



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 42

Campinas, 1983

Artigo nº 17

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE ARROZ A DIFERENTES NÍVEIS DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2), OCTAVIO BENTO DE ALMEIDA CAMARGO (2), *Seção de Arroz e Cereais de Inverno*, e DERLY MACHADO DE SOUZA, *Divisão de Plantas Alimentícias Básicas, Instituto Agrônomo*.

RESUMO

Em condições controladas de crescimento, foram estudados 22 cultivares de arroz, em soluções nutritivas com temperaturas de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $30 \pm 1^\circ\text{C}$, com cinco diferentes níveis de alumínio, em recipientes de 8,3 litros com 330 plântulas por recipiente. A tolerância foi medida pela capacidade de as raízes primárias continuar a crescer, em solução sem alumínio, após um período de 72 horas em solução contendo uma concentração conhecida de alumínio. Nas soluções nutritivas com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, os cultivares IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a 10mg/litro de Al^{3+} ; IR-43, IR-45 e IR-8, foram sensíveis a 20mg/litro de Al^{3+} ; CICA-4 e IR-42, a 40mg/litro de Al^{3+} , e IAC-435, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce, Blue Bonnet, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, Pratão, Dourado Precoce e CICA-8 foram tolerantes a 40mg/litro de Al^{3+} . Quando foram utilizadas soluções nutritivas com temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$, todos os cultivares de arroz estudados apresentaram melhor desenvolvimento radicular do que a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e se mostraram tolerantes a 5, 10 e 20mg/litro de Al^{3+} . Com a concentração de 40mg/litro de Al^{3+} , os cultivares Dourado Precoce, CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841 foram sensíveis; IAC-47, Blue Bonnet, IAC-1246, IAC-164, Pratão, Pratão Precoce, CICA-8, IAC-435, IAC-120, IAC-25, IAC-165, Pérola e Batatais, tolerantes. A presença do alumínio nas soluções nutritivas foi prejudicial a todos os cultivares tolerantes e sensíveis. Os dados obtidos permitiram classificar os cultivares estudados nas seguintes classes de tolerância ao alumínio: **tolerantes**: IAC-435, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce, Blue Bonnet; **moderadamente tolerantes**: Pratão, Dourado Precoce e CICA-8, e **sensíveis**: CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841.

(1) Trabalho apresentado na XXXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Campinas (SP), 1982. Recebido para publicação a 12 de março de 1982.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

Os cereais diferem grandemente em suas respostas à presença de alumínio no solo: a cevada é mais sensível do que o trigo e este, mais sensível que o centeio, aveia e arroz (4). Entretanto, os cultivares de uma mesma espécie também diferem largamente em relação à tolerância a determinada quantidade de alumínio existente no solo (1, 3, 6).

A toxicidade de alumínio ocorre em solos ácidos, sendo considerada um dos maiores fatores limitantes da produção da cultura de arroz de sequeiro (12). O alumínio pode afetar a absorção da água e de nutrientes pelas raízes do arroz através da redução do comprimento total das raízes e/ou da redução da absorção da água e nutrientes por unidade de comprimento da raiz. Em condições de seca, as plantas sensíveis ao alumínio mostram efeitos marcantes de estresse em relação às tolerantes, devido ao sistema radicular superficial e pouco desenvolvido (7).

Com o propósito de evitar interações em condições de campo entre a toxicidade de alumínio e a temperatura, pH, concentrações de nutrientes, foi adaptada na Universidade Estadual de Oregon, E.U.A., por MARTINEZ (8), uma técnica empregando soluções nutritivas visando à determinação de vários níveis de tolerância ao Al^{3+} em arroz, utilizando grande número de plântulas num mesmo recipiente, para a separação das plantas tolerantes das sensíveis.

Essa técnica permite uma avaliação rápida e contínua de cultivares, com economia de espaço e tempo.

Os cultivares de arroz Monolaya e Blue Bonnet foram considerados tolerantes à toxicidade de alumínio quando cultivados em solução nutritiva com pH igual a 4,0, temperatura de $25 \pm 1^\circ C$ e 20 ou 25mg/litro de Al^{3+} durante 96 horas. Nas mesmas condições, os cultivares Colômbia-1, CICA-4, IR-5, IR-8 e IR-665-23-3-1 foram considerados sensíveis.

Mais de mil cultivares foram testados no CIAT, Colômbia, para serem avaliados em relação à tolerância a 3 e a 20mg/litro de Al^{3+} , empregando-se soluções nutritivas. A proporção do comprimento das raízes de cada cultivar durante três semanas de crescimento em soluções com dois níveis de Al^{3+} foi usada como medida da tolerância. Nessas condições, 'Monolaya' e 'Colombia-1' foram os mais tolerantes (10).

Trinta cultivares de arroz foram estudados em soluções nutritivas contendo 0, 10, 20, 40 e 60mg/litro de Al^{3+} , por 21 dias, o que permitiu separá-los em grupos de tolerantes, médios e sensíveis (5).

O presente trabalho tem por objetivo estudar a tolerância de cultivares de arroz a diferentes níveis de alumínio em soluções nutritivas, visando à caracterização de fontes de tolerância a serem utilizadas nos programas de melhoramento genético de arroz em desenvolvimento pelo Instituto Agronômico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os cultivares estudados de arroz foram os seguintes: IAC-435, IR-42, IAC-47, IR-841, Pérola, IAC-1246, Batatais, IAC-120, Pratão, IAC-25, CICA-8, IAC-165, IR-8, Pratão Precoce, IR-43, IR-45, Dourado Precoce, IAC-899, CICA-4, IAC-164, Blue Bonnet e IR-665-4-5-5.

As sementes dos 22 cultivares foram cuidadosamente lavadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 10% e colocadas para germinar em caixas de Petri por 48 horas. Após esse tempo, as radículas estavam iniciando a emergência.

Foram escolhidas quinze sementes uniformes de cada cultivar e colocadas sobre a superfície de cinco telas de náilon. Cada uma das telas contendo as sementes dos 22 cultivares foi colocada em contacto com a solução nutritiva completa contida em cinco vasilhas plásticas de 8,3 litros de capacidade cada uma.

A composição da solução nutritiva completa era a seguinte: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4mM; MgSO_4 2mM; KNO_3 4mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,435mM; ZnSO_4 0,8 μM ; NaCl 30 μM ; Fe-CYDTA 10 μM ; Na_2MoO_4 0,10 μM e H_3BO_3 10 μM . O nível da solução nas vasilhas plásticas tocava na parte inferior da tela de náilon, de maneira que as sementes fossem mantidas úmidas e as radículas emergentes tivessem um pronto suprimento de nutrientes. O pH da solução foi previamente ajustado para 4,0 com solução de H_2SO_4 1N, continuamente are-

jada. As vasilhas plásticas contendo as soluções foram colocadas em banho-maria com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ dentro do laboratório, e as plantas mantidas com luz artificial durante todo o experimento.

Decorridas 72 horas nessas condições, cada plântula apresentava seu sistema radicular primário com cerca de 30mm.

As cinco telas de náilon com as quinze plântulas dos 22 cultivares foram transferidas para cinco vasilhas plásticas contendo soluções tratamentos com 0, 5, 10, 20 e 40mg/litro de Al na forma de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

A composição da solução tratamento foi basicamente um décimo da solução nutritiva completa, exceto que o fósforo foi omitido para evitar a possível precipitação do alumínio, e o ferro adicionado em quantidade equivalente com FeCl_3 , em substituição ao Fe-CYDTA, como foi descrito por MOORE et alii (9). Antes da transferência das telas para a solução tratamento, adicionou-se a necessária quantidade de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, sendo o pH ajustado para 4,0 com solução de H_2SO_4 1N, evitando-se acrescentar solução de NaOH 1N, que poderia causar a precipitação do alumínio, pelo menos no local de queda da gota.

As plântulas, após 72 horas na solução tratamento, foram transferidas de volta para as vasilhas contendo a solução nutritiva completa, utilizada no início

do experimento, onde permaneceram por mais 72 horas. O crescimento das raízes primárias, nesse período final de 72 horas, depende da severidade da prévia solução tratamento. Com uma quantidade excessiva de Al^{3+} , as raízes primárias não crescem mais e permanecem grossas, mostrando no ápice uma injúria típica com descoloramento. O crescimento da raiz foi determinado, subtraindo-se seu comprimento final, do comprimento da mesma raiz medida após o crescimento na solução tratamento com diferentes níveis de Al^{3+} .

Durante todo o experimento, o pH das soluções foi mantido o mais próximo possível de 4,0 com ajustamentos diários

O delineamento estatístico empregado foi parcelas subdivididas, com duas repetições, sendo as parcelas compostas pelas cinco diferentes concentrações de alumínio e, as subparcelas, pelos 22 cultivares de arroz estudados.

Os dados foram analisados estatisticamente, considerando-se a média do crescimento da raiz das quinze plântulas de cada cultivar após a influência prejudicial do alumínio nas soluções de tratamento. A comparação entre as médias de crescimento das raízes dos 22 cultivares, dentro de uma mesma concentração de alumínio, e a comparação entre as médias de crescimento da raiz de um mesmo cultivar, em diferentes concentrações de alumínio, foram feitas pelo teste de Tukey (in STEEL & TORRIE, 11).

Experimento idêntico ao anterior foi feito, porém, em vez da temperatura das soluções de $25 \pm 1^\circ C$, foi empregada a de $30 \pm 1^\circ C$ em todas as fases.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao crescimento médio das raízes dos 22 cultivares de arroz, obtidos após 72 horas em solução nutritiva completa, depois do tratamento com cinco diferentes concentrações de alumínio, à temperatura de $25 \pm 1^\circ C$ encontram-se no quadro 1. No quadro 2, encontram-se os dados de crescimento médio das raízes dos mesmos cultivares, submetidos aos mesmos tratamentos, porém à temperatura de $30 \pm 1^\circ C$.

Os resultados da análise estatística do experimento, empregando-se a temperatura de $25 \pm 1^\circ C$ (Quadro 3) mostraram na análise da variância, efeitos significativos ao nível de 1% para concentrações de alumínio e para cultivares, e efeitos significativos ao nível de 5% para repetições e interação cultivares \times concentrações de alumínio. Os resultados da análise estatística do experimento, à temperatura de $30 \pm 1^\circ C$ (Quadro 3), mostram efeitos significativos para concentrações de alumínio, cultivares e interação cultivares \times concentrações de alumínio, porém não para repetições.

Aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% para a comparação das médias dos diferentes cultivares dentro de uma mesma concentração de alumínio, verificou-se que a diferença mínima

QUADRO 1. Crescimento médio das raízes de 22 cultivares de arroz obtido após 72 horas em solução nutritiva completa depois do tratamento com cinco diferentes concentrações de alumínio, à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$

Cultivar	Concentração de alumínio (mg/litro)				
	0	5	10	20	40
	mm	mm	mm	mm	mm
IAC-435	68,0	59,0	43,2	28,0	17,3
IAC-120	93,4	79,7	56,7	17,3	2,8
IAC-47	90,1	69,9	42,2	20,9	4,2
IAC-1246	92,0	69,8	42,4	17,5	2,3
IAC-25	55,7	53,9	35,0	18,1	8,5
IAC-165	81,3	69,7	39,9	27,2	3,2
IAC-164	72,3	59,4	31,9	22,2	10,3
Pérola	77,3	54,7	42,5	18,7	11,3
Batatais	75,6	70,4	48,2	30,0	12,0
Pratão	77,6	57,1	34,3	7,9	2,1
Pratão Precoce	91,0	83,5	55,2	31,8	14,4
Dourado Precoce	91,4	93,2	45,5	14,1	3,4
Blue Bonnet	87,8	74,6	52,2	23,0	14,3
CICA-4	70,0	25,5	5,0	1,4	0,0
CICA-8	81,5	46,1	18,1	5,8	2,2
IR-42	62,2	30,9	3,6	0,2	0,0
IR-43	54,1	20,6	1,3	0,0	0,0
IR-45	58,3	23,4	2,9	0,0	0,0
IR-8	63,3	32,4	5,8	0,0	0,0
IAC-899	67,6	26,5	0,0	0,0	0,0
IR-665-4-5-5	54,3	45,9	14,7	5,3	0,0
IR-841	44,7	17,7	0,0	0,0	0,0
d.m.s. (1)	32,3				
d.m.s. (2)	27,7				

(1) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação das médias dos cultivares de arroz dentro de uma mesma concentração de alumínio na solução.

(2) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação de cada cultivar de arroz nas diferentes concentrações de alumínio.

QUADRO 2. Crescimento médio das raízes de 22 cultivares de arroz obtido após 72 horas em solução nutritiva completa, depois do tratamento com cinco diferentes concentrações de alumínio, empregando-se a temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$

Cultivar	Concentração de alumínio (mg/litro)				
	0	5	10	20	40
	mm	mm	mm	mm	mm
IAC-435	95,2	81,3	56,6	41,6	17,1
IAC-120	121,6	91,5	92,3	71,6	25,3
IAC-47	135,8	101,5	68,9	61,1	41,5
IAC-1246	124,6	95,4	80,3	47,2	13,5
IAC-25	114,6	82,8	74,7	50,6	26,3
IAC-165	93,8	77,8	66,9	38,8	18,0
IAC-164	113,5	84,0	70,6	42,6	15,6
Pérola	109,9	74,2	63,0	52,7	19,1
Batatais	111,4	90,3	75,4	54,9	21,8
Pratão	124,9	100,4	87,7	32,2	10,1
Pratão Precoce	136,0	102,9	77,7	44,2	4,0
Dourado Precoce	145,1	102,7	74,0	40,8	0,0
Blue Bonnet	130,1	81,8	67,8	56,8	43,0
CICA-4	83,8	29,3	6,4	6,0	0,0
CICA-8	93,6	47,3	26,9	15,5	3,1
IR-42	66,2	29,8	14,4	3,8	0,0
IR-43	62,7	19,8	5,8	0,8	0,0
IR-45	94,1	42,1	8,0	6,6	0,0
IR-8	80,0	35,3	14,0	3,4	0,0
IAC-899	90,6	38,0	6,8	3,0	0,0
IR-665-4-5-5	67,5	37,1	18,5	5,5	0,0
IR-841	86,3	25,2	8,9	5,2	0,0
d.m.s. (1)	25,1				
d.m.s. (2)	34,7				

(1) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação das médias dos cultivares de arroz dentro de uma mesma concentração de alumínio na solução.

(2) Diferença mínima significativa ao nível de 5% para a comparação de cada cultivar de arroz nas diferentes concentrações de alumínio.

significativa para o experimento à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, foi 32,3mm e, para a de $30 \pm 1^\circ\text{C}$, 25,1mm.

As diferenças mínimas significativas para a comparação de um mesmo cultivar nas diferentes concentrações de alumínio foram 27,7mm e 34,7mm respectivamente nos ensaios a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $30 \pm 1^\circ\text{C}$.

Verificaram-se diferenças significativas entre as médias dos crescimentos das raízes dos diferentes cultivares estudados em soluções tratamentos sem alumínio, dentro de qualquer uma das temperaturas. Esse fato também foi observado por CAMARGO & OLIVEIRA (3), estudando cultivares de trigo, onde a diferença de crescimento das raízes, mesmo na ausência do estresse de alumínio, seria uma condição específica de cada genótipo.

Observando-se os resultados dos dois experimentos, verifica-se que, de modo geral, os cultivares submetidos ao tratamento com diferentes doses de alumínio à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ apresentaram maior crescimento das raízes, quando comparados com os resultados correspondentes obtidos na temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Resultados contrários foram obtidos por CAMARGO (2), estudando diferentes cultivares de trigo. Essas observações poderiam ser justificadas, considerando-se que o arroz é uma cultura adaptada às condições tropicais, necessitando, portanto, de temperaturas elevadas para seu desenvolvimento durante a maior parte do ciclo vegetativo, ao passo que o trigo é uma cultura adaptada às regiões temperadas, requerendo temperaturas baixas a médias para o seu normal desenvolvimento vegetativo.

QUADRO 3. Análise de variância para crescimento da raiz de 22 cultivares de arroz em soluções contendo cinco diferentes concentrações de alumínio, empregando-se em um ensaio a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, e no outro, a de $30 \pm 1^\circ\text{C}$

Causas da variação	G.L.	Q. M.	
		$25 \pm 1^\circ\text{C}$	$30 \pm 1^\circ\text{C}$
Repetições	1	6.378,53*	0,49
Concentrações de Al^{3+}	4	35.223,43**	54.561,66**
Erro I	4	585,42	1.532,94
Cultivares	21	1.872,97**	5.265,05**
Cult. x Conc. de Al^{3+}	84	179,30*	291,91**
Erro II	105	78,37	47,37
Total	219		

Quando se empregaram soluções contendo 5mg/litro de Al^{3+} , verificou-se, nos dois experimentos, que todos os cultivares de arroz apresentaram-se como tolerantes, isto é, suas raízes primárias continuaram a crescer em solução nutritiva completa após terem sido submetidas às soluções contendo 5mg/litro de Al^{3+} .

Considerando o experimento à temperatura de $25 \pm 1^\circ C$ e 10mg/litro de Al^{3+} , observou-se que os cultivares IAC-899 e IR-841 foram totalmente sensíveis a essas condições, permanecendo os demais ainda como tolerantes. Quando os cultivares foram testados a 20mg/litro de Al^{3+} , verificou-se que IR-43, IR-45 e IR-8 passaram a mostrar sensibilidade. Todos os cultivares apresentaram sensível diminuição no crescimento de suas raízes após o tratamento com 40mg/litro de Al^{3+} a $25 \pm 1^\circ C$, porém os cultivares CICA-4 e IR-42 foram totalmente sensíveis a essa condição. Entre os cultivares tolerantes a 40mg/litro de Al^{3+} , verificou-se que IAC-435, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce e Blue Bonnet foram os que mostraram maior crescimento de raiz, apesar de não diferirem estatisticamente dos tolerantes a essa concentração de alumínio: IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, Pratão, Dourado Precoce e CICA-8.

Considerando os resultados do experimento à temperatura de $30 \pm 1^\circ C$, e quando foram usadas soluções contendo 10 e 20mg/litro de Al^{3+} , todos os cultivares se apresentaram como tolerantes, porém na solução tratamento

40mg/litro de Al^{3+} , os cultivares Dourado Precoce, CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841 mostraram-se totalmente sensíveis. Entre os cultivares tolerantes, destacaram-se IAC-47 e Blue Bonnet, que diferiram pelo teste de Tukey de IAC-1246, IAC-164, Pratão, Pratão Precoce e CICA-8, porém não de IAC-435, IAC-120, IAC-25, IAC-165, Pérola e Batatais.

Pelos resultados obtidos e considerando-se que as soluções nutritivas podem ser de grande importância para o programa de melhoramento genético do arroz, permitindo a separação de plantas tolerantes e sensíveis de uma população segregante, a temperatura de $30 \pm 1^\circ C$ foi mais adequada e conveniente em virtude de ser mantida com maior facilidade nas soluções, principalmente nos meses mais quentes do ano.

Pela figura 1 verifica-se que os cultivares criados pelo Instituto Agrônomo formam o grupo de tolerantes, CICA-8 representa os cultivares moderadamente tolerantes, e os cultivares criados pelo INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (7), nas Filipinas, formam o grupo dos sensíveis. Observa-se, portanto, a necessidade de ser incorporada a tolerância ao alumínio nos cultivares de arroz a serem plantados nas nossas condições (Figura 1).

A tolerância à toxicidade de alumínio é um fator de grande importância para garantir um bom desenvolvimento do sistema radicular do arroz, permitindo a obtenção de água em maior profundidade em condições de seca,

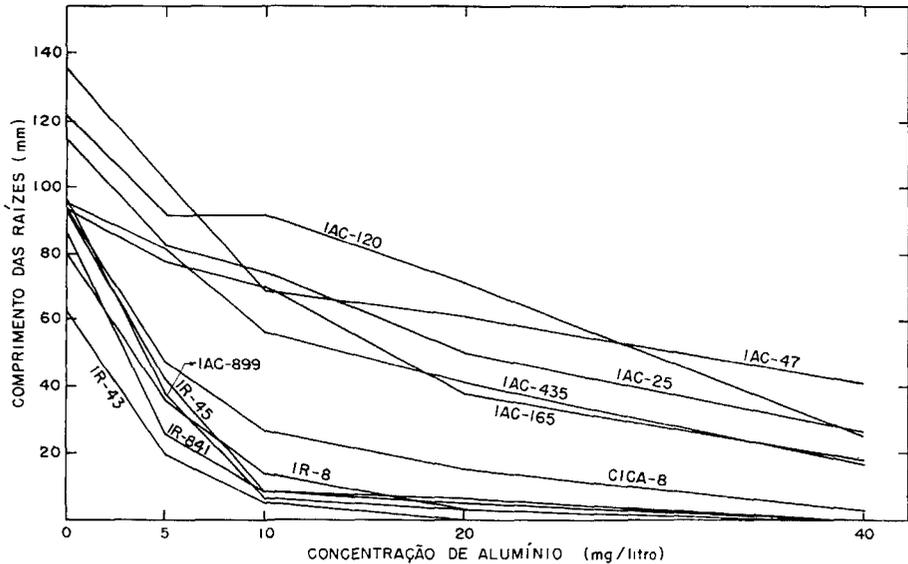


Figura 1 — Crescimento médio das raízes de cultivares de arroz em soluções nutritivas após tratamento com diferentes concentrações de alumínio a 30°C

onde o cultivar sensível não sobreviveria, dada a inibição pelo alumínio do crescimento radicular além da camada superficial do solo que em geral é facilmente corrigida.

4. CONCLUSÕES

a) A técnica empregada para o estudo da reação de cultivares de arroz à toxicidade de alumínio usando soluções nutritivas e em condições de laboratório foi eficiente, possibilitando a separação de cultivares tolerantes e sensíveis em aproximadamente nove dias.

b) Em soluções nutritivas com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, os cultivares IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a 10mg/litro de Al^{3+} ;

IR-43, IR-45 e IR-8, a 20mg/litro de Al^{3+} ; e CICA-4 e IR-42 a 40mg/litro de Al^{3+} ; IAC-435, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce, Blue Bonnet, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, Pratão, Dourado Precoce e CICA-8 foram tolerantes a 40mg/litro de Al^{3+} .

c) Quando foram utilizadas soluções nutritivas a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, todos os cultivares de arroz estudados apresentaram melhor desenvolvimento radicular do que a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, mostrando-se tolerantes a 5, 10 e 20mg/litro de Al^{3+} . Com a concentração de 40mg/litro de Al^{3+} , os cultivares Dourado Precoce, CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841 foram sensíveis; IAC-47, Blue Bonnet, IAC-1246, IAC-164, Pra-

tão, Pratão Precoce, CICA-8, IAC-435, IAC-120, IAC-25, IAC-165, Pérola e Batatais, tolerantes.

d) A presença do alumínio nas soluções nutritivas foi prejudicial a todos os cultivares tolerantes e sensíveis.

e) Os dados obtidos permitiram classificar os cultivares estu-

dados nas seguintes classes de tolerância ao alumínio: **tolerantes:** IAC-435, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce, Blue Bonnet; **moderadamente tolerantes:** Pratão, Dourado Precoce e CICA-8, e **sensíveis:** CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841.

SUMMARY

RICE CULTIVARS TOLERANCE TO DIFFERENT LEVELS OF ALUMINUM IN NUTRIENT SOLUTION

Twenty two rice cultivars were studied in nutrient solution in relation to their tolerance to aluminum toxicity, at temperature of $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and $30 \pm 1^\circ\text{C}$ using five different aluminum levels in 8.3 liter pots with 330 seedlings/pot, under controlled growth conditions.

The tolerance was measured taking into account the root growth in an aluminum-free complete nutrient solution after a previous aluminum treatment.

With an excessive amount of Al^{3+} , the primary roots did not grow at all and remained thickened at the tip, showing a typical aluminum injury.

In nutrient solutions at a temperature of $25 \pm 1^\circ\text{C}$ the rice cultivars IAC-899 and IR-841 were sensitive to the Al^{3+} concentration of 10mg/l of Al^{3+} ; IR-43, IR-45 and IR-8 were sensitive to 20mg/l and the cultivars IR-42 and CICA-4 were sensitive to 40mg/l; IAC-435, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce, Blue Bonnet, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, Pratão, Dourado Precoce and CICA-8 showed tolerance to 40mg/l.

In nutrient solutions at a temperature of $30 \pm 1^\circ\text{C}$ all cultivars presented tolerance to the Al^{3+} concentrations of 5, 10 and 20mg/l of Al^{3+} . The cultivars Dourado Precoce, CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 and IR-841 were sensitive to 40mg/l of Al^{3+} . Under the same conditions the following cultivars were considered tolerant to aluminum concentration of 40mg/l: IAC-47, Blue Bonnet, IAC-1246, IAC-164, Pratão, Pratão Precoce, CICA-8, IAC-435, IAC-120, IAC-25, IAC-165, Pérola and Batatais.

The rice cultivars under study were ranked into classes of aluminum tolerance: tolerant: IAC-435, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce, Blue Bonnet; moderately tolerant: Pratão, Dourado Precoce and CICA-8; and sensitive: CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 and IR-841.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BROWN, J. C.; AMBLER, J. E.; CHANEY, R. L.; FOY, C. D. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDONO, P. M.; LINDSAY, W. L., eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Wisc., 1972. p. 389-413.
2. CAMARGO, C. E. O. Efeito da temperatura da solução nutritiva na tolerância ao alumínio de cultivares de trigo. *Bragantia*, Campinas, 42:51-64, 1983.

3. 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.
4. CABELL, L. G. & LAFEVER, H. N. Heritability and gene effects for aluminum tolerance in wheat. In: *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM*, 5., New Delhi, India, 1978. p. 963-977.
5. FAGERIA, N. K. & ZIMMERMANN, F. J. P. Seleção de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de alumínio em solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, **14**(2):141-147, 1979.
6. FOY, C. D.; ARMIGER, W. H.; BRIGGLE, L. N.; REID, D. A. Differential aluminum tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. *Agronomy Journal*, **57**:413-417, 1965.
7. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Annual report for 1979. 1980. p. 85-104.
8. MARTINEZ, C. Aluminum toxicity studies in rice (*Oryza sativa* L.) Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1977. 113f. (Tese de Doutorado)
9. MOORE, D. P.; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: *PROCEEDINGS OF WORKSHOP ON PLANT ADAPTATIONS TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS*. Beltsville, Maryland, 1976. p.287-295.
10. PONNAMPERUMA, F. N. Varietal resistance to adverse chemical environments of upland rice soils. In: *MAJOR Research in Upland Rice*. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute, 1975.
11. STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York. Mc Graw-Hill Inc. 1960. 481p.
12. TANAKA, A. & YOSHIDA, S. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute, 1970. 51p. (Technical Bulletin, 10)