

DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA NA TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE ARROZ ⁽¹⁾

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

RESUMO

Foram estudados onze cultivares de arroz em soluções nutritivas contendo seis níveis de alumínio (0, 10, 20, 30, 40 e 50mg/litro) mantendo-se constante a temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e o pH das soluções igual a 4,0. A tolerância foi medida pelo comprimento médio da raiz primária central, peso seco total das folhas e das raízes de vinte plantas após serem cultivadas durante dez dias em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de alumínio. A presença de qualquer das doses de alumínio foi prejudicial a todos os cultivares estudados. Os cultivares IR-8, IR-841 e IAC-809 foram sensíveis quando se empregaram 10mg/litro de Al^{3+} nas soluções, ao passo que os cultivares IAC-435, IAC-120, IAC-165, IAC-164, Pérola, Blue Bonnet, IAC-47 e IAC-25 mostraram-se tolerantes, mantendo essa tolerância mesmo quando se empregaram 20mg/litro de Al^{3+} nas soluções. Todos os cultivares foram sensíveis quando foi aplicada a quantidade de alumínio equivalente a uma concentração de 50mg/litro. Os teores de alumínio em partes por milhão aumentaram e os teores de Ca, Mg e K diminuíram na matéria seca da parte aérea de todos os cultivares à medida que se aumentaram as concentrações de Al nas soluções nutritivas.

1. INTRODUÇÃO

Muitas das variedades desenvolvidas pelo Instituto Internacional de Pesquisas de Arroz (IRRI), localizado nas Filipinas, foram selecionadas

(1) Recebido para publicação a 10 de setembro de 1983.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

em solos relativamente férteis, expressando, portanto, o seu potencial produtivo em, no máximo, 25 a 30% da área cultivada com arroz no mundo (5).

Na realidade, milhões de hectares cultivados nos trópicos são representados por solos ácidos, sendo, nessas condições, a toxicidade causada pela presença do alumínio uma das principais causas da baixa produtividade do arroz e outras culturas. A obtenção de cultivares portadores de tolerância ao alumínio é de alto interesse nos diferentes programas de melhoramento dessas regiões (5).

Os cultivares de arroz IR-20, IR-1514A-E666, IR-1514A-E597 e Peta foram considerados sensíveis à toxicidade de alumínio quando se empregou um solo cujo pH foi diminuído para 4,0 a 4,3 pela adição de flor de enxofre. No mesmo experimento (1), os cultivares IR-442-2-58, IR-712-23-2, IR-665-8-3 e IR-1561-228-3 foram moderadamente sensíveis e IR-24, IR-1008-14-1, M-1-48, Monolaya e C-22-51, tolerantes.

Um método rápido para a identificação de plantas tolerantes ao alumínio (5) e de fácil reprodução, baseado na paralisação irreversível do meristema das raízes primárias do arroz no estágio de plântula, utilizando-se solução nutritiva, permitiu classificar os cultivares de arroz Monolaya e Blue Bonnet como tolerantes e, Colombia-1, CICA-4, IR-5, IR-8 e IR-665-23-3-1, como sensíveis. Empregando o mesmo método, CAMARGO et alii (2) classificaram os cultivares de arroz IAC-435, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratao Precoce e Blue Bonnet como tolerantes; Pratao, Dourado Precoce e CICA-8, como moderadamente tolerantes, e CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841, como sensíveis.

Como o método desenvolvido na Universidade Estadual de Oregon e utilizado por MARTINEZ (5) e CAMARGO et alii (2) exige duas medições das raízes primárias do arroz, devido ser a tolerância ao Al baseada no crescimento das raízes em solução nutritiva completa após a influência prejudicial do alumínio nas soluções de tratamento, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um método mais simples visando ao estudo da tolerância de cultivares de arroz a diferentes concentrações de Al em soluções nutritivas, dispensando uma das medições.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes dos onze cultivares estudados: IAC-25, IAC-120, IAC-164, IAC-165, Pérola, Blue Bonnet, IAC-47, IAC-899, IR-8, IR-841 e IAC-435 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 vinte sementes uniformes de cada cultivar e colocadas sobre o topo de seis telas de náilon. Cada uma das telas contendo

as sementes dos onze cultivares foi colocada em contato com a solução nutritiva completa existente em seis vasilhas plásticas de 8,30 litros de capacidade cada uma.

A composição da solução nutritiva completa foi a seguinte: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4mM; MgSO_4 2mM; KNO_3 4mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,435mM; KH_2PO_4 0,5mM; MnSO_4 2,0 μ M; CuSO_4 0,3 μ M; ZnSO_4 0,8 μ M; NaCl 30 μ M; Fe-CYDTA 10 μ M; Na_2MoO_4 0,1 μ M e H_3BO_3 10 μ M. O nível da solução nas vasilhas plásticas tocava na parte inferior da tela de náilon de maneira que as sementes foram mantidas úmidas e as radículas emergentes tinham um pronto suprimento de nutrientes. O pH da solução foi previamente ajustado para 4,0 com solução de H_2SO_4 1N. As soluções foram continuamente arejadas e as vasilhas plásticas que as continham, colocadas em banho-maria a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ dentro do laboratório. O experimento foi mantido com luz artificial em sua totalidade.

As plantas desenvolveram-se nessas condições por 48 horas. Após esse período, cada uma das seis telas de náilon contendo as vinte plântulas dos onze cultivares foi transferida para vasilha plástica, contendo, nas suas soluções tratamentos, respectivamente, 0, 10, 20, 30, 40 e 50mg/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 e o ferro foi adicionado em quantidade equivalente como FeCl_3 no lugar de Fe-CYDTA , como foi descrito por MOORE et alii (6). O fósforo foi omitido para evitar a possível precipitação do alumínio. Antes da transferência das telas para as soluções tratamentos, foram colocadas as necessárias quantidades de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ e o pH foi ajustado para 4,0 com solução H_2SO_4 1N, evitando-se adicionar solução de NaOH 1N, que poderia causar a precipitação do alumínio pelo menos no local de queda da gota.

As plantas desenvolveram nas soluções tratamentos durante dez dias, sendo que o pH das soluções foi mantido o mais próximo possível de 4,0, com ajustamentos diários.

Decorrido esse período, as plântulas foram retiradas das soluções tratamentos, determinando-se o crescimento da raiz primária de cada uma, medindo-se em milímetros seu comprimento. Após, foram separadas as raízes das partes aéreas das plântulas de cada cultivar submetido a crescimento em soluções contendo diferentes concentrações de alumínio. As raízes e as folhas de cada tratamento foram colocadas para secar em estufa com temperatura de 45°C por cinco dias. No final desse período, foi determinado o peso seco das raízes e das folhas das vinte plântulas. As folhas secas foram analisadas quimicamente segundo o método de BATAGLIA et alii (2) visando à obtenção dos teores de Ca, Mg, K e Al.

O delineamento estatístico empregado foi de parcelas subdivididas, com duas repetições, onde as parcelas foram compostas pelas seis dife-

rentes concentrações de alumínio e as subparcelas, pelos onze cultivares de arroz estudados.

Os dados de crescimento das raízes foram analisados estatisticamente, considerando-se a média das vinte plântulas de cada cultivar após a influência prejudicial do alumínio nas diferentes soluções. A comparação entre as médias de crescimento da raiz dos onze 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 (7).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento médio das raízes dos onze cultivares de arroz, após dez dias de crescimento em soluções nutritivas contendo seis diferentes níveis de Al^{3+} e mantendo-se a temperatura de $30 \pm 1^\circ C$, encontra-se no quadro 1 e na figura 1. Nas figuras 2 e 3, acham-se ilustrados os crescimentos das raízes dos cultivares IAC-164 e IAC-899, respectivamente, cultivados em soluções nutritivas contendo 0, 20 e 40mg/litro de Al^{3+} .

Os resultados da análise estatística deste experimento são apresentados no quadro 2. Verificaram-se, pelo teste F, efeitos altamente significativos para concentrações de alumínio, cultivares e interação cultivares x concentrações de alumínio, quando foram estudados os dados de comprimento das raízes.

Comparando as médias dos diferentes cultivares estudados com 0mg/litro de alumínio na solução tratamento, verificaram-se diferenças significativas no comprimento das raízes, sendo que os cultivares IAC-47, IAC-25, IAC-120, IAC-164, IAC-165, IAC-435, Pérola e Blue Bonnet, de porte alto, diferiram significativamente dos cultivares IAC-899, IR-8 e IR-841, de porte baixo, mostrando que os últimos, comparados com os demais, apresentam menor crescimento das raízes em soluções nutritivas, mesmo com ausência de Al^{3+} , sendo, portanto, essa uma característica específica desses genótipos.

Quando foram utilizadas soluções tratamentos contendo 10mg/litro de Al^{3+} , verificou-se que todos os cultivares apresentaram redução no comprimento médio das raízes. Nessas condições, o 'IAC-120' apresentou maior crescimento das raízes, diferindo, pelo teste de Tukey ao nível de 5%, dos cultivares Blue Bonnet, IR-8, IR-841, IAC-47 e IAC-899, não diferindo, porém, dos demais cultivares estudados. Os cultivares IR-8, IAC-899 e IR-841 não diferiram entre si e foram os que apresentaram maior sensibilidade à presença de 10mg/litro de Al^{3+} nas soluções, diferindo significativamente dos cultivares Pérola, Blue Bonnet, IAC-25, IAC-47, IAC-120, IAC-165, IAC-164 e IAC-435.

Nas soluções contendo 20 e 30mg/litro de Al^{3+} , o cultivar IAC-25 foi o que apresentou maior crescimento das raízes, diferindo estatisticamente, porém, somente dos cultivares IR-8, IAC-899 e IR-841.

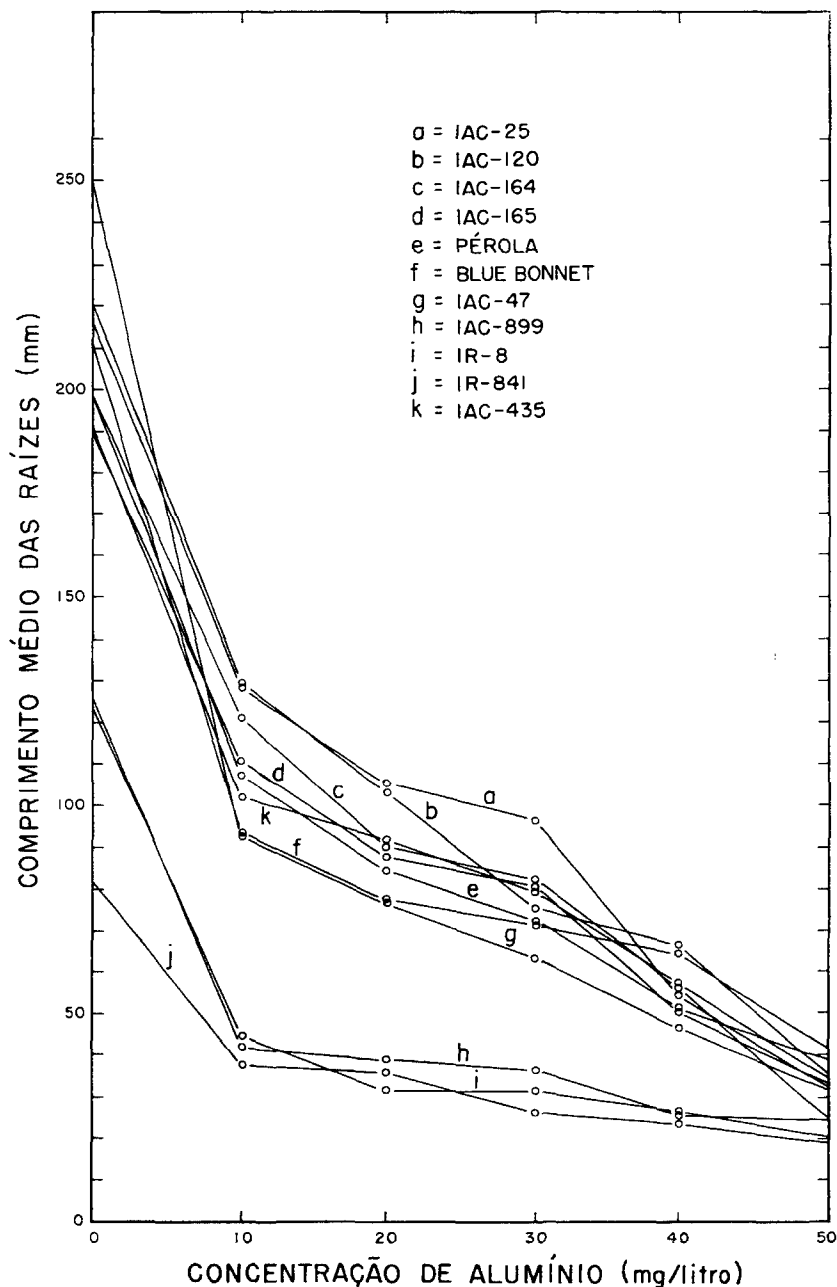


FIGURA 1 — Comprimento médio das raízes de onze cultivares de arroz medidos após dez dias de crescimento em soluções nutritivas contendo seis diferentes concentrações de alumínio, à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$.

QUADRO 1. Comprimento médio das raízes de onze cultivares de arroz medidos após dez dias de crescimento em soluções nutritivas contendo seis diferentes concentrações de alumínio, à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$

Cultivar	Concentração de alumínio (mg/litro)											
	0		10		20		30		40		50	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Pérola	198,2	507	107,3	274	84,7	217	72,2	186	51,0	130	39,1	100
Blue Bonnet	211,3	510	93,4	226	77,5	187	71,7	173	64,3	155	41,4	100
IR-8	123,7	600	44,2	215	31,1	151	31,4	152	26,9	131	20,9	100
IR-841	81,6	416	37,5	191	35,4	180	26,8	135	23,1	118	19,6	100
IAC-25	215,9	666	128,8	398	105,4	325	96,4	298	54,4	168	32,4	100
IAC-47	249,8	766	93,0	285	76,0	233	63,8	196	46,1	141	32,6	100
IAC-120	220,2	619	129,2	363	103,0	289	75,8	213	66,2	186	35,6	100
IAC-164	199,4	798	121,8	487	90,5	362	82,1	328	56,6	226	25,0	100
IAC-165	189,9	564	110,6	328	87,3	259	80,0	237	50,5	150	33,7	100
IAC-435	191,6	546	101,5	289	91,3	260	79,3	226	57,1	163	35,1	100
IAC-899	126,4	510	42,0	169	39,0	157	36,2	146	26,6	107	24,8	100
d.m.s. (1)	34,2											
d.m.s. (2)	38,7											

(1) Diferença mínima significativa ao nível de 5% segundo Tukey 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% segundo Tukey para a comparação de um mesmo cultivar de arroz nas diferentes concentrações de alumínio.



FIGURA 2. Sistema radicular do cultivar IAC-164 após dez dias de crescimento em soluções nutritivas contendo 0, 20 e 40mg/litro de alumínio, empregando-se a temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$.



FIGURA 3. Sistema radicular do cultivar IAC-899 após dez dias de crescimento em soluções nutritivas contendo 0, 20 e 40mg/litro de alumínio, empregando-se a temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$.

QUADRO 2. Análise da variância para crescimento da raiz de onze cultivares de arroz testados durante dez dias em soluções contendo seis diferentes concentrações de alumínio, empregando-se a temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$

Causas de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	1	779,64
Concentrações de Al^{3+}	5	63088,15**
Erro I	5	563,72
Cultivares	10	7435,34**
Cultivares x Concentrações de Al^{3+}	50	628,20**
Erro II	60	104,74
Total	131	

** Efeitos significativos ao nível de 1% pelo teste F.

Os cultivares de arroz IAC-120 e Blue Bonnet apresentaram raízes mais compridas quando se adicionaram 40mg/litro de Al^{3+} nas soluções tratamentos, diferindo pelo teste de Tukey ao nível de 5% dos cultivares IR-8, IAC-899 e IR-841, que, por sua vez, não diferiram dos cultivares IAC-25, IAC-47, IAC-165, IAC-164, IAC-435 e Pérola.

Considerando as soluções tratamentos com 50mg/litro de Al^{3+} , verificou-se que não ocorreram diferenças significativas entre os cultivares estudados quanto ao comprimento das raízes.

A diferença mínima significativa para a comparação dos comprimentos das raízes de um mesmo cultivar submetido a crescimento em seis diferentes soluções tratamentos contendo Al^{3+} foi 38,7mm. Comparando os comprimentos das raízes dos cultivares estudados quando submetidos a 10mg/litro de Al^{3+} e a 50mg/litro de Al^{3+} , verificou-se que todos tiveram reduzidos os seus comprimentos, porém o comprimento das raízes dos cultivares IR-8, IAC-899 e IR-841 a 10mg/litro não diferiu daqueles observados a 50mg/litro, ao passo que foram encontradas diferenças significativas pela mesma comparação, para os outros cultivares. Logo, os resultados apresentados sugerem que os cultivares IR-8, IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a 10mg/litro de Al^{3+} e que os cultivares Pérola, Blue Bonnet, IAC-25, IAC-47, IAC-120, IAC-164, IAC-165 e IAC-435 foram tolerantes, mesmo com teores de até 30mg/litro de Al^{3+} nas soluções. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por CAMARGO et alii (3), MARTINEZ (5) e KONZAK et alii (4), e foram obtidos por um método mais simples onde somente uma medição de comprimento da raiz foi necessária.

Os pesos secos das raízes, das partes aéreas e totais de vinte plântulas de cada um dos cultivares estudados em soluções nutritivas contendo 0, 10 e 50mg/litro de Al^{3+} , encontram-se no quadro 3. Verifica-se que o peso seco total e o das partes aéreas dos cultivares de arroz estudados tenderam a diminuir quando se adicionaram 50mg/litro de Al^{3+} quando comparados com 0mg/litro de Al^{3+} , apesar de alguns cultivares mostrarem um peso maior quando se consideraram as soluções contendo 10mg/litro de Al^{3+} .

Considerando que o efeito primário do Al é a inibição do crescimento das raízes, que se tornam curtas e grossas, constatou-se que o peso seco das raízes dos cultivares Pérola, IAC-25, IAC-165 e IAC-435, mesmo apresentando raízes mais curtas em soluções com 50mg/litro de Al^{3+} , mostraram um peso seco das raízes nessas condições maior do que quando comparados com o peso seco em soluções sem alumínio. Os cultivares sensíveis ao alumínio, tais como IR-8, IAC-899 e IR-841, apresentaram peso seco das raízes decrescendo à medida que foram aumentadas as concentrações de alumínio das soluções. O mesmo resultado foi obtido para os cultivares tolerantes Blue Bonnet, IAC-47, IAC-120 e IAC-164.

No quadro 4, encontram-se as concentrações de Ca, Mg e K (%) determinadas nas folhas dos onze cultivares de arroz submetidos a crescimento durante dez dias em soluções nutritivas contendo 0, 10 e 50mg/litro de Al^{3+} e as concentrações de Al (ppm) dos mesmos cultivares estudados em soluções apresentando os teores de 10 e 50mg/litro de Al^{3+} .

Os teores de alumínio aumentaram nas folhas em todos os cultivares à medida que foram aumentados os teores de Al^{3+} de 10 para 50mg/litro nas soluções.

QUADRO 3. Peso seco total, peso seco das folhas e das raízes de onze cultivares de arroz medidos após dez dias de crescimento em soluções nutritivas contendo três diferentes concentrações de Al^{3+}

Cultivares	Peso seco das folhas (20 plantas)			Peso seco das raízes (20 plantas)			Peso seco total (20 plantas)		
	0 Al^{3+}	10 Al^{3+}	50 Al^{3+}	0 Al^{3+}	10 Al^{3+}	50 Al^{3+}	0 Al^{3+}	10 Al^{3+}	50 Al^{3+}
	Pérola	434	414	314	140	166	173	574	580
Blue Bonnet	249	262	220	135	83	80	384	345	300
IR-8	375	313	254	130	121	73	505	434	327
IR-841	274	280	227	80	67	60	354	347	287
IAC-25	540	470	400	147	176	160	687	646	560
IAC-47	474	447	401	166	166	123	640	613	524
IAC-120	367	395	334	120	174	113	487	569	447
IAC-164	472	456	420	172	159	140	644	615	560
IAC-165	445	447	393	126	173	134	573	620	527
IAC-435	408	372	349	125	164	135	533	536	484
IAC-899	327	260	214	80	80	48	407	340	262

QUADRO 4. Concentração de elementos nas folhas (1) de onze cultivares de arroz após dez dias em soluções nutritivas contendo três diferentes concentrações de alumínio (0, 10 e 50mg/litro)

Cultivares	Ca			Mg			K			Al		
	0 Al ³⁺	10 Al ³⁺	50 Al ³⁺	0 Al ³⁺	10 Al ³⁺	50 Al ³⁺	0 Al ³⁺	10 Al ³⁺	50 Al ³⁺	0 Al ³⁺	10 Al ³⁺	50 Al ³⁺
	%			%			%			ppm		
Pérola	2,98	0,58	0,43	5,08	2,56	1,24	3,46	3,43	3,26	264	264	426
Blue Bonnet	2,81	1,47	1,08	5,35	2,47	1,95	3,10	3,10	3,02	514	514	688
IR-8	3,77	2,24	2,74	7,07	2,67	1,17	3,96	4,11	3,02	360	360	764
IAC-841	5,05	1,09	1,29	4,77	2,26	2,18	5,44	3,68	2,63	293	293	683
IAC-25	3,73	1,57	1,51	5,74	2,26	1,85	3,56	3,84	3,20	305	305	589
IAC-47	4,47	2,15	1,46	5,48	2,20	1,79	3,59	3,97	3,30	369	369	632
IAC-120	4,69	2,28	2,19	6,61	2,17	2,00	3,65	3,41	3,97	243	243	304
IAC-164	3,29	1,41	1,75	5,32	2,38	2,04	3,94	3,82	3,78	365	365	608
IAC-165	3,65	2,23	1,30	5,65	2,17	1,60	4,16	4,06	3,36	283	283	475
IAC-435	4,31	1,82	0,96	6,05	2,41	1,90	3,46	3,93	4,37	356	356	614
IAC-899	4,10	2,13	2,74	4,72	2,28	2,42	3,77	3,55	3,43	381	381	542

(1) Análise efetuada na Seção de Química Analítica, Instituto Agrônomico.

Foi observado que os teores de Ca, K e Mg diminuíram nas partes aéreas em todos os cultivares estudados à medida que foram aumentados os teores de Al^{3+} de 0 a 50mg/litro nas soluções.

4. CONCLUSÕES

a) A técnica empregada para o estudo de cultivares de arroz a crescentes concentrações de alumínio em soluções nutritivas foi eficiente, possibilitando a separação de cultivares tolerantes e sensíveis, em dez dias, através de uma única medida do comprimento das raízes das plântulas estudadas.

b) Os cultivares IR-8, IAC-899 e IR-841 foram sensíveis quando se empregaram 10mg/litro de Al^{3+} nas soluções, ao passo que os cultivares IAC-435, IAC-120, IAC-164, IAC-165, IAC-25, IAC-47, Pérola e Blue Bonnet mostraram tolerância a essa concentração, mantendo-se tolerantes mesmo quando se empregaram 20mg/litro de Al^{3+} . Todos os cultivares foram sensíveis quando foi aplicada a quantidade de alumínio na solução equivalente a uma concentração de 50mg/litro.

c) Os teores de Al aumentaram e os de Ca, Mg e K diminuíram na matéria seca da parte aérea de todos os cultivares, à medida que se aumentaram as concentrações de Al nas soluções nutritivas.

SUMMARY

EFFECT OF DIFFERENT ALUMINUM CONCENTRATIONS IN NUTRIENT SOLUTION ON THE TOLERANCE OF RICE CULTIVARS

Eleven rice cultivars were studied in relation to aluminum toxicity using six different levels of this element (0, 10, 20, 30, 40 and 50mg/l) in nutrient solution under constant temperature ($30 \pm 1^\circ C$) and $pH = 4.0$. Plant tolerance was measured taking into account the central primary root length and the total leaf and root dry weight. The presence of aluminum in the solution produced harmful effects on all rice cultivars studied. The rice cultivars IR-8, IR-841 and IAC-899 were sensitive when it was added 10mg/l of Al^{3+} into the solution and the cultivars IAC-435, IAC-120, Pérola, Blue Bonnet, IAC-164, IAC-25, IAC-165 and IAC-47 showed tolerance to this Al concentration. The last cultivars presented tolerance even with 20mg/l of Al^{3+} in the solution. All cultivars were sensitive with 50mg/l of Al in the solution. The aluminum concentration increased and the Ca, Mg and K concentrations decreased in the leaf dry matter, for all cultivars under study, as aluminum concentration in nutrient solutions increased from 0 to 50mg/l.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALUMINUM toxicity in upland soils. In: ANNUAL REPORT FOR 1973. Los Baños-Philippines, The International Rice Research Institute, 1974. p.103.
2. BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.O.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1978. 31p. (Circular 87)

3. CAMARGO, C.E.O.; CAMARGO, O.B.A.; SOUZA, D.M. Tolerância de cultivares de arroz a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **42**:191-201, 1983.
4. KONZAK, C.F.; POLLE, E.; KITTRICK, J.A. Screening several crops for aluminum tolerance. In: WRIGHT, Madison J., ed. Workshop on Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils, Beltsville, Maryland, 1976. Proceedings. Ithaca, Cornell University, 1976. p.311-327.
5. MARTINEZ, C. Aluminum toxicity studies in rice (*Oryza sativa* L.). Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1977. 113p. Tese de Doutorado.
6. MOORE, D.P.; KRONSTAD, W.E.; METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: WRIGHT, Madison J., ed. Workshop on Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils, Beltsville, Maryland, 1976. Proceedings. Ithaca, Cornell University, 1976. p.287-295.
7. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481p.