

# VI. ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## TOLERÂNCIA DE TRIGO, TRITICALE E CENTEIO A DIFERENTES NÍVEIS DE FERRO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2,3), JOÃO CARLOS FELÍCIO (2,3),  
JOSÉ GUILHERME DE FREITAS (2,3) e ANTONIO WILSON  
PENTEADO FERREIRA FILHO (2)

### RESUMO

Em um experimento estudou-se o comportamento diferencial de treze cultivares de trigo, seis de triticale e um de centeio e, em outro, o comportamento de vinte cultivares de trigo, empregando-se soluções nutritivas arejadas contendo cinco concentrações de ferro (0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0 mg/litro) à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , e pH 4,0. A média do crescimento das raízes dos cultivares, durante doze dias, nas diferentes soluções de tratamento foi o parâmetro utilizado para a avaliação da tolerância. Os cultivares de trigo IAC-212 e IAC-215 (Experimento 1) e IAC-29, IAC-74, IAC-203, IAC-207 e IAC-211 (Experimento 2) foram tão tolerantes ou mais que o 'Siete Cerros', empregado como controle, constituindo-se em fontes genéticas de valor para o programa de melhoramento do Instituto Agrônomo. Os cultivares de triticale PFT 7719, PFT 7882, TCEP 7889 e Juanillo 159 foram mais tolerantes do que o 'PFT 766' e o 'TCEP 77138'. O cultivar de centeio Branco exibiu moderada tolerância à toxicidade de ferro. Os cultivares de trigo IAC-161, IAC-162, Anahuac, IAC-213, IAC-214, IAC-217 e IAC-219 (Experimento 1) e IAC-205 e IAC-60 (Experimento 2) mostraram sensibilidade à toxicidade de ferro semelhante ao 'BH-1146', usado como controle. O culti-

---

(1) Com recursos complementares do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria da Agricultura, por meio do Instituto Agrônomo. Recebido para publicação em 30 de dezembro de 1987 e aceito em 19 de abril de 1988.

(2) Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônomo, Caixa Postal 28, 13001 Campinas (SP).

(3) Com bolsa de pesquisa do CNPq.

var de trigo IAC-74 e os de triticale PFT 7719, PFT 7882 e TCEP 7889, tolerantes à toxicidade de ferro e alumínio, constituem germoplasmas valiosos para cultivo em solos ácidos.

**Termos de indexação:** trigo, triticale, centeio, comprimento da raiz, toxicidade, ferro, cultivares, seleção, tolerância ao alumínio.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a toxicidade de ferro tem constituído um problema sério na cultura do trigo no Estado de São Paulo, seja em condições de sequeiro, seja de irrigação por aspersão, provocando um amarelecimento acentuado nas folhas inferiores das plantas. Esses sintomas ficam evidenciados nos anos chuvosos, em cultura de sequeiro, enquanto são mais freqüentes em condições de irrigação em decorrência do aparecimento de uma camada de adensamento no solo na profundidade de 20-30cm. Amostras de plantas de trigo (cultivares BH-1146 e Anahuac) com sintomas, coletadas no campo, em 1987, e analisadas <sup>(4)</sup>, exibiram teores de ferro entre 637 e 2.029 ppm. Plantas sem sintomas, colhidas na mesma área, mostraram teores desse elemento entre 208 e 966 ppm. Nas plantas com sintomas de toxicidade de ferro, os teores de manganês variaram de 123 a 227 ppm e, nas normais, de 108 a 123 ppm.

A cultura do arroz irrigado tem-se mostrado sensível à toxicidade de ferro, principalmente associado ao excesso de ferro solúvel na água (PONNAMPERUMA, 1976). Sintomas na parte aérea e nas raízes das plantas de arroz ocorrem em solos, freqüentemente em associação com salinidade, deficiência de fósforo e baixa concentração de bases (OTA, 1968; OU, 1972 e PONNAMPERUMA et al., 1955).

Empregando soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de  $Fe^{2+}$  (0, 5, 10, 20 e 40 mg/litro), foi possível classificar os cultivares comerciais 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 os mais tolerantes entre os estudados (CAMARGO & FREITAS, 1985). Esses resultados foram confirmados empregando o ferro na forma  $Fe^{3+}$  (CAMARGO & FREITAS, 1986).

Nos solos ácidos, há também a ocorrência da toxicidade de alumínio e, eventualmente, de manganês. A primeira afeta a triticultura paulista, ocasionando grandes perdas, principalmente quando são utilizados cultivares sensíveis. Em soluções nutritivas contendo alumínio, os cultivares BH-1146, IAC-18, IAC-28,

---

(4) Análises efetuadas pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Instituto Agronômico.

IAC-5, IAC-74, IAC-13, PAT 72247, IAC-22, BR-2, IAC-21 e IAC-24 foram considerados tolerantes; os cultivares IAC-17, IAC-161, Mitacoré e CEP-7780 mostraram reação de média tolerância; os cultivares CNT-8, Alondra-S-46, IAC-162, Paraguay-281 e IAC-23 foram considerados sensíveis, e 'Anahuac' e 'Siete Cerros' muito sensíveis (CAMARGO et al., 1987, e CAMARGO & OLIVEIRA, 1981).

Os cultivares de triticales PFT 766, PFT 7719, TCEP 77138, PFT 7882 e TCEP 7889, bem como o de centeio Branco, exibiram elevada tolerância à toxicidade de  $Al^{3+}$  em soluções nutritivas (TRITICALE, 1986).

O fato de os cultivares de trigo BH-1146, IAC-18, IAC-24, IAC-5 e IAC-13 serem tolerantes ao  $Al^{3+}$  e sensíveis ao  $Fe^{2+}$ , e os cultivares Siete Cerros, CNT-8 e Alondra-S-46 apresentarem reações opostas também foi verificado por FOY et al. (1973) que relataram reações semelhantes entre os cultivares de trigo Atlas-66 (tolerante ao  $Al^{3+}$  e sensível ao  $Mn^{2+}$ ) e Monon (sensível ao  $Al^{3+}$  e tolerante ao  $Mn^{2+}$ ).

Foi demonstrado por CAMARGO (1985) que a tolerância à toxicidade de ferro do cultivar de trigo Siete Cerros é devida a genes que mostraram um comportamento parcialmente dominante. A tolerância à toxicidade de  $Al^{3+}$  do 'BH-1146' é devida a um par de genes dominantes (CAMARGO, 1981). Esses dois germoplasmas, 'BH-1146' e 'Siete Cerros', estão sendo utilizados no programa de melhoramento genético do Instituto Agronômico, visando obter novos cultivares tolerantes, ao mesmo tempo, às duas toxicidades.

O presente trabalho teve por objetivo identificar novos cultivares e linhagens tolerantes ao ferro para cultivo em solos ácidos e/ou as melhores fontes de tolerância para serem usadas no programa de melhoramento genético.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, estudando-se, em cada um, dezoito genótipos diferentes mais os cultivares de trigo BH-1146 e Siete Cerros como controle. No primeiro, estudaram-se os cultivares de trigo Anahuac, IAC-161, IAC-162, IAC-212, IAC-213, IAC-214, IAC-215, IAC-216, IAC-217, IAC-218 e IAC-219; os cultivares de triticales PFT 766, PFT 7719, TCEP 77138, PFT 7882, TCEP 7889 e Juanillo-159 e o de centeio 'Branco'. No segundo experimento, avaliaram-se os seguintes cultivares de trigo: IAC-21, IAC-22, IAC-23, IAC-25, IAC-27, IAC-28, IAC-29, IAC-60, IAC-203, IAC-204, IAC-205, IAC-206, IAC-207, IAC-208, IAC-209, IAC-210 e IAC-211.

As plântulas dos vinte cultivares em cada experimento foram testadas em soluções nutritivas contendo 0,56; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0 mg de Fe por litro, conforme método de CAMARGO & FREITAS (1985): a única diferença foi a utilização do  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$  como fonte de ferro em lugar do  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .

O delineamento estatístico empregado em ambos os experimentos foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde as parcelas foram compostas por cinco concentrações de ferro e, as subparcelas, pelos cultivares. Efetuaram-se duas repetições para cada uma das soluções de tratamento, por experimento.

Resultados obtidos por CAMARGO & FREITAS (1985) indicaram que o crescimento da raiz foi um parâmetro adequado para a separação de cultivares de trigo tolerantes e sensíveis à toxicidade de ferro.

Os dados de crescimento das raízes foram analisados estatisticamente, considerando-se a média das dez plântulas de cada cultivar após a permanência durante doze dias nas diferentes soluções. A comparação entre as médias de crescimento da raiz dos vinte cultivares em cada experimento, dentro de uma mesma concentração de ferro, e a comparação entre as médias de crescimento da raiz de um mesmo cultivar, em diferentes concentrações de ferro, foram feitas pelo teste de Tukey (GOMES, 1985).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância para crescimento das raízes obtidas nos dois experimentos mostraram, pelo teste F, efeitos significativos, ao nível de 1%, das concentrações de ferro e de cultivares, e ao nível de 5%, para as interações cultivares x concentrações de ferro, conforme quadro 1.

QUADRO 1. Análises de variância para crescimento das raízes de treze cultivares de trigo, seis de triticale e um de centeio (experimento 1) e de vinte cultivares de trigo (experimento 2) estudados em soluções nutritivas contendo cinco concentrações de ferro

Causas de variação	G.L.	Q.M.	
		Experimento 1	Experimento 2
Repetições	1	12501*	9608
Concentrações de Fe	4	61459**	45378**
Erro I	4	1528	1681
Cultivares	19	3406**	4851**
Cultivares x conc. de Fe	76	278*	215*
Erro II	95	171	141
Total	199		

\* Significativo ao nível de 5%. \*\* Significativo ao nível de 1%.

O comprimento médio das raízes dos treze cultivares de trigo, seis de triticale e um de centeio (Experimento 1) medidos após doze dias de crescimento em soluções contendo cinco diferentes concentrações de ferro, encontram-se no quadro 2.

Considerando as médias dos diferentes genótipos estudados em solução contendo 0,56 mg/litro de ferro, verifica-se que o 'BH-1146' mostrou as raízes mais compridas, diferindo pelo teste de Tukey ao nível de 5% dos demais cultivares estudados. O 'Juanillo-159' foi o triticale de desenvolvimento radicular mais intenso, diferindo, porém, somente do 'PFT 7719'. Esses resultados confirmaram que, em uma solução com níveis adequados de nutrientes, o 'BH-1146' apresentou o seu potencial genético no crescimento rápido das raízes, condição essa específica de cada genótipo (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981, e CAMARGO & FREITAS, 1985).

Nas soluções contendo 5 e 10 mg/litro de ferro, o 'BH-1146' apresentou também mais intenso desenvolvimento de raízes, não diferindo, entretanto, dos cultivares de triticale Juanillo-159 e PFT 7882 na solução com 5 mg/litro de ferro e desses mais os triticales TCEP 7889, TCEP 77138 e PFT 766 e os cultivares de trigo IAC-213 e IAC-215, na solução contendo 10 mg/litro de ferro.

O cultivar de triticale Juanillo-159 mostrou maior desenvolvimento radicular nas soluções com 20 e 40 mg/litro de ferro, embora diferisse estatisticamente apenas dos cultivares de trigo IAC-161 e IAC-214.

Estudando o comportamento de cada cultivar nas diferentes concentrações de ferro, verifica-se que à medida que essas concentrações foram aumentadas, houve redução no crescimento das raízes de todos os cultivares. Quando se considerou a solução com 5,0 mg/litro de ferro, nenhum deles apresentou raízes com comprimentos estatisticamente diferentes daqueles encontrados na solução com 0,56 mg/litro de ferro. Os cultivares de trigo BH-1146, IAC-217 e IAC-219 foram os únicos que exibiram raízes significativamente mais curtas em solução contendo 10 mg/litro de ferro em relação aos verificados na solução com 0,56 mg/litro: eles podem ser considerados os mais sensíveis à toxicidade nesse nível de ferro. Considerando-se as soluções contendo 20 e 40 mg/litro de ferro, todos os genótipos estudados apresentaram raízes com crescimento significativamente menor do que o encontrado na solução contendo 0,56 mg/litro de ferro.

Os resultados obtidos confirmaram ser o 'BH-1146' muito suscetível à toxicidade de ferro. No ensaio considerado, houve uma redução de 75% no crescimento das suas raízes à medida que se aumentaram as concentrações de ferro de 0,56 para 40 mg/litro. Também demonstraram alta sensibilidade os cultivares de trigo Anahuac, IAC-161, IAC-162, IAC-213, IAC-214, IAC-217 e IAC-219, que exibiram redução do sistema radicular, de 62 a 67%, à medida que se aumentou a concentração de ferro de 0,56 para 40 mg/litro. Os cultivares BH-1146 e Anahuac, sensíveis em soluções nutritivas, confirmaram os resultados obtidos em condições de campo em 1987, quando mostraram sintomas de sensibilidade alia-



QUADRO 3. Comprimento médio das raízes dos vinte cultivares de trigo medidos após doze dias de crescimento em soluções nutritivas arejadas contendo cinco concentrações de ferro

Cultivares	Concentrações de ferro nas soluções (mg/litro)									
	0,56		5,0		10,0		20,0		40,0	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
BH-1146	194,7a	100	194,4a	100	158,0a	81	78,1b	40	71,7b	37
Siete Cerros	119,5a	100	123,0a	103	104,0ab	87	76,9ab	64	71,4b	60
IAC-21	124,8a	100	129,8a	104	102,4ab	82	61,0bc	49	55,1c	44
IAC-22	113,8a	100	111,1a	98	95,0ab	83	52,8bc	46	48,2c	42
IAC-23	129,0a	100	121,4a	94	113,7a	88	62,1b	48	53,8b	42
IAC-25	152,3a	100	136,2a	89	109,2ab	72	77,2bc	51	64,7c	42
IAC-27	147,1a	100	142,0a	97	137,4a	93	73,3b	50	67,2b	46
IAC-28	178,9a	100	166,6a	93	149,8a	84	88,3b	49	75,3b	42
IAC-29	108,5a	100	101,5ab	94	91,4abc	84	60,8bc	56	57,4c	53
IAC-60	115,2a	100	104,0ab	90	89,5bc	60	46,9c	41	43,3c	38
IAC-74	189,3a	100	188,9a	100	172,0a	91	111,0b	59	94,3b	50
IAC-203	113,7a	100	111,1a	98	98,6ab	87	66,6b	59	57,0b	50
IAC-204	116,9a	100	110,6a	95	95,2ab	81	62,4b	53	54,8b	47
IAC-205	131,7a	100	124,2a	94	119,3a	91	62,0b	47	45,5b	35
IAC-206	109,7a	100	111,9a	102	85,9ab	78	51,3b	47	53,7b	49
IAC-207	154,2a	100	141,8a	92	134,9a	87	88,4b	58	81,6b	53
IAC-208	121,5a	100	116,3a	96	97,6ab	80	56,0b	46	59,2b	49
IAC-209	91,3a	100	81,0ab	89	66,3ab	73	47,1b	52	41,9b	46
IAC-210	109,0a	100	101,0a	93	92,4ab	85	53,8bc	49	47,7c	44
IAC-211	123,0a	100	120,6a	98	108,0a	88	62,8b	51	61,6b	50
d.m.s. (1)	43,3									
d.m.s. (2)	44,0									

(1) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação das médias dos cultivares de trigo dentro de uma mesma concentração de ferro.  
 (2) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação de cada cultivar nas diferentes concentrações de ferro. Os comprimentos das raízes de um mesmo cultivar seguidos de uma letra comum em diferentes concentrações de ferro não diferem entre si.

dos, respectivamente, à presença de 637 e 2.029 ppm de Fe na matéria seca das suas partes aéreas. Por outro lado, os cultivares de triticales PFT-7719, PFT 7882, TCEP 7889 e Juanillo-159 e os de trigo Siete Cerros, IAC-212 e IAC-215 apresentaram-se como os mais tolerantes, com reduções de 48 a 55% no comprimento das raízes nas mesmas condições discutidas. Os cultivares IAC-216 e IAC-218 (trigo), PFT 766 e TCEP 77138 (triticales) e Branco (centeio) apresentaram reações intermediárias aos dois grupos já analisados.

O comprimento médio das raízes dos vinte cultivares de trigo (Experimento 2), medidos após doze dias de crescimento em soluções contendo cinco concentrações de ferro, encontram-se no quadro 3.

O cultivar BH-1146 apresentou o maior comprimento das raízes quando se empregou solução com adequado suprimento de nutrientes (0,56 mg/litro de ferro), não diferindo somente dos cultivares IAC-25, IAC-28, IAC-74 e IAC-207. Esses cultivares se apresentaram como fontes genéticas de valor visando ao crescimento rápido das raízes. O 'BH-1146' também exibiu as raízes mais compridas na solução contendo 5 mg/litro de ferro, diferindo dos demais germoplasmas estudados, com exceção dos cultivares IAC-28 e IAC-74. Nas soluções contendo 10, 20 e 40 mg/litro de ferro, destacou-se pelo comprimento radicular o cultivar IAC-74, com os maiores valores.

Avaliando-se o desempenho de cada cultivar nas diferentes concentrações de ferro, 'Siete Cerros' foi o mais tolerante à toxicidade de ferro e os cultivares IAC 205, BH-1146 e IAC-60, os mais sensíveis. Esses resultados confirmam aqueles obtidos por CAMARGO & FREITAS (1985) e CAMARGO (1985). Os cultivares IAC-29, IAC-74, IAC-203, IAC-207 e IAC-211 apresentaram-se como tolerantes, tendo mostrado reduções no crescimento das raízes de 47 a 50% à medida que se aumentaram as concentrações de ferro das soluções de 0,56 para 40,0 mg/litro. Os demais apresentaram reações intermediárias quanto à toxicidade de ferro.

Considerando-se os dados obtidos nos experimentos 1 e 2 e os resultados de CAMARGO et al. (1987) e TRITICALE (1986), verifica-se que os cultivares de triticales PFT 7719, PFT 7882, TCEP 7889 e o cultivar de trigo IAC-74 apresentaram, ao mesmo tempo, tolerância às toxicidades de ferro e de alumínio, quando se utilizaram soluções nutritivas.

#### 4. CONCLUSÕES

- 1) O aumento das concentrações de ferro nas soluções nutritivas, dentro da faixa de 0,56 a 40,0 mg/litro, causou uma redução significativa no comprimento dos cultivares de trigo, triticales e centeio em estudo.
- 2) Os cultivares de trigo IAC-212 e IAC-215, no primeiro experimento, e IAC-29, IAC-74, IAC-203, IAC-207 e IAC-211, no segundo, foram tão tolerantes ou

mais que o controle 'Siete Cerros', constituindo fontes genéticas de valor para o programa de melhoramento do Instituto Agrônômico.

3) Os cultivares de triticales PFT 7719, PFT 7882, TCEP 7889 e Juanillo-159 mostraram-se mais tolerantes à toxicidade de ferro em relação aos cultivares PFT 766 e TCEP 77138.

4) O cultivar de centeio Branco exibiu reação intermediária à toxicidade de ferro.

5) Os cultivares de trigo Anahuac, IAC-161, IAC-162, IAC-213, IAC-214, IAC-217 e IAC-219 (Experimento 1) e IAC-205 e IAC-60 (Experimento 2), além do 'BH-1146', nos dois ensaios, foram os mais sensíveis à presença de elevadas quantidades de ferro nas soluções nutritivas.

6) O cultivar de trigo IAC-74 e os de triticales PFT 7719, PFT 7882 e TCEP 7889, tolerantes à toxicidade de ferro e alumínio, constituem germoplasmas valiosos para cultivo em solos ácidos.

## SUMMARY

### TOLERANCE OF WHEAT, TRITICALE AND RYE CULTIVARS TO DIFFERENT LEVELS OF IRON IN NUTRIENT SOLUTION

Thirteen wheat, sixteen triticales and one rye cultivars were studied in a first experiment and twenty wheat cultivars were studied in a second experiment, for iron tolerance in nutrient solution. The treatments consisted of five different iron levels, 0.56; 5.0; 10.0; 20.0 and 40.0 mg/liter, under constant temperature,  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , pH 4.0, and continuous aeration. Iron tolerance was evaluated by considering the mean root length, for each cultivar, after a period of twelve days growing in nutrient solution with different iron levels. The wheat cultivars IAC-212, IAC-215 (Experiment 1) and IAC-29, IAC-74, IAC-203, IAC-207 and IAC-211 (Experiment 2) were as tolerant as the cultivars Siete Cerros used as a control and may be considered genetic sources of high value for breeding programs at Instituto Agrônômico, São Paulo, Brasil. The triticales cultivars PFT 7719, PFT 7882, TCEP 7889 and Juanillo-159 were more tolerant than the cultivars PFT 766 and TCEP 77138. The rye cultivar Branco exhibited moderate tolerance to iron toxicity. The most sensitive cultivars were IAC-161, IAC-162, Anahuac, IAC-213, IAC-214, IAC-217 and IAC-219 (Experiment 1) and IAC-205 and IAC-60 (Experiment 2), considered as sensitive as the control (cultivar BH-1146). The wheat cultivar IAC-74 and the triticales cultivars PFT 7719, PFT 7882 and TCEP 7889, showing tolerance to aluminum and iron toxicities are adequate germplasms for cultivation on acid soils.

**Index terms:** wheat, triticales, rye, cultivars, root length, iron toxicity, screening, aluminum tolerance.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, C.E.O. Melhoramento do trigo. I. Hereditariedade da tolerância ao alumínio tóxico. *Bragantia*, Campinas, **40**:33-45, 1981.
- . Melhoramento do trigo. XI. Estudo genético da tolerância à toxicidade de ferro. *Bragantia*, Campinas, **44**(1):87-96, 1985.
- ; FELÍCIO, J.C. & ROCHA JUNIOR, L.S. Trigo: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **46**(2):183-190, 1987.
- & FREITAS, J.G. Efeito de diferentes níveis de ferro em solução nutritiva na tolerância de cultivares de trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 14, Londrina, 1986. *Resumos*. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1986. p.101.
- & ———. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de ferro em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **44**(1):65-75, 1985.
- & 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.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & SCHWARTZ, J.W. Opposite aluminum and manganese tolerances of two wheat varieties. *Agronomy Journal*, **65**:123-126, 1973.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1985. 446 p.
- OTA, Y. *Studies on the occurrence of the physiological disease of rice called "Bronzing"*. Japan, National Institute of Agricultural Sciences, 1968. 104 p. (Bulletin 18, Series D)
- OU, S.H. *Rice diseases*. Kew, England, Commonwealth Mycological Institute, 1972. 368p.
- PONNAMPERUMA, F.N. Screening rice for tolerance to mineral stress. 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.341-353
- ; BRADFIELD, R.; PEECH, M. Physiological disease of rice attributable to iron toxicity. *Nature*, **175**:265, 1955.
- TRITICALE. In: *RELATÓRIO do Acordo entre a Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, através do Instituto Agrônômico e as Cooperativas Rurais do Vale do Paranapanema*. Campinas, 1986. p.465-510.