

# TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE TRIGO A DIFERENTES NÍVEIS DE FERRO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2, 3)  
e JOSÉ GUILHERME DE FREITAS (2, 3)

## RESUMO

Foi estudado o comportamento diferencial de dez cultivares de trigo em soluções nutritivas com e sem arejamento, contendo cinco concentrações de ferro (0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0mg/litro), mantendo-se constante a temperatura,  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , e o pH das soluções, 4,0. A tolerância foi avaliada pelo comprimento médio da raiz primária central e pelo peso da matéria seca da parte aérea (folhas) de vinte plântulas cultivadas dez dias em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de ferro. À medida que foram aumentadas as concentrações de ferro de 0,56 para 40,0mg/litro nas soluções tanto arejadas como sem arejamento, ocorreram reduções nos comprimentos das raízes e nos pesos da matéria seca da parte aérea, segundo o grau de tolerância de cada cultivar. 'Siete Cerros', 'CNT-8' e 'Alondra-4546' foram considerados tolerantes a níveis crescentes de Fe nas duas soluções, e, 'IRN-204-63', 'IAC-13', 'BH-1146', 'IAC-5', 'IAC-17', 'IAC-24' e 'IAC-18', sensíveis. Os teores de fósforo, potássio, magnésio, cálcio e manganês na matéria seca da parte aérea dos cultivares BH-1146 e Siete Cerros tenderam a diminuir com o aumento das concentrações de ferro em ambas as soluções nutritivas. Os teores de ferro na matéria seca da parte aérea dos cultivares BH-1146 e Siete Cerros elevaram-se com o aumento das concentrações de ferro nas soluções, sendo maiores nas soluções arejadas. A metodologia desenvolvida foi eficiente, possibilitando a separação de cultivares tolerantes e sensíveis à toxicidade de ferro em curto período de tempo.

**Termos de indexação:** toxicidade de ferro; tolerância de trigo à toxicidade de ferro; solução nutritiva; cultivares de trigo tolerantes e sensíveis.

---

(1) Com recursos complementares do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, por meio do Instituto Agronômico. Trabalho apresentado na IX Reunião Norte-Brasileira de Pesquisa de Trigo, Brasília (DF), janeiro de 1983. Recebido para publicação a 21 de setembro de 1983.

(2) Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, 13.100 - Campinas (SP).

(3) Com bolsa de suplementação do CNPq.

## 1. INTRODUÇÃO

A absorção de ferro pelas plantas está relacionada à habilidade das raízes em reduzir  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , sendo esta redução obrigatória antes que o ferro possa ser absorvido (MOORE, 1972).

Em solos ácidos, há geralmente quantidades suficientes de ferro e manganês na solução do solo para suprir as necessidades das plantas. Nos muito ácidos, pode ocorrer problemas de toxicidade devido ao excesso desses elementos associados à toxicidade de alumínio, bastante freqüente nessas condições (FOTH, 1978).

Quando o oxigênio é excluído do solo, como num alagamento, compostos de ferro da forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ) são reduzidos para a forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Em solos bem drenados, o ferro está normalmente no estado férrico, e compostos férricos são grandemente insolúveis. Os compostos ferrosos são muito mais solúveis, mas, quando adicionados em solos bem drenados, são rapidamente oxidados para o estado férrico (TISDALE & NELSON, 1975).

Os sintomas da toxicidade de ferro apresentam-se variáveis, conforme a cultura. O excesso de Fe em linho produziu folhas com coloração verde-escura, aliada à redução da parte aérea e raízes curtas e grossas, sintomas muito semelhantes aos anteriormente descritos para a toxicidade de alumínio (FOY et alii, 1978). Entretanto, SKEEN (1929) afirmou que os efeitos do Fe e Al foram bastante diferentes nas raízes de tremoço e feijão, cujas pontas ficaram amolecidas com o excesso de Fe e quebradiças com o excesso de Al. Em arroz, a presença de ferro em níveis tóxicos no solo tem sido caracterizada por manchas acastanhadas, que iniciam nas pontas das folhas mais baixas e, em seguida, desenvolvem-se pela folha inteira, atingindo depois as folhas mais novas. Os sintomas de toxicidade de ferro diferiram largamente com a idade da planta, estado de nutrição e com o cultivar utilizado (FOY et alii, 1978).

O cultivar de soja Bragg foi muito sensível à toxicidade de ferro em solução nutritiva em relação ao 'Forrest', 'Lee' e 'T-203' (BROWN & JONES, 1977a, 1977b). A grande suscetibilidade do 'Bragg' foi associada com a elevada acumulação de Fe pelas partes aéreas das plantas. Este mesmo cultivar acumulou alta concentração de Fe em relação ao 'Forrest' em um solo com nível tóxico de Mn e pH 5,2, e em outro solo com níveis tóxicos de alumínio e pH 4,3.

CAMARGO (1984), estudando sete cultivares de arroz em soluções nutritivas não arejadas contendo quatro níveis de ferro (0,56; 100; 200 e 400mg/litro), à temperatura constante de  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , e pH das soluções 4,0, concluiu que o 'Pérola' mostrou tolerância à presença de doses cres-

centes de ferro nas soluções; IAC-435 e IR-8 foram sensíveis e IAC-899, IR-841, IAC-120 e Blue Bonnet apresentaram reações intermediárias.

Em 1983, ano que apresentou grandes precipitações pluviais em abril-maio, foi observado, em lavoura comercial do cultivar de trigo Paraguay-281, no município de Florínea (SP), um amarelecimento acentuado nas folhas inferiores das plantas localizadas nas partes do terreno que sofreu alagamento. Amostras de folhas das plantas com esses sintomas e das plantas normais foram coletadas e analisadas (<sup>4</sup>): as primeiras apresentavam teores de 334 e 403 ppm, respectivamente, de Fe e Mn e, as normais, 182 e 108 ppm respectivamente. Tais resultados evidenciaram que, em condições de redução no solo, houve maior absorção de Fe e Mn pelas plantas, provocando-lhes reações de toxicidade.

Segundo MOORE et alii (1976) e FOY et alii (1973), é muito difícil controlar o complexo mineral do solo adequadamente para que determinado nível de alumínio, manganês ou ferro 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.

O presente trabalho tem por objetivo estudar o comportamento de cultivares de trigo em soluções nutritivas arejadas e sem arejamento contendo diferentes concentrações de ferro, visando desenvolver uma metodologia para a detecção de fontes de tolerância para possível utilização no programa de melhoramento genético.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento estatístico empregado foi parcelas subdivididas com duas repetições, onde as parcelas foram compostas por cinco concentrações de ferro (0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40mg/litro) e, as subparcelas, pelos dez cultivares de trigo seguintes: Alondra-4546, BH-1146, CNT-8, IAC-13, IAC-17, IAC-5, IAC-18, IAC-24, Siete Cerros e IRN-204-63.

Foram escolhidas vinte sementes uniformes e pré-germinadas de cada cultivar e colocadas na parte superior de cinco telas de náilon, que foram adaptadas sobre cinco vasilhas plásticas de 8,30 litros de capacidade contendo soluções nutritivas, de maneira que as sementes foram mantidas úmidas e as radículas emergentes tocavam nas soluções, e tinham, portanto, um pronto suprimento de nutrientes.

---

(<sup>4</sup>) Análise efetuada pela Seção de Química Analítica, Instituto Agrônomo.

A composição da solução nutritiva utilizada foi a seguinte:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  1mM;  $\text{MgSO}_4$  0,5mM;  $\text{KNO}_3$  1mM;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,109mM;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,125mM;  $\text{MnSO}_4$  0,5 $\mu\text{M}$ ;  $\text{CuSO}_4$  0,75 $\mu\text{M}$ ;  $\text{ZnSO}_4$  0,2 $\mu\text{M}$ ;  $\text{NaCl}$  7,5 $\mu\text{M}$ ;  $\text{Fe-CYDTA}$  10 $\mu\text{M}$ ;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  0,025 $\mu\text{M}$  e  $\text{H}_3\text{BO}_3$  2,5 $\mu\text{M}$ . O pH das soluções foi ajustado para 4,0, com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N. As vasilhas plásticas contendo as soluções foram colocadas em banho-maria, à temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  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, adicionou-se a cada uma das cinco soluções  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  de modo a obter as concentrações de 0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0mg de Fe por litro.

As plantas cresceram nas diferentes soluções de tratamento com ferro durante dez dias, sendo seu pH mantido o mais próximo possível de 4,0, com ajustamentos diários. Num dos dois experimentos conduzidos, as soluções foram continuamente arejadas e, no outro, sem arejamento.

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

As raízes foram a seguir separadas das partes aéreas de cada cultivar submetido a crescimento nas soluções, e, as partes aéreas, colocadas para secar em estufa, a  $70^\circ\text{C}$ , por cinco dias, sendo então determinados os respectivos pesos secos. As matérias secas das partes aéreas dos cultivares BH-1146 e Siete Cerros foram analisadas quanto aos teores de P, Ca, Mg, K, Fe e Mn segundo o método de BATAGLIA et alii (1978).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento médio das raízes das vinte plantas dos dez cultivares de trigo medidos após dez dias de crescimento em soluções nutritivas arejadas e não arejadas encontram-se no quadro 1.

Os resultados das análises estatísticas dos dois experimentos mostraram, pelo teste F, efeitos altamente significativos de concentrações de ferro, cultivares e interações cultivares x concentrações de ferro.

Considerando as médias dos diferentes cultivares estudados em soluções arejadas contendo 0,56mg/litro, verifica-se que o BH-1146 mostrou as raízes mais compridas, diferindo pelo teste de Tukey ao nível de 5% dos demais cultivares, à exceção do CNT-8 e IAC-13. Essas observações confir-

maram resultados anteriores (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981) que mostraram que em uma solução com níveis adequados de Fe, com pH = 4,0, o BH-1146 apresentou o seu potencial genético no crescimento rápido das raízes, condição essa específica de cada genótipo.

Considerando 5mg/litro de ferro nas soluções arejadas, observa-se que todos os cultivares reduziram o crescimento radicular em relação ao das soluções contendo 0,56mg/litro de ferro. Nessas condições, o CNT-8 apre-

QUADRO 1 – Comprimento médio das raízes de dez cultivares de trigo medidos após dez dias de crescimento em soluções nutritivas com e sem arejamento contendo cinco diferentes concentrações de ferro

Cultivares	Concentrações de ferro nas soluções (mg/litro)											
	0,56		5		10		20		40			
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
<b>Soluções com arejamento</b>												
IRN 204-63	137,8	100	100,5	73	40,2	29	32,3	23	22,9	17		
Alondra 4546	127,8	100	108,8	85	50,9	40	54,7	43	24,8	19		
Siete Cerros	129,3	100	106,0	82	70,2	54	60,3	47	23,8	18		
BH-1146	166,9	100	91,8	55	34,8	21	34,0	20	33,0	20		
CNT-8	151,0	100	133,3	88	81,3	54	42,5	28	25,3	17		
IAC-13	140,5	100	123,2	88	29,1	21	29,1	21	22,7	16		
IAC-17	139,6	100	107,6	77	37,0	27	33,0	24	26,1	19		
IAC-5	141,9	100	121,6	86	47,2	33	29,0	20	29,8	21		
IAC-18	150,4	100	81,6	54	29,1	19	33,3	22	32,6	22		
IAC-24	113,3	100	65,3	58	29,3	26	25,5	23	18,2	16		
d.m.s. (5%)	20,8											
<b>Soluções sem arejamento</b>												
IRN 204-63	107,5	100	99,8	93	88,6	82	37,1	35	35,0	33		
Alondra 4546	109,8	100	102,7	94	95,6	87	59,7	54	47,7	43		
Siete Cerros	105,3	100	98,3	93	84,3	80	81,3	79	53,0	50		
BH-1146	130,5	100	105,4	81	90,1	69	36,0	28	37,0	28		
CNT-8	113,3	100	95,4	84	90,1	80	74,9	66	41,6	38		
IAC-13	103,3	100	89,3	86	80,9	78	26,3	25	25,3	25		
IAC-17	118,8	100	100,4	85	85,7	72	33,9	29	30,5	26		
IAC-5	118,5	100	95,6	81	78,6	66	30,8	26	33,7	28		
IAC-18	125,2	100	112,3	90	88,5	71	35,3	28	33,6	27		
IAC-24	97,6	100	81,4	83	60,7	62	19,8	20	16,1	16		
d.m.s. (5%)	7,3											

Diferenças mínimas significativas para comparar qualquer média independente do cultivar ou nível de ferro presentes nas soluções.

sentou as raízes mais compridas, diferindo dos outros cultivares, exceto do IAC-13 e IAC-5.

Nas soluções arejadas contendo 10mg/litro de Fe, o CNT-8 mostrou novamente as raízes mais desenvolvidas, não diferindo estatisticamente apenas do Siete Cerros.

Quando se adicionaram 20mg/litro de Fe nas soluções arejadas, o Siete Cerros exibiu raízes mais compridas, diferindo dos demais cultivares estudados, à exceção do CNT-8 e Alondra-4546.

Considerando as soluções arejadas que receberam 40mg/litro de Fe, observa-se que esta concentração foi muito prejudicial a todos os cultivares, sem diferenças significativas.

Pelas figuras 1 e 2, respectivamente, pode-se ver que os comprimentos das raízes dos cultivares BH-1146 e Siete Cerros em soluções arejadas contendo diferentes concentrações de Fe diferiram entre si, demonstrando o Siete Cerros ser mais tolerante nessas condições.



FIGURA 1 — Sistema radicular do cultivar BH-1146 após dez dias de desenvolvimento em soluções nutritivas arejadas contendo 0,56; 5,0; 10,0 e 40,0mg/litro de ferro.

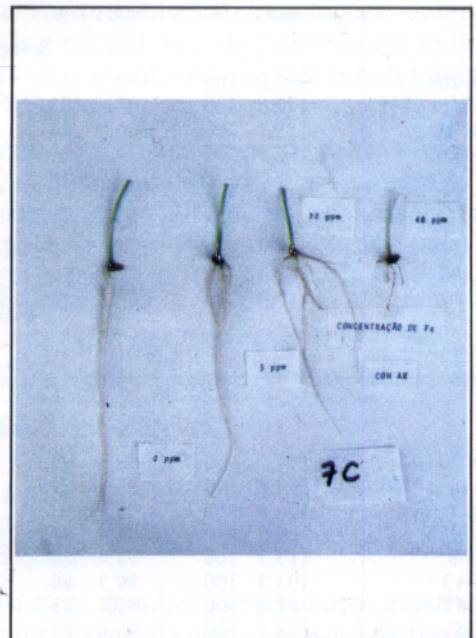


FIGURA 2 — Sistema radicular do cultivar Siete Cerros após dez dias de desenvolvimento em soluções nutritivas arejadas contendo 0,56; 5,0; 10,0 e 40,0mg/litro de ferro.

Os comprimentos das raízes dos cultivares de trigo estudados em soluções não arejadas contendo 0,56mg/litro de Fe sempre foram menores em relação aos comprimentos nas soluções arejadas na mesma concentração de Fe (quadro 1), demonstrando que a condição de arejamento da solução favoreceu maior crescimento das raízes.

O BH-1146 exibiu as raízes mais compridas na solução não arejada contendo 0,56mg/litro de Fe, confirmando os resultados obtidos em solução arejada. Esse cultivar diferiu significativamente de todos os cultivares estudados, com exceção do 'IAC-18'.

Quando foram adicionados 5mg/litro de Fe nas soluções não arejadas, os cultivares IAC-18 e BH-1146 apresentaram as raízes mais compridas, diferindo dos cultivares IAC-13, IAC-5 e IAC-24, porém não dos demais.

Nas soluções não arejadas contendo 10mg/litro de Fe, Alondra-4546 mostrou as raízes mais longas, diferindo dos cultivares Siete Cerros, IAC-13, IAC-5 e IAC-24, porém não dos demais.

O Siete Cerros foi o mais tolerante nas soluções não arejadas contendo 20 e 40mg/litro de Fe: apresentou as raízes mais compridas, somente não diferindo significativamente do cultivar CNT-8 e Alondra-4546, respectivamente, nas soluções com 20 e 40mg/litro de Fe.

Os resultados demonstraram que o comprimento da raiz foi um parâmetro adequado visando à separação de cultivares de trigo tolerantes e sensíveis à toxicidade de Fe em soluções nutritivas com e sem arejamento.

As concentrações de 10mg/litro e 20mg/litro de Fe, respectivamente nas soluções arejadas e sem arejamento, mostraram-se eficientes para separar dos demais, os cultivares tolerantes: CNT-8, Siete Cerros e Alondra-4546, levando em consideração o comprimento das raízes, sendo ainda possível obter boa sobrevivência das plantas testadas nessas concentrações após transplante para vasos contendo solo corrigido e adubado visando à utilização das plantas tolerantes no programa de melhoramento genético.

Independente do seu arejamento, à medida que foram aumentadas as concentrações das soluções de 0,56 para 40mg/litro de Fe, ocorreram reduções do peso seco da parte aérea de todos os cultivares estudados (Quadro 2). IAC-18, BH-1146 e IAC-13 foram os que mostraram maior prejuízo, quando se adicionaram 40mg/litro de Fe nas soluções arejadas, exibindo uma redução no peso seco da parte aérea de 38, 34 e 29% em relação à concentração de 0,56mg/litro de Fe, em dez dias de duração do experimento. IAC-5 e IAC-13 mostraram a maior redução do peso seco da parte aérea nas soluções não arejadas contendo 40mg/litro de Fe: respectivamente 41 e 32% em relação aos pesos obtidos quando cultivados em soluções com 0,56mg/litro de Fe.

QUADRO 2 – Peso seco da parte aérea de vinte plantas de dez cultivares de trigo após dez dias de crescimento em soluções nutritivas com e sem arejamento contendo cinco diferentes concentrações de ferro

Cultivares	Concentrações de ferro nas soluções (mg/litro)									
	0,56		5		10		20		40	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
<b>Soluções com arejamento</b>										
IRN 204-63	482	100	352	73	410	85	382	79	382	79
Alondra 4546	520	100	447	86	476	92	436	84	411	79
Siete Cerros	411	100	314	76	352	86	327	80	313	76
BH-1146	590	100	552	94	480	83	400	68	390	66
CNT-8	548	100	461	84	555	101	448	82	476	87
IAC-13	490	100	484	101	467	97	432	90	340	71
IAC-17	391	100	440	113	464	119	391	100	347	89
IAC-5	457	100	638	140	600	131	476	104	400	88
IAC-18	473	100	445	94	400	85	381	81	295	62
IAC-24	347	100	327	94	336	97	318	92	264	76
<b>Soluções sem arejamento</b>										
IRN 204-63	619	100	564	91	527	85	582	94	540	87
Alondra 4546	619	100	663	107	638	103	479	79	478	77
Siete Cerros	456	100	505	111	427	94	514	113	400	83
BH-1146	764	100	755	99	682	89	610	80	600	79
CNT-8	648	100	710	110	687	106	710	110	545	84
IAC-13	600	100	686	114	524	87	524	87	409	68
IAC-17	581	100	692	119	550	95	500	86	474	82
IAC-5	848	100	909	107	727	86	590	70	500	59
IAC-18	590	100	683	116	664	113	526	89	506	86
IAC-24	448	100	389	87	411	92	375	84	391	87

O peso seco da parte aérea não se mostrou como um parâmetro consistente para a separação de cultivares tolerantes dos sensíveis, principalmente nas concentrações intermediárias de Fe utilizadas, talvez devido ao curto período de crescimento das plantas nas soluções de tratamento (dez dias). Este parâmetro impossibilitaria a reutilização das plantas testadas para um programa de melhoramento genético visando à seleção de plantas tolerantes à toxicidade de ferro.

No quadro 3 encontram-se as concentrações de P, K, Ca, Mg, Fe e Mn determinadas nas folhas dos cultivares BH-1146 e Siete Cerros estudados durante dez dias em soluções nutritivas de tratamento arejadas e sem arejamento.



QUADRO 3 – Teores de P, K, Ca, Mg, Fe e Mn na matéria seca da parte aérea de 20 plantas dos cultivares de trigo BH-1146 e Siete Cerros submetidos a crescimento durante dez dias em soluções nutritivas, com e sem arejamento contendo diferentes concentrações de ferro

Concentração de Fe nas soluções	P		K		Ca		Mg		Fe		Mn	
	BH-1146	Siete Cerros	BH-1146	Siete Cerros	BH-1146	Siete Cerros	BH-1146	Siete Cerros	BH-1146	Siete Cerros	BH-1146	Siete Cerros
mg/litro	%								ppm			
<b>Soluções com arejamento</b>												
0,56	0,050	0,078	5,84	6,48	0,67	0,67	0,23	0,27	198	151	143	122
10	0,034	0,069	5,88	5,40	0,62	0,43	0,31	0,26	413	540	137	112
20	0,031	0,046	4,40	4,88	0,43	0,43	0,23	0,24	643	739	127	107
40	0,030	0,031	4,40	3,48	0,33	0,29	0,23	0,22	802	1009	132	102
<b>Soluções sem arejamento</b>												
0,56	0,051	0,085	6,56	6,00	0,77	0,67	0,33	0,26	166	174	163	122
10	0,063	0,061	4,88	6,00	0,77	0,48	0,31	0,27	484	413	132	112
20	0,031	0,046	4,20	5,44	0,43	0,48	0,22	0,25	453	524	132	107
40	0,026	0,027	3,36	4,08	0,33	0,43	0,22	0,20	620	882	127	112

Os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e manganês tenderam a diminuir na matéria seca da parte aérea do cultivar Siete Cerros e BH-1146 à medida que se aumentou a concentração de Fe das soluções de tratamento, independente de terem sido arejadas ou não. Os teores de Fe na matéria seca da parte aérea do cultivar Siete Cerros foram superiores aos encontrados no BH-1146, à medida que se aumentaram as concentrações de ferro. Os teores de Fe nas partes aéreas dos dois cultivares foram maiores nas soluções arejadas do que nas sem arejamento, quando foram adicionados níveis crescentes de ferro.

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

## SUMMARY

## TOLERANCE OF WHEAT CULTIVARS TO DIFFERENT LEVELS OF IRON IN NUTRIENT SOLUTION

Ten wheat cultivars were studied with relation to iron 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 and without aeration, under constant temperature ( $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) and pH 4.0. The tolerance of the plants was measured taking into account the mean of the primary root length and the total leaf dry weight of 20 seedlings per treatment solution. The presence of high levels of iron (10.0; 20.0 and 40.0 mg/l) in the solutions, with or without aeration, was harmful to all wheat cultivars under study, but there were differences in growth among the plants, depending on the degree of tolerance of each cultivar. The cultivars Siete Cerros, Alondra 4546 and CNT-8 were tolerant to the increasing levels of iron in the aerated and non-aerated nutrient solutions and the cultivars IRN-204-63, IAC-5, IAC-18, IAC-17, IAC-13, BH-1146 and IAC-24 were susceptible. The phosphorus, potassium, calcium, magnesium and manganese concentrations decreased in the top part of the plants as the levels of iron increased in the nutrient solutions for the cultivars BH-1146 and Siete Cerros. The iron concentration in the leaves of BH-1146 and Siete Cerros increased as the levels of iron increased in the nutrient solution. The aeration in the nutrient solution caused an increase in the leaf iron concentration.

**Index terms:** iron tolerance; toxicity; sensitivity; wheat; nutrient solution; iron toxicity; tolerance of wheat to iron toxicity; nutrient solution; wheat cultivars tolerant to iron toxicity; wheat cultivars sensitive to iron toxicity.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 Agrônomo, 1978. 31p. (Circular, 87)
- BROWN, J.C. & JONES, W.E. Fitting plants nutritionally to soils. I. Soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, **69**:399-404, 1977a.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. *Communications in Soil Science Plant Analyses*, **8**:1-15, 1977b.
- CAMARGO, C.E.O. Tolerância de cultivares de arroz em estágio de plântula a diferentes níveis de ferro em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **43**(2):369-380, 1984.
- \_\_\_\_\_ & 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.
- FOTH, H.D. *Fundamentals of Soil Science*. New York, John Wiley & Sons, 1978. 436p.

- FOY, C.D.; CHANEY, R.L. & WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, **29**:511-566, 1978.
- ; FLEMING, A.L. & SCHWARTZ, J.W. Opposite aluminum and manganese tolerances of two wheat varieties. *Agronomy Journal*, Madison, **65**: 123-126, 1973.
- MOORE, D.P. Mechanisms of micronutrient uptake by plants. In: *MICRONUTRIENTS in Agriculture*. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. p.171-198.
- ; KRONSTAD, W.E. & METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: *WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS*, Beltsville, Maryland, 1976, edited by Madison J. Wright – *Proceedings*. Ithaca, Cornell University, 1976. p. 287-295.
- SKEEN, J.R. The tolerance limit of seedlings for aluminum and the antagonism of calcium. *Soil Science*, **27**:69-80, 1929.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Sulfur and microelements in soil and fertilizer. In: *SOIL Fertility and Fertilizers*. New York, Macmillan Publishing Company, Inc., 1975. p.278-341.