

# AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE CULTIVARES DE ARROZ PARA TOLERÂNCIA À TOXIDEX DE FERRO<sup>1</sup>

NAND KUMAR FAGERIA<sup>2</sup>, MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO<sup>3</sup>,  
JOSÉ RUY PORTO CARVALHO<sup>4</sup>, PAULO HIDEO NAKANO RANGEL  
e VERIDIANO DOS ANJOS CUTRIM<sup>3</sup>

**RESUMO** - A toxidez de ferro vem-se tornando um problema importante nos solos cultivados com arroz irrigado, em várias regiões do Brasil. Com o objetivo de identificar germoplasma tolerante à toxidez de ferro, foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, em que se avaliaram cento e quinze cultivares/linhagens em solução nutritiva. No primeiro experimento foram utilizadas concentrações de ferro variáveis (0,5; 2,5; 10; 20; 40; 60; 80 e 100 ppm), enquanto no segundo, foram usadas 2,5; 20; 40 e 100 ppm. Foi observado o efeito do ferro na produção de matéria seca das raízes e da parte aérea. Em termos de produção de matéria seca, a parte aérea mostrou-se mais sensível à toxidez de ferro do que as raízes. A redução da produção de matéria seca da parte aérea foi calculada relacionando alto e baixo níveis de ferro. Com base nesta redução, as cultivares/linhagens foram classificadas como tolerantes, moderadamente tolerantes, moderadamente susceptíveis e susceptíveis à toxidez de ferro. Estes resultados demonstram que as cultivares de arroz diferiram largamente em tolerância à toxidez de ferro, dentro das condições em que foram avaliadas.

Termos para indexação: solução nutritiva, crescimento de raízes e da parte aérea.

## PRELIMINARY SCREENING OF RICE CULTIVARS FOR TOLERANCE TO IRON TOXICITY

**ABSTRACT** - Iron toxicity has becoming a serious problem in several regions of irrigated rice in Brazil. Two greenhouse experiments were conducted to identify rice germplasm tolerant to iron toxicity. One hundred and fifteen cultivars lines were screened for iron tolerance in nutrient solution. Variable iron concentrations - 0.5, 2.5, 10, 20, 40, 60, 80 and 100 ppm - were used in the first experiment, and 2.5, 20, 40 and 100 ppm in the second one. The effect of the iron on the dry matter production of the tops and roots was determined. Dry matter of tops showed higher sensibility to iron toxicity in comparison to roots weight. Hence, a reduction in dry matter of tops was calculated at higher levels of iron in relation to lower level of iron. Based on this yield reduction, cultivars/lines were classified as tolerant, moderately tolerant, moderately susceptible and susceptible to iron toxicity. These results showed that rice cultivars differ largely in their tolerance to iron toxicity under the conditions they were evaluated.

Index terms: nutrient solution, growth of roots and tops.

## INTRODUÇÃO

A toxidez de ferro, que geralmente ocorre em solos inundados, é um problema bastante complexo. Em solo aeróbico, o ferro existe na forma  $Fe^{3+}$ , e quando o solo é inundado, o ferro é reduzido para  $Fe^{2+}$ , o que aumenta a sua concentração na forma disponível para as plantas (Ponnamperuma s.d.).

O nível de ferro tóxico para a planta de arroz é bastante amplo, variando de 50 a 1.680 ppm (Ishizuka 1961, De & Mandal 1957), dependendo da classificação e da fertilidade do solo e da cultivar. Se o nível de ferro no solo ultrapassar a 500 ppm, geralmente a planta de arroz torna-se bronzada (Ponnamperuma et al. 1955, Tanaka et al. 1966).

A toxidez de ferro pode estar diretamente relacionada com a absorção excessiva do nutriente pela planta, o que lhe danifica as células, ou, indiretamente, pela deficiência de outros nutrientes, induzida pelo excesso de ferro na planta (Fageria et al. 1981).

Em solos inundados, com baixo nível de cálcio, magnésio, fósforo e manganês, a absorção de ferro aumenta, tornando-se tóxica (Breemen & Moor-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 28 de junho de 1984. Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 17 a 24 de julho de 1983, Curitiba, PR.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPAP.

<sup>4</sup> Estatístico, M.Sc., EMBRAPA/CNPAP.

mann 1977). Por outro lado, a deficiência de nitrogênio não aumenta a absorção de ferro (Mulleriyama 1966, Yoshida & Tadano 1978), mas altos níveis daquele elemento podem estimular a absorção deste (Trolldenier 1977).

Em solos submersos, com a presença de inibidores respiratórios, como  $H_2S$ , a capacidade de respiração das raízes diminui, e a toxidez de ferro aumenta (Inada 1966).

A capacidade de oxidação da raiz de arroz é importante, porque provoca a precipitação do ferro da rizosfera e, conseqüentemente, reduz a absorção de  $Fe^{++}$  (Tadano 1975).

A presença de alta concentração de sílica, potássio e fósforo aumenta a capacidade de oxidação das raízes (Okuda & Takahashi s.d., Trolldenier 1977).

A toxidez de ferro foi relatada em vários países, como Índia, Srilanka, Malásia, Indonésia, Filipinas, Senegal, Libéria, Nigéria e Colômbia (Panabokke 1975, Sahu 1968, Virmani 1977). No Brasil, ela já foi constatada nos Estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Goiás, Rio Grande do Sul e Pará.

São conhecidas várias práticas para reduzir a toxidez de ferro, como: melhora da drenagem, época de aplicação de água, aplicação de calcário, adubação pesada, especialmente de potássio e fósforo, uso de adubo verde e o emprego de cultivar tolerante (Ponnamperuma 1958, Ota & Yamada 1962, Virmani 1977, Barbosa Filho et al. s.n.t.).

O objetivo deste estudo é avaliar cultivares de arroz, visando a indicar germoplasmas tolerantes para o programa de melhoramento.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar cultivares de arroz tolerantes à toxidez de ferro, foram conduzidos dois experimentos em solução nutritiva, em casa de vegetação. No primeiro experimento, as sementes das nove cultivares foram tratadas com solução a 0,1% de  $HgCl_2$ , por dez minutos, sendo, posteriormente, lavadas com água destilada e postas a germinar em solução nutritiva, usando-se dez vasos de plástico, de dois litros de capacidade. As sementes de cada cultivar foram colocadas sob tela de náilon em cada vaso, flutuando em solução nutritiva. Doze mudas de cada cultivar, com 18 a 20 dias de idade, foram colocadas em discos de plástico perfurados e suportadas por algodão. Em seguida, os dis-

cos foram transferidos para vasos de plástico contendo 7,5 litros de solução nutritiva.

Com pequenas modificações, as soluções nutritivas usadas foram as desenvolvidas pelo IRRRI (Yoshida et al. 1976) (Tabela 1).

No segundo experimento, foram avaliadas 106 cultivares, com a mesma concentração da solução nutritiva utilizada no primeiro experimento, porém variando-se a concentração de ferro (2,5; 20; 40; 100 ppm ou  $0,44 \times 10^{-4}$ ;  $3,58 \times 10^{-4}$ ;  $7,16 \times 10^{-4}$ ;  $17,90 \times 10^{-4}$  M). Os tratamentos foram repetidos duas vezes.

A solução nutritiva foi trocada uma vez por semana, e o pH inicial de  $4 \pm 0,2$  foi ajustado, a cada dois dias, com NaOH 0,1N.

Trinta e cinco dias após o transplante para a solução nutritiva, as raízes foram lavadas em água destilada e isoladas do caule. A parte aérea e as raízes foram secadas à temperatura de 70 a 80°C, obtendo-se o peso da matéria seca.

Com base nos dados de produção de matéria seca da parte aérea, as cultivares foram classificadas como tolerantes ou susceptíveis à toxidez de ferro. Para a classificação das cultivares foi utilizado o seguinte critério, considerando-se a redução da produção com 10, 20, 40, 60, 80 e 100 ppm de Fe, em relação ao tratamento com 2 ppm de Fe, em um experimento, e a redução com 20, 40 e 100 ppm de Fe em relação a 2,5 ppm de Fe em outro. De 0 - 20% de redução, tolerantes; de 21 - 40%, moderadamente tolerantes; de 41 - 60%, moderadamente sus-

TABELA 1. Concentração da solução nutritiva.

Reagente	Nutriente e/ou elemento	Concentração ppm	
		M x 10 <sup>-4</sup>	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	N	40	28,17
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	P	4	1,29
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K	40	10,23
CaCl <sub>2</sub>	Ca	40	10,00
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	Mg	40	16,45
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O	Mo	0,05	0,005
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	Mn	0,5	0,09
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	B	0,2	0,185
ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	Zn	0,01	0,001
CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	Cu	0,01	0,001
Fe-EDTA	Fe	0,5	0,089
	Fe	2,0	0,3580
	Fe	5,0	0,8950
	Fe	10,0	1,79
	Fe	20,0	3,58
	Fe	40,0	7,16
	Fe	60,0	10,74
	Fe	80,0	14,32
	Fe	100,0	17,90
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub> . H <sub>2</sub> O	ácido cítrico	-	7,138

ceptíveis; e > 60%, susceptíveis. A redução foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Redução do peso da matéria seca da parte aérea} = \frac{\text{Produção com 2 ou 2,5 ppm Fe} - \text{Produção com altos níveis de Fe}}{\text{Produção 2 ou 2,5 ppm de Fe}}$$

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O efeito das diferentes concentrações de ferro sobre a produção de matéria seca das raízes e da parte aérea, das nove cultivares, é apresentado nas Tabelas 2 e 3.

Sob altas concentrações de ferro, ocorreu redução no peso da matéria seca das raízes e da parte aérea, mas a redução variou de cultivar para culti-

var. Em geral, a redução significativa do peso da matéria seca da parte aérea e das raízes de todas as cultivares ocorreu acima de 20 ppm de Fe. Sob máxima concentração de Fe (100 ppm), a cultivar BG 90-2 produziu o maior peso de matéria seca das raízes e da parte aérea, e a IR 26, o menor. Entretanto, obteve-se uma relação entre a redução do peso da matéria seca da parte aérea destas duas

TABELA 2. Peso da matéria seca das raízes sob diferentes concentrações de ferro.

Cultivar	Concentração de Fe (ppm)								
	0,5	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
BG 90-2	1,10	0,80	0,75	0,69	0,63	0,59	0,45	0,34	0,43
Suvalé 1	1,05	0,89	0,67	0,67	0,79	0,48	0,44	0,16	0,26
Paga D'vida	0,73	0,75	0,94	1,13	0,60	0,43	0,39	0,39	0,13
IAC 899	0,59	0,60	0,46	0,74	0,49	0,23	0,09	0,13	0,13
CICA 8	0,62	0,55	0,72	0,64	0,54	0,21	0,08	0,05	0,10
Bluebelle	0,53	0,73	0,61	0,60	0,38	0,33	0,32	0,24	0,11
IR - 36	0,38	0,37	0,24	0,25	0,14	0,08	0,15	0,08	0,06
IR - 22	0,21	0,29	0,23	0,23	0,29	0,11	0,07	0,08	0,04
IR - 26	0,28	0,27	0,24	0,19	0,20	0,05	0,04	0,04	0,02

TABELA 3. Peso da matéria seca da parte aérea sob diferentes concentrações de ferro.

Cultivar	Concentração de Fe (ppm)								
	0,5	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
BG 90-2	6,86	4,50	3,98	3,48	3,27	2,47	1,50	1,36	1,58
Suvalé 1	7,07	5,88	4,12	3,40	4,35	2,12	1,78	0,63	1,01
Paga D'vida	4,40	4,66	4,82	6,11	3,54	2,35	1,68	1,48	0,51
IAC 899	3,64	2,97	2,41	2,54	2,88	1,24	0,34	0,61	0,51
CICA 8	3,94	3,17	3,93	4,37	3,24	1,21	0,39	0,18	0,46
Bluebelle	2,28	2,00	2,10	2,21	1,53	1,44	1,19	0,76	0,37
IR - 36	1,92	1,85	1,28	1,39	0,86	0,40	0,58	0,26	0,19
IR - 22	1,17	1,46	1,15	1,41	1,44	0,67	0,25	0,19	0,07
IR - 26	1,06	1,26	0,79	1,23	0,67	0,18	0,15	0,05	0,04

cultivares e a concentração de Fe (Fig. 1). Observou-se que 80% da redução do peso de matéria seca ocorreu a diferentes concentrações de Fe entre duas cultivares. Para a cultivar BR 90-2, essa redução ocorreu com 55 ppm de ferro na solução nutritiva, e para a IR 26, com 45 ppm de ferro. Estes resultados sugerem também que a diferença entre a produção de matéria seca da parte aérea, das cultivares tolerante e susceptível, começou acima de 40 ppm de Fe, e a maior diferença ocorreu acima de 60 ppm de Fe. Isto significa que, na avaliação de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de Fe, os níveis entre 40 e 60 ppm de Fe podem ser considerados baixos, e, altos, acima de 60 ppm, nas condições estudadas.

Os resultados relacionados com a influência das diferentes concentrações de Fe, na redução de matéria seca das raízes e da parte aérea, são apresentados na Fig. 2 e 3. Pode ser verificado que ocorreu maior redução no peso da matéria seca da parte aérea do que no das raízes. Isto indica que a parte aérea da planta de arroz é mais sensível à toxidez de ferro do que as raízes.

Com base na redução de matéria seca da parte aérea, as cultivares foram classificadas de acordo com a sua tolerância a altos níveis de ferro (Tabelas 4 e 5), conforme discutido em Material e Métodos.

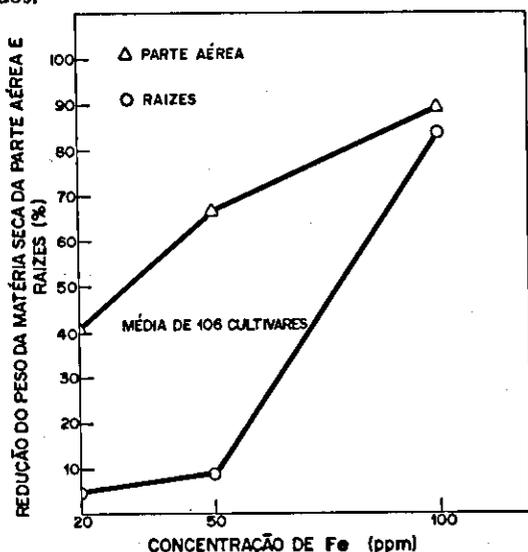


FIG. 1. Relação entre a produção de matéria seca da parte aérea e a concentração de ferro na solução nutritiva.

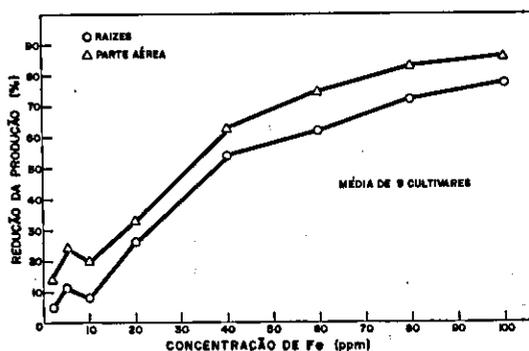


FIG. 2. Relação entre a redução de matéria seca da parte aérea e das raízes de média de nove cultivares de arroz e as concentrações de ferro na solução nutritiva.

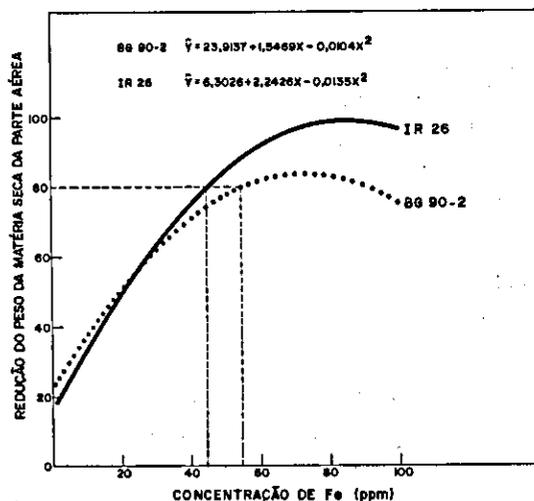


FIG. 3. Relação entre a redução de matéria seca da parte aérea e das raízes de média de 106 cultivares de arroz e as concentrações de ferro na solução nutritiva.

Estes resultados mostram que as cultivares de arroz diferiram largamente em tolerância à toxidez de ferro. A exata natureza da toxidez ainda não está bem esclarecida. As possíveis razões da diferença de tolerância são:

1. Em geral, a toxidez está associada com o

**TABELA 4.** Classificação de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de ferro baseada na redução da produção da matéria seca da parte aérea.

Cultivar	Concentração de Fe (ppm)					
	10	20	40	60	80	100
BG 90-2	MT	MT	MS	S	S	S
Suvale 1	MS	MS	S	S	S	S
Paga Dívida	T	MT	MS	S	S	S
IAC 899	T	T	MS	S	S	S
CICA 8	T	T	S	S	S	S
Bluebelle	T	MT	MT	MS	S	S
IR - 36	MT	MS	S	S	S	S
IR - 22	T	T	MS	S	S	S
IR - 26	MS	MS	S	S	S	S

T = tolerantes; MT = moderadamente tolerantes; MS = moderadamente susceptíveis; e S = susceptíveis.

A redução foi calculada com base nos dados da Tabela 3. A metodologia do cálculo foi discutida em Material e Métodos.

aumento na absorção e na translocação de ferro para a parte aérea (Brown & Jones 1977, Tadano 1975). A planta de arroz tem a propriedade de absorver oxigênio pela parte aérea, transportá-lo para as raízes e difundi-lo na rizosfera (Raalte 1941, Barber et al. 1962, Jensen et al. 1964, 1967). Esta capacidade de oxidação reduz a absorção de ferro e é variável de cultivar para cultivar. A cultivar que possui alta taxa de difusão de oxigênio na rizosfera pode ser mais tolerante do que a que possui menor capacidade de oxidação.

2. De acordo com Tadano (1975), a resistência das plantas à toxidez de ferro está relacionada com a translocação de ferro das raízes para a parte aérea. A taxa de translocação de Fe na planta é diminuir, na presença de altos teores de P, K, Mg, Ca e Mn e vice-versa. Portanto, a planta de arroz deficiente em K, Ca, Mg e Mn acumula mais Fe na parte aérea e é mais susceptível à toxidez de ferro do que as que têm altos teores destes elementos (Foy 1978).

**TABELA 5.** Influência do ferro no peso da matéria seca da parte aérea das cultivares de arroz e sua classificação para tolerância à toxidez de ferro.

Cultivar/linhagem	Concentração de Fe (ppm)						
	2,5	20	40	100	20	40	100
							Classificação
							g/4 plantas
CNA 806534-V	5,75	4,94	2,80	0,73	T	MS	S
CNA 806531-V	3,58	3,33	1,49	0,31	T	MS	S
CNA 806842-V	5,48	4,83	2,25	0,56	T	MS	S
CNAx 312-24	3,98	3,63	1,76	0,39	T	MS	S
CNAx 296-27	3,78	3,24	1,23	1,05	T	S	S
CNAx 247-3	4,54	4,07	2,62	1,03	T	MS	S
CNA 810102-V	4,46	3,63	2,21	0,33	T	MS	S
CNA 810110-V	3,54	3,38	1,83	0,65	T	MS	S
CNA 810092	2,41	2,10	1,11	0,18	T	MS	S
CNA 810182-V	2,52	2,83	0,94	0,82	T	S	S
CNA 806572-V	3,13	2,65	0,97	0,67	T	S	S
CNA 806577-V	3,28	3,23	1,22	0,35	T	S	S
CNA 810174-V	3,63	2,43	2,25	0,34	MT	MT	S
CNAx 249-1	3,41	2,31	1,71	0,54	MT	MS	S
CNA 810103-V	4,67	3,37	1,91	0,51	MT	MS	S
CNA 810113-V	3,26	2,29	1,39	0,39	MT	MS	S
CNA 810176-V	4,94	3,22	2,22	0,61	MT	MS	S
CNA 809018	3,61	2,56	1,56	1,06	MT	MS	S
CNA 809184	3,61	2,32	1,51	0,52	MT	MS	S

TABELA 5. Continuação.

Cultivar/linhagem	Concentração de Fe (ppm)						
					20	40	100
	2,5	20	40	100	Classificação		
CNA 809260	3,75	2,53	1,57	0,64	MT	MS	S
CNA 810093	3,56	2,60	1,43	0,20	MT	MS	S
CNA 806551-V	5,81	3,50	1,66	0,28	MT	S	S
CNA 806536-V	7,11	4,29	1,48	0,64	MT	S	S
CNA 806533-V	4,93	3,42	1,07	0,36	MT	S	S
CNA 806532-V	5,29	3,71	1,74	0,44	MT	S	S
CNA 806800-V	5,80	4,22	1,89	0,41	MT	S	S
CNAx 295-21	5,19	3,32	1,74	0,43	MT	S	S
CNAx 312-25	4,71	2,97	1,30	0,78	MT	S	S
CNAx 295-22	4,18	2,90	1,58	0,68	MT	S	S
CNA 810097-V	5,79	3,58	1,87	0,31	MT	S	S
CNA 810105-V	5,14	4,01	1,92	0,76	MT	S	S
CNA 810106-V	4,80	3,78	1,75	0,52	MT	S	S
CNA 810221-V	4,46	3,39	1,20	0,47	MT	S	S
CNA 808885	3,59	2,22	1,0	0,62	MT	S	S
CNA 808951	5,56	3,46	1,86	0,79	MT	S	S
CNA 808966	4,99	3,23	1,68	1,65	MT	S	S
CNA 809118	3,84	2,47	0,92	0,22	MT	S	S
CNA 809174	5,74	4,21	2,12	0,53	MT	S	S
CNA 809179	2,84	1,71	0,82	0,16	MT	S	S
CNA 809183	4,24	3,23	1,40	0,36	MT	S	S
CNA 809224	1,63	1,10	0,39	0,13	MT	S	S
CNA 810077	3,24	1,94	0,96	0,23	MT	S	S
CNA 810088	3,51	2,68	1,33	0,28	MT	S	S
CNA 810089	4,42	2,95	1,26	0,18	MT	S	S
CNA 810095	3,19	2,21	1,02	0,29	MT	S	S
CNA 810096	3,53	2,55	1,29	0,23	MT	S	S
CNA 810107	3,34	2,33	0,94	0,23	MT	S	S
CNA 810122	3,29	2,33	1,22	0,27	MT	S	S
CNA 806793-V	4,94	2,93	2,52	0,53	MS	MS	S
CNA 810104-V	5,98	3,46	2,74	1,04	MS	MS	S
CNA 810175-V	6,12	3,60	2,56	0,48	MS	MS	S
CNA 810291-V	2,60	1,26	1,05	0,72	MS	MS	S
CNA 808960	3,70	1,83	1,52	1,06	MS	MS	S
CNA 806674-V	5,01	2,64	1,14	0,25	MS	S	S
CNA 806538-V	8,28	3,86	1,67	0,42	MS	S	S
CNA 806335-V	7,71	3,22	1,45	0,30	MS	S	S
CNA 806524-V	6,97	4,09	1,94	1,27	MS	S	S
CNA 806830-V	4,22	2,44	1,22	0,68	MS	S	S
CNAx 295-15	6,65	3,45	2,40	0,46	MS	S	S
CNAx 294-2	7,73	3,35	1,94	0,86	MS	S	S
CNAx 294-1	6,30	3,72	2,18	0,74	MS	S	S
CNA 810114-V	4,98	2,40	1,94	0,35	MS	S	S
CNA 810188-V	4,36	1,77	0,95	0,52	MS	S	S
CNA 810197-V	3,47	1,58	0,93	0,15	MS	S	S
CNA 810198-V	3,26	1,33	0,90	0,41	MS	S	S
CNA 810208-V	3,38	1,52	0,74	0,26	MS	S	S
CNA 810212-V	5,02	2,25	1,03	0,38	MS	S	S

TABELA 5. Continuação.

Cultivar/linhagem	Concentração de Fe (ppm)						
					20	40	100
	2,5	20	40	100	Classificação		
CNA 810223-V	5,54	2,82	2,12	0,89	MS	S	S
CNA 810224-V	6,33	2,76	1,45	0,92	MS	S	S
CNA 810294-V	3,08	1,27	0,81	0,57	MS	S	S
CNA 810295-V	5,26	2,52	1,15	0,48	MS	S	S
CNA 810296-V	5,49	2,34	1,01	0,46	MS	S	S
CNA 810297-V	3,18	1,57	1,08	0,53	MS	S	S
CNA 810298-V	3,39	1,93	0,98	0,65	MS	S	S
CNA 810300-V	3,32	1,69	1,23	0,59	MS	S	S
CNAx 252	5,53	2,60	1,79	0,27	MS	S	S
CNAx 294-4	5,96	3,11	1,66	0,53	MS	S	S
CNAx 294-5	3,72	2,12	0,96	1,11	MS	S	S
CNAx 345	4,34	1,98	1,03	1,65	MS	S	S
CNA 808862	3,78	2,23	1,22	0,86	MS	S	S
CNA 808861	4,80	2,55	1,49	0,41	MS	S	S
CNA 808867	4,93	2,19	1,51	0,86	MS	S	S
CNA 808868	3,92	2,02	1,14	0,62	MS	S	S
CNA 809007	6,57	3,18	1,50	0,77	MS	S	S
CNA 809011	4,59	2,20	1,32	0,60	MS	S	S
CNA 809034	3,47	1,94	1,37	0,51	MS	S	S
CNA 809051	5,59	2,92	1,36	0,25	MS	S	S
CNA 809094	4,93	2,12	1,08	0,67	MS	S	S
CNA 809111	5,24	2,25	1,13	0,65	MS	S	S
CNA 809186	3,61	2,12	1,61	0,25	MS	S	S
CNA 809250	4,20	2,34	0,84	0,28	MS	S	S
CNA 809283	6,36	3,32	1,89	0,85	MS	S	S
CNA 810078	4,07	1,94	0,99	0,29	MS	S	S
CNA 810079	3,57	1,90	1,14	0,34	MS	S	S
CNA 810081	3,68	1,65	1,04	0,25	MS	S	S
CNA 810087	3,57	2,01	0,91	0,18	MS	S	S
CNA 810090	3,23	1,53	1,12	0,25	MS	S	S
CNA 810091	4,46	2,95	1,17	0,29	MS	S	S
CNA 810094	4,26	2,03	1,40	0,39	MS	S	S
CNA 810099	4,11	1,73	1,04	0,19	MS	S	S
CNA 810116	4,53	1,85	0,90	0,23	MS	S	S
CNA 810126	4,70	2,30	1,07	0,16	MS	S	S
CNA 810225-V	4,81	1,87	0,78	0,50	S	S	S
CNA 809079	3,74	1,35	1,04	0,78	S	S	S
CNA 810082	4,01	1,25	0,97	0,18	S	S	S
CN 810179-V	8,82	3,40	1,64	0,61	S	S	S

T = tolerante; MT = moderadamente tolerante; MS = moderadamente susceptível; e S = susceptível.

**CONCLUSÕES**

1. Os resultados obtidos neste estudo mostram que as cultivares de arroz diferem marcadamente em tolerância à toxidez de ferro.

2. A incidência do Fe na redução do peso da matéria seca da parte aérea e das raízes (média de nove cultivares, em um experimento, e de 106 cultivares/linhagens, em outro) mostrou que a parte aérea é mais sensível a altos níveis de Fe do que as

raízes, indicando que o peso da matéria seca da parte aérea é o melhor parâmetro para a avaliação de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de ferro.

3. A diferenciação das cultivares em moderadamente tolerantes a moderadamente susceptíveis, para a maioria das cultivares, ocorreu a 40 ppm de Fe. Logo, o nível para baixa toxidez de Fe deve ser considerado entre 40 e 60 ppm. A diferenciação entre moderadamente susceptíveis e susceptíveis ocorreu a 60 ppm de Fe. Assim sendo, o nível para alta toxidez de Ferro deve ser acima de 60 ppm.

#### REFERÊNCIAS

- BARBER, D.A.; EBERT, M. & EVANS, N.T.S. The movement of  $^{15}O$  through barley and rice plants. *J. Exp. Bot.*, 13:397-403, 1962.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K. & CARVALHO, J.R.P. Influência da época de inundação do solo sobre a toxidez de ferro na cultura de arroz (*Oryza sativa* L.). s.n.t. Trabalho apresentado na XV Reunião Brasileira de fertilidade do Solo, Campinas, SP.
- BREEMEN, N.V. & MOORMANN, F.R. Iron toxic soils. s.n.t. Paper presented at the Symposium "Soils and rice", Los Baños, Philippines, 1977.
- BROWN, J.C. & JONES, W.E. Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. *Commun. Soil Sci., Plant Anal.*, 8:1-15, 1977.
- DE, P.D. & MANDAL, L.N. Physiological diseases of rice. *Soil Sci.*, 84:367-76, 1957.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. & CARVALHO, J.R.P. Influência de ferro no crescimento e na absorção de P, K, Ca e Mg pela planta de arroz em solução nutritiva. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16(4):483-8, 1981.
- FOY, C.D. The physiology of metal toxicity in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 29:511-66, 1978.
- INADA, K. Studies on bronzing disease of rice plant in Ceylon. *Trop. Agric.*, 122:19-29, 1966.
- ISHIZUCA, Y. Effect of iron, manganese and copper level of solution on yields and chemical composition of plant. *J. Sci., Soil Manure, Japan*, 32:97-100, 1961.
- JENSEN, C.R.; LETEY, J. & STOLZY, L.H. Labelled oxygen transport through growing corn roots. *Science*, 140:550-2, 1964.
- JENSEN, C.R.; STOLZY, L.H. & LETEY, J. Tracer studies of oxygen diffusion through roots of barley, corn and rice. *Soil Sci.*, 103:23-9, 1967.
- MULLERIYAMA, R.P. Some factors influencing bronzing, a physiological disease of rice in Ceylon. Los Baños, University of Philippines, 1966. 36p. Tese Mestrado.
- OKUDA, A. & TAKAHASHI, E. The role of silicon, In: SIMPOSIUM INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Baltimore, Maryland, 1965. Proceedings . . . Baltimore, Johns Hopkins, s.d. p.123-46.
- OTA, Y. & YAMADA, I. Physiological study of bronzing of rice plant in Ceylon. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 31:90-7, 1962.
- PANABOKKE, C.R. Problem rice soils of Shrilanka. s.n.t. Paper presented at the IRRI Rice Research Conference, Los Baños, Philippines, 1975.
- PONNAMPERUMA, F.N. Lime as a remedy for a physiological disease of rice associated with iron. *Int. Rice Comm. News Letter*, 7:10-3, 1958.
- PONNAMPERUMA, F.N. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Baltimore, Maryland, 1965. Proceedings . . . Baltimore, Johns Hopkins, s.d. p.295-8.
- PONNAMPERUMA, F.N.; BRADFIELD, R. & PEECH, M. Physiological disease of rice attributable to iron toxicity. *Nature*, 175:265, 1955.
- RAALTE, M.H. van. On the oxygen supply of rice roots. *Ann. Bot. Gardens Buitenzorg*, 51:43-7, 1941.
- SAHU, B.M. Bronzing disease of rice in orissa as influence by soil types and manuring and its control. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 16:41-54, 1968.
- TADANO, T. Devices of rice roots to tolerate high iron concentration in growth media. *JARQ*, 9:34-9, 1975.
- TANAKA, A.; LOE, R. & NAVASERO, S.A. Some mechanisms involved in the development of iron toxicity symptoms in the rice plant. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 12:158-64, 1966.
- TROLLENIER, G. Mineral nutrition and reduction processes in the rhizosphere of rice. *Plant Soil*, 47:193-202, 1977.
- VIRMANI, S.S. Varietal tolerance of rice to iron toxicity in Liberia. *Int. Rice Res. Newsl.*, 2(1):4, 1977.
- YOSHIDA, S.; FORNO, D.A.; COCK, J.H. & GOMES, K.A. Laboratory manual for physiological studies of rice. Los Baños, International Rice Research Institute, 1976. p.29-34.
- YOSHIDA, S. & TADANO, T. Adaptation of plants to submerged soils. In: CROP tolerance to suboptimal land conditions. s.l., s. ed., 1978. p.233-56. (ASA. Special Publication, 32).