concentração de 0,56 mg de Fe^{3+} /litro. A cultivar BH-1146 diferiu das cultivares CNT-8, IAC-5, Alondra-S-46, IAC-24 e Siete Cerros, porém não apresentou diferença significativa da cultivar IAC-17. A cultivar IAC-24 foi a que apresentou raízes mais curtas nessa concentração de Fe, diferindo significativamente das demais. À medida que foram aumentadas as concentrações de Fe de 0,56 para 40,0 mg/litro nas soluções, ocorreram reduções nos comprimentos das raízes segundo o grau de tolerância de cada cultivar. As cultivares CNT-8 e Siete Cerros foram consideradas tolerantes aos níveis mais elevados de Fe nas soluções, e IAC-5, IAC-17, Alondra-S-46, BH-1146 e IAC-24, sensíveis. Os teores de P, Ca e K na matéria seca da parte aérea tenderam a diminuir com o aumento das concentrações de Fe nas soluções. Os teores de Fe e Mn na matéria seca da parte aérea elevaram-se com o aumento das concentrações de Fe nas soluções.

Termos para indexação: tolerância à toxicidade de Fe, teores de P, Ca, Mg, Fe e Mn na matéria seca, cultivares de trigo sensíveis, cultivares de trigo tolerantes.

INFLUENCE OF DIFFERENT IRON LEVELS IN NUTRIENT SOLUTION ON THE PRIMARY ROOT GROWTH OF WHEAT

ABSTRACT - Seven wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars were studied regarding Fe toxicity using five different levels of this element (0.56; 5.0; 10.0; 20.0 and 40.0 mg/l) in nutrient solution with aeration, under constant temperature ($25^{\circ} \pm 1^{\circ}C$) and pH 4.0. The source of Fe was $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$. Tolerance was measured by the mean of the primary root length of 20 seedlings grown during 10 days in nutrient solutions with different Fe concentrations. The cultivars BH-1146 and IAC-17 showed the largest root growth when the concentration of 0.56 mg of Fe^{3+} /l was used in the solution. The cultivar BH-1146 differed from the cultivars CNT-8, IAC-5, Alondra-S-46, IAC-24 and Siete Cerros, but did not show significant difference from the cultivar IAC-17. The cultivar IAC-24 presented the shortest roots in this Fe concentration, being significantly different from the other cultivars. As the Fe concentration in the solutions was increased from 0.56 to 40.0 mg/l, reductions in root length were observed according to the degree of tolerance of each cultivar. Cultivars CNT-8 and Siete Cerros were considered tolerant to the increasing levels of Fe in the nutrient solutions, and cultivars IAC-5, IAC-17, Alondra-S-46 and IAC-24 were considered sensitive. The P, K and Ca concentrations decreased in the shoot as the levels of Fe increased in the nutrient solutions. Fe and Mg concentrations in the leaves increased in all cultivars as the levels of Fe increased in the nutrient solution.

Index terms: tolerance to Fe toxicity, P, Ca, Mg, Fe and Mn dry matter content, sensitive wheat cultivars, tolerant wheat cultivars.

INTRODUÇÃO

Em solos ácidos, há, geralmente, quantidades su-
ficientes de Fe e Mn na solução do solo para suprir

as necessidades das plantas. Nos solos muito ácidos
podem ocorrer problemas de toxicidade em razão de
excesso desses elementos, associado à toxicidade de
Al, que é bastante frequente nessas condições (Foth
1978).

Os sintomas de toxicidade de Fe variam conforme
a cultura. Em arroz, a presença de Fe em níveis tóxi-
cos no solo tem sido caracterizada por manchas
acastanhadas, que iniciam nas pontas das folhas in-
feriores e em seguida desenvolvem-se pela folha in-
teira, atingindo depois as folhas mais novas. Os sin-
tomas de toxicidade de Fe diferem largamente com a

¹ Aceito para publicação 29 de maio de 1989.

Com recursos complementares do Acordo do Trigo entre
as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do
Parapanema e a Secretaria da Agricultura, por meio do
Instituto Agronômico. Trabalho apresentado na XIV
Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Londrina (PR),
julho de 1986.

² Eng.-Agr., Instituto Agronômico de Campinas (IAC).
Caixa Postal 28, CEP 13001 Campinas, SP. Com bolsa de
suplementação do CNPq.

idade da planta, o estado de nutrição e a cultivar utilizada (Foy et al. 1978). Em trigo, a presença de um amarelecimento acentuado nas folhas inferiores das plantas localizadas nas partes do terreno que sofreu alagamento parece estar associada à toxicidade de Fe (Camargo & Freitas 1985).

Segundo Moore et al. (1976) e Foy et al. (1973), é muito difícil controlar o complexo mineral do solo adequadamente para que determinado nível de Al, Mn ou Fe possa ser reproduzido de um experimento para outro, ou de um local para outro. O emprego de soluções nutritivas pode tornar mais eficiente e precisa a separação das plantas em relação à tolerância a esses elementos.

Camargo (1984) testou sete cultivares de arroz em soluções nutritivas não arejadas contendo quatro níveis de Fe^{2+} (0,56; 100; 200 e 400 mg/litro), e, mantendo constantes a temperatura de $30 \pm 1^\circ C$ e o pH das soluções em 4,0, concluiu que a cultivar Pérola mostrou tolerância à presença de doses crescentes de Fe nas soluções; as cultivares IAC-435 e IR-8 foram sensíveis, e IAC-120, IAC-899, IR-841 e Blue Bonnet apresentaram reações intermediárias. Concluiu, também, que a maior tolerância da cultivar Pérola parece dever-se à menor absorção de Fe das soluções.

Empregando soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de Fe^{2+} (0; 5; 10; 20 e 40 mg/litro), foi possível classificar as cultivares de trigo BH-1146, IAC-18, IAC-24, IAC-5, IAC-13, IAC-17 e IRN-204-63 como sensíveis, e Siete Cerros, CNT-8 e Alondra-4546, como as mais tolerantes entre as estudadas (Camargo & Freitas 1985).

Verificou-se que os genes existentes na cultivar Siete Cerros, responsáveis pela tolerância a 10 mg/litro de Fe^{2+} nas soluções, apresentaram comportamento parcialmente dominante, e os genes encontrados na cultivar BH-1146, comportamento parcialmente recessivo. Os valores da herdabilidade em sentido amplo para a tolerância à toxicidade de Fe^{2+} , expressa na capacidade de crescimento das raízes das plântulas de trigo em soluções nutritivas contendo 5 e 10 mg/litro de Fe^{2+} , foram altos, indicando que grande parte da variabilidade encontrada na população BH-1146 x Siete Cerros, em geração F_2 , foi de origem genética, permitindo, pois, seleções as primeiras gerações segregantes para essa característica (Camargo 1985).

Considerando que a absorção de Fe pelas plantas está relacionada à habilidade das raízes em produzirem substâncias redutoras de Fe^{3+} para Fe^{2+} , sendo

esta redução obrigatória antes que o Fe possa ser absorvido (Moore 1972), o presente trabalho tem por objetivo: a) estudar o comportamento de cultivares de trigo em soluções nutritivas arejadas contendo diferentes concentrações de Fe^{3+} , para comparar com os dados obtidos por Camargo & Freitas (1985), empregando soluções com diferentes níveis de Fe^{2+} , e b) identificar genótipos de trigo com tolerância a Fe^{3+} para possível utilização no programa de melhoramento genético.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento estatístico empregado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e duas repetições. As parcelas foram compostas por cinco concentrações de Fe^{3+} (0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0 mg/litro), e as subparcelas, pelas sete cultivares de trigo seguintes: CNT-8, IAC-5, IAC-17, Alondra-S-46, BH-1146, IAC-24 e Siete Cerros.

Foram escolhidas vinte sementes uniformes e pré-germinadas de cada cultivar e colocadas na parte superior de dez telas de nylon, que foram adaptadas sobre dez vasilhas de plástico de 8,3 litros de capacidade, contendo soluções nutritivas. As sementes foram mantidas úmidas, e as radículas emergentes tocavam nas soluções, tendo, portanto, um pronto suprimento de nutrientes.

A composição da solução nutritiva utilizada foi a seguinte: $Ca(NO_3)_2$ 1 mM; $MgSO_4$ 0,5 mM; KNO_3 1 mM; $(NH_4)_2SO_4$ 0,109 mM; KH_2PO_4 0,125 mM; $MnSO_4$ 0,5 μM ; $CuSO_4$ 0,75 μM ; $ZnSO_4$ 0,2 μM ; $NaCl$ 7,5 μM ; $Fe-CYDTA$ 10 μM ; Na_2MoO_4 0,025 μM e H_2BO_3 2,5 μM . O pH das soluções foi ajustado para 4,0 com H_2SO_4 1 N. As vasilhas de plástico contendo as soluções foram colocadas em banho-maria, à temperatura de $25 \pm 1^\circ C$, dentro do laboratório, sendo o experimento mantido com luz artificial em sua totalidade.

As plantas desenvolveram-se nessas condições por 48 horas. Após esse período, adicionaram-se as cinco concentrações de Fe, em duas repetições. A fonte de Fe^{3+} foi $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$.

As plantas cresceram nas diferentes soluções de tratamento durante dez dias, sendo o seu pH mantido o mais próximo possível de 4,0, com ajustamentos diários. Em todo o experimento as soluções foram arejadas continuamente.

Decorridos dez dias, as plantas foram retiradas das soluções, determinando-se o crescimento da raiz primária central de cada plântula, em milímetros. As comparações entre as médias de comprimento da raiz foram feitas pelo teste de Tukey (Steel & Torrie 1960).

As raízes foram, a seguir, separadas da parte aérea de cada cultivar, e as partes aéreas, colocadas para secar em estufa, a $70^\circ C$, por cinco dias, sendo então determinados os respectivos pesos secos. A matéria seca da parte aérea de todas as cultivares foi enviada ao laboratório para ser analisada quanto aos teores de P, Ca, Mg, K, Fe e Mn, segundo o método de Bataglia et al. (1978).

Foram calculadas as correlações simples, para todas as cultivares, entre as concentrações de Fe nas soluções com os crescimentos médios das raízes, pesos secos totais, pesos se-

cos das partes aéreas e peso seco das raízes de 20 plântulas.

Foram também calculadas as correlações simples entre as concentrações de Fe nas soluções com os teores de P, Ca, Mg, K, Fe e Mn nas matérias secas das partes aéreas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância são apresentados na Tabela 1. Verificaram-se, pelo teste F para o fator comprimento da raiz, efeitos altamente significativos para concentrações de Fe^{3+} , cultivares e interação cultivares x concentrações de Fe^{3+} . Os dados do comprimento da raiz constam na Tabela 2.

TABELA 1. Análise de variância para crescimento da raiz de sete cultivares de trigo após dez dias de desenvolvimento em soluções nutritivas arejadas contendo cinco concentrações de Fe.

Causas de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	1	9,22
Concentrações de Fe^{3+}	4	10812,71**
Erro I	4	28,97
Cultivares	6	3122,49**
Cultivares x concentrações de Fe^{3+}	24	316,43**
Erro II	30	32,20
Total	69	

Considerando as médias das diferentes cultivares crescidas em soluções contendo 0,56 mg de Fe^{3+} /litro, verifica-se que a BH-1146 mostrou raízes mais compridas, diferindo, pelo teste de Tukey ao nível de 5%, das demais cultivares, à exceção da cultivar IAC-17. Essas observações confirmam resultados anteriores (Camargo & Oliveira 1981 e Camargo & Freitas 1985), que mostraram que, em uma solução com níveis adequados de Fe e com pH = 4,0, a BH-1146 apresentou o seu potencial genético no crescimento rápido das raízes, condição essa específica de cada genótipo. A cultivar IAC-24 foi a que apresentou raízes mais curtas nessas condições, diferindo significativamente das demais.

Considerando 5 mg de Fe^{3+} /litro nas soluções, observa-se que todas as cultivares reduziram o crescimento radicular em relação ao das soluções contendo 0,56 mg de Fe^{3+} /litro. Nessas condições, a IAC-17 apresentou as raízes mais compridas, diferindo das outras cultivares, exceto da CNT-8 e BH-1146.

Nas soluções contendo 10 mg de Fe^{3+} /litro, a CNT-8 mostrou as raízes mais desenvolvidas, somente diferindo significativamente das cultivares Alondra-S-46 e IAC-24.

Quando se adicionaram 20 mg de Fe^{3+} /litro nas soluções, a CNT-8 exibiu as raízes mais compridas, diferindo das demais cultivares estudadas, à exceção

TABELA 2. Comprimento médio da raiz primária central de cultivares de trigo medido após dez dias de crescimento em soluções nutritivas arejadas contendo diferentes concentrações de Fe (Fe^{3+}).

Cultivares	Concentrações de Fe nas soluções (mg/L)									
	0,56		5		10		20		40	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
CNT-8	157,2	100	123,7	79	111,7	71	114,6	73	99,7	63
IAC-5	150,7	100	111,7	74	102,2	68	86,7	58	79,9	53
IAC-17	170,5	100	136,4	80	110,9	65	86,7	51	72,4	42
Alondra-S-46	141,8	100	108,4	77	89,3	63	81,1	57	77,8	55
BH-1146	176,8	100	124,3	70	100,5	57	72,5	41	59,3	34
IAC-24	100,0	100	75,9	76	66,0	66	46,9	47	43,5	44
Siete Cerros	125,9	100	102,2	81	110,0	87	104,4	83	90,8	72
d.m.s.* (5%)	18,0									
d.m.s.** (5%)	19,0									

* Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação das médias das cultivares de trigo dentro de uma mesma concentração de Fe em solução.

** Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação de cada cultivar de trigo nas diferentes concentrações de Fe.

da Siete Cerros que, por sua vez, não diferiu das cultivares IAC-5 e IAC-17.

Considerando as soluções que receberam 40 mg de Fe^{3+} /litro, observou-se que esta concentração foi bastante prejudicial a todas as cultivares, que mostraram reduções sensíveis no crescimento radicular em comparação ao verificado quando se adicionou 0,56 mg/litro de Fe^{3+} nas soluções. Nessas condições, a CNT-8 mostrou novamente raízes mais desenvolvidas, diferindo das demais cultivares estudadas, à exceção de Siete Cerros. Esta cultivar, por sua vez, mostrou, nessa concentração, uma redução no crescimento do sistema radicular no valor de 28% em relação ao crescimento em solução de 0,56 mg/litro de Fe^{3+} , ao passo que a CNT-8 apresentou uma redução de 37%. A cultivar BH-1146 foi a que exibiu maior redução no crescimento das raízes (66%).

Os resultados demonstraram que o comprimento da raiz foi parâmetro sensível a doses crescentes de Fe em soluções nutritivas com arejamento. As cultivares CNT-8 e Siete Cerros foram as mais tolerantes à toxicidade de Fe quando se empregaram níveis crescentes deste elemento, na forma de $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$. Os dados obtidos confirmam os de Camargo & Freitas (1985), que utilizaram, nas soluções nutritivas, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ como fonte de Fe, com e sem arejamento.

Observando-se a Tabela 3, verificam-se, para todas as cultivares estudadas, correlações negativas entre as concentrações de Fe nas soluções e o comprimento das raízes, peso seco total, peso seco da

parte aérea e peso seco das raízes. Fizeram exceção as correlações entre as concentrações de Fe nas soluções e o peso seco das raízes quando se consideraram as cultivares CNT-8, IAC-5, Alondra-S-46, IAC-24 e Siete Cerros, que foram positivas. Apesar de somente algumas dessas correlações mostrarem apenas significância ao nível de 10%, os resultados demonstraram a tendência de altas concentrações de Fe nas soluções a diminuírem o comprimento das raízes, o peso seco total da parte aérea e das raízes de todas as cultivares de trigo estudadas.

Na Tabela 4 encontram-se as concentrações de P, Ca, Mg, K, Fe e Mn determinadas nas folhas.

Os teores de P na matéria seca da parte aérea diminuíram em todas as cultivares, à medida que se aumentaram as concentrações de Fe nas soluções. Os teores de Fe na matéria seca da parte aérea tenderam a aumentar à medida que se aumentaram as concentrações de Fe nas soluções.

As correlações simples entre as concentrações de Fe nas soluções, e os teores de P, Ca, Mg, K, Fe e Mn na matéria seca da parte aérea das sete cultivares, encontram-se na Tabela 5.

As correlações entre as concentrações de Fe nas soluções e os teores de P na matéria seca de todas as cultivares foram negativas, sendo somente significativas ao nível de 5% para a cultivar IAC-5. As correlações entre as concentrações de Fe nas soluções e os teores de Ca e K foram todas negativas – com exceção da verificada para Ca na cultivar CNT-8 –, e entre as concentrações de Fe nas soluções e K para a cultivar IAC-17, que foram positivas. Apenas a

TABELA 3. Correlações simples entre as concentrações de Fe nas soluções nutritivas e crescimento médio da raiz primária central, peso da matéria seca total, peso da matéria seca da parte aérea e das raízes de 20 plântulas de trigo que cresceram durante dez dias em soluções com cinco concentrações de Fe^{3+} .

Correlações	Cultivares						
	CNT-8	IAC-5	IAC-17	Alondra-S-46	BH-1146	IAC-24	Siete Cerros
Concent. Fe^{3+} nas soluções x compr. médio das raízes	-0,790	-0,828*	-0,899*	-0,784	-0,866*	-0,842*	-0,824*
Concent. Fe^{3+} nas soluções x peso seco total	-0,173	0,011	-0,495	-0,508	-0,714	-0,336	-0,713
Concent. Fe^{3+} nas soluções x peso seco da parte aérea	-0,490	-0,169	-0,477	-0,663	-0,572	-0,368	-0,771
Concent. Fe^{3+} nas soluções x peso seco das raízes	0,124	0,598	-0,439	0,658	-0,826*	0,024	0,241

* = Significativo ao nível de 10%.

TABELA 4. Concentrações de elementos na matéria seca da parte aérea de sete cultivares de trigo estudadas durante dez dias em soluções nutritivas contendo cinco níveis de Fe^{3+} .

Cultivares	Concentrações de Fe^{3+} nas soluções	Concentrações na matéria seca das folhas					
		P	Ca	Mg	K	Fe	Mn
	mg/L	%			ppm		
CNT-8	0,56	0,666	0,34	0,19	6,26	90	75
	5	0,606	0,25	0,22	6,77	181	93
	10	0,404	0,27	0,20	4,99	307	70
	20	0,272	0,25	0,19	5,36	317	70
	40	0,262	0,34	0,21	5,76	510	119
IAC-5	0,56	0,797	0,29	0,16	5,43	84	67
	5	0,707	0,39	0,28	6,30	226	104
	10	0,545	0,44	0,30	5,96	375	109
	20	0,383	0,29	0,22	5,24	401	70
	40	0,333	0,22	0,22	5,38	717	78
IAC-17	0,56	0,646	0,27	0,19	5,86	110	77
	5	0,565	0,39	0,26	5,96	226	88
	10	0,424	0,44	0,27	6,03	297	104
	20	0,323	0,29	0,22	5,92	336	104
	40	0,323	0,34	0,24	6,23	505	119
Alondra-S-46	0,56	0,787	0,44	0,22	6,19	129	93
	5	0,464	0,39	0,20	4,95	200	99
	10	0,444	0,34	0,11	5,61	368	93
	20	0,343	0,34	0,12	4,56	543	104
	40	0,323	0,29	0,20	5,26	446	114
BH-1146	0,56	0,737	0,37	0,23	7,27	116	88
	5	0,585	0,49	0,27	6,42	210	78
	10	0,454	0,37	0,28	5,82	300	78
	20	0,303	0,27	0,20	5,43	346	75
	40	0,323	0,29	0,23	5,96	381	119
IAC-24	0,56	0,787	0,25	0,19	4,18	116	88
	5	0,707	0,34	0,29	4,95	304	93
	10	0,504	0,57	0,30	5,80	462	146
	20	0,471	0,40	0,30	5,22	452	164
	40	0,444	0,25	0,29	4,95	1510	114
Siete Cerros	0,56	0,858	0,37	0,20	5,78	100	78
	5	0,646	0,37	0,21	5,01	210	75
	10	0,484	0,32	0,21	4,41	313	75
	20	0,373	0,27	0,21	4,58	413	73
	40	0,373	0,29	0,22	4,89	759	78

correlação entre as concentrações de Fe nas soluções e os teores de Ca envolvendo a cultivar Alondra-S-46 foi significativa ao nível de 5%. As correlações entre as concentrações de Fe e os teores de Mg nas partes aéreas foram positivas para todas as cultivares, à exceção da BH-1146, onde a correlação foi negativa, e somente significativa ao nível de

5% para Siete Cerros. As correlações entre as concentrações de Fe nas soluções e os teores de Mn na matéria seca foram positivas para todas as cultivares, à exceção da IAC-5, onde foi negativa, e somente significativa ao nível de 5% para Alondra-S-46. As correlações entre as concentrações de Fe nas soluções e os teores de Fe na matéria seca foram positi-

TABELA 5. Correlações simples entre as concentrações de Fe nas soluções nutritivas e o teor de P, Ca, Mg, K, Fe, Mn na matéria seca da parte aérea de sete cultivares de trigo que cresceram durante dez dias em soluções com cinco concentrações de Fe.

Elemento na parte aérea correlacionado com as concentrações de Fe nas soluções	Cultivares						
	CNT-8	IAC-5	IAC-17	Alondra-S-46	BH-1146	IAC-24	Siete Cerros
P (%)	- 0,859*	- 0,908**	- 0,846*	- 0,753	- 0,829*	- 0,814*	- 0,807*
Ca (%)	0,273	- 0,629	- 0,045	- 0,901**	- 0,675	- 0,209	- 0,780
Mg (%)	0,182	0,052	0,148	- 0,072	- 0,387	0,502	0,894**
K (%)	- 0,352	- 0,477	0,853*	- 0,408	- 0,588	0,234	- 0,409
Fe (ppm)	0,960***	- 0,972***	0,968***	0,747	0,869*	0,956**	0,995***
Mn (ppm)	0,692	- 0,234	0,300	0,935**	0,746	0,329	0,146

* = significativo ao nível de 10%

** = significativo ao nível de 5%

*** = significativo ao nível de 1%

vas para todas as cultivares, à exceção da IAC-5, significativas ao nível de 1% para CNT-8, IAC-5, IAC-17 e Siete Cerros, e significativa ao nível de 5% para IAC-24.

A metodologia empregada para o estudo da reação das cultivares de trigo à toxicidade de Fe, usando soluções nutritivas e em condições de laboratório, parece ser eficiente, possibilitando a separação das cultivares tolerantes e sensíveis em curto período de tempo.

CONCLUSÕES

1. As cultivares BH-1146 e IAC-17 foram as que apresentaram maior crescimento das raízes quando se utilizou a concentração de 0,56 mg de Fe³⁺/litro. A cultivar BH-1146 diferiu significativamente das cultivares CNT-8, IAC-5, Alondra-S-46, IAC-24 e Siete Cerros, porém não apresentou diferença significativa em relação à cultivar IAC-17. A cultivar IAC-24 foi a que apresentou as raízes mais curtas nessa concentração de Fe, diferindo significativamente das demais.

2. À medida que foram aumentadas as concentrações de Fe nas soluções de 0,56 para 40,0 mg/litro, ocorreram reduções nos comprimentos das raízes segundo o grau de tolerância de cada cultivar.

3. As cultivares CNT-8 e Siete Cerros foram consideradas tolerantes a níveis crescentes de Fe nas soluções, e IAC-5, IAC-17, Alondra-S-46, BH-1146 e IAC-24, sensíveis.

4. Os teores de P, Ca e K na matéria seca da parte aérea tenderam a diminuir com o aumento das concentrações de Fe³⁺ nas soluções.

5. Em todas as cultivares, os teores de Fe e Mn na matéria seca da parte aérea elevaram-se com o aumento das concentrações de Fe nas soluções.

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 31p. (Circular, 87)
- 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, **40**:21-31, 1981.
- CAMARGO, C.E.O. & FREITAS, J.G. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de ferro em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **44**(1):65-75, 1985.
- CAMARGO, C.E.O. Tolerância de cultivares de arroz em estádio de plântula a diferentes níveis de ferro em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **43**(2):369-80, 1984.
- CAMARGO, C.E.O. Melhoramento do trigo. XI - Estudo genético da tolerância à toxicidade de ferro. *Bragantia*, Campinas, **44**(1):87-96, 1985.
- FOTH, H.D. **Fundamentals of soil science**. New York, John Wiley & Sons, 1978. 436p.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; SCHWARTZ, J.W. Opposite aluminum and manganese tolerances of two wheat varieties. *Agron. J.*, **65**:123-6, 1973.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **29**:511-66, 1978.
- MOORE, D.P. Mechanisms of micronutrient uptake by plants. In: **MICRONUTRIENTS in agriculture**. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. p.171-98.

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,
Beltsville, Maryland, 1976. **Proceedings** . . . Ithaca,

Madison J. Wright, p.287-95.

STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and
procedures of statistics**. New York, McGraw-Hill,
1960. 481p.