

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE ARROZ A DOIS NÍVEIS DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS CONTENDO DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SAIS ⁽¹⁾

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2). *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônomico.*

RESUMO

Foi estudado o comportamento diferencial de seis cultivares de arroz em soluções nutritivas contendo dois níveis de alumínio (20 e 40mg/litro) combinados com quatro diferentes concentrações salinas. A tolerância ao excesso de Al foi medida pelo comprimento médio das raízes e pelo peso da matéria seca da parte aérea dos cultivares avaliados após dez dias de crescimento em solução nutritiva contendo uma concentração calculada de sais e de alumínio. Os cultivares IAC-120, IAC-435, IAC-164 e IAC-165 foram tolerantes a 20mg/litro de Al^{3+} , independente da concentração salina das soluções, e IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a essa concentração de alumínio quando a concentração salina foi diluída para um quinto e um décimo da solução nutritiva completa. Os cultivares IAC-120, IAC-435, IAC-164 e IAC-165 foram mais tolerantes a 40mg/litro de Al^{3+} quando se empregaram soluções salinas mais concentradas, mostrando, porém, menor tolerância a essa concentração de Al^{3+} nas soluções salinas com um décimo da concentração da nutritiva completa. Os cultivares IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a 40mg/litro de Al^{3+} , mesmo com soluções salinas mais concentradas, e aumentaram essa sensibilidade à medida que as concentrações salinas das soluções se tornaram mais diluídas. Os sintomas de toxicidade de alumínio em arroz poderiam ser obtidos ou por aumentar a concentração de alumínio ou por diminuir as concentrações de sais da solução nutritiva para todos os cultivares estudados, mantendo-se constante a temperatura de $30 \pm 1^{\circ}C$ e o pH 4,0.

(1) Recebido para publicação a 13 de outubro de 1982.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A presença de alumínio trocável ou solúvel nos solos ácidos tem sido um fator de redução da produtividade dos cereais, em particular da cultura de arroz-de-sequeiro (7).

A aplicação da calagem muitas vezes precipita o alumínio somente nas camadas superiores do solo, permanecendo este elemento tóxico no subsolo (6). Como o efeito da sua toxicidade nas plantas, em especial no arroz, é a redução do crescimento das raízes, tornando as plantas indiretamente mais sensíveis à seca, conclui-se como de grande importância o desenvolvimento de cultivares tolerantes dessa gramínea associados a maior produtividade de grãos por área.

Muitos pesquisadores têm mostrado o valor do emprego das soluções nutritivas visando à identificação de cultivares de arroz com tolerância ao alumínio (2, 5).

CAMARGO et alii (3), estudando 22 cultivares de arroz em soluções nutritivas contendo cinco diferentes concentrações de alumínio, concluíram que os cultivares CICA-4, IR-42, IR-43, IR-45, IR-8, IAC-899, IR-665-4-5-5 e IR-841 foram sensíveis; Pratão, Dourado Precoce e CICA-8, moderadamente tolerantes, e IAC-435, IAC-120, IAC-47, IAC-1246, IAC-25, IAC-165, IAC-164, Pérola, Batatais, Pratão Precoce e Blue Bonnet, os mais tolerantes.

Foi demonstrado em trigo que os sintomas causados pela presença de alumínio em soluções nutritivas poderiam ser evidenciados aumentando-se a concentração desse elemento na solução em níveis constantes de sais ou diminuindo-se a concentração de sais mantendo constante a concentração de alumínio, sugerindo que a tolerância à toxicidade de alumínio seja uma característica muito mais relativa que absoluta (1, 4). Foi demonstrado também que a tolerância ao Al^{3+} em arroz depende, além da concentração de alumínio na solução, da temperatura, do pH, do tempo de duração do ensaio e das variedades utilizadas (2, 3, 7).

O presente trabalho tem por objetivo estudar a tolerância de cultivares de arroz a dois níveis de alumínio em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de sais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os cultivares de arroz estudados foram os seguintes: IAC-164, IAC-165, IAC-120, IAC-435, IAC-899 e IR-841. Suas sementes 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 20 sementes uniformes de cada cultivar e depositadas sobre o topo de 16 telas de náilon que foram colocadas em contato

com a solução nutritiva completa existente em 16 vasilhas plásticas de 8,3 litros de capacidade cada uma.

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

As plantas desenvolveram-se nessas condições por 48 horas. Decorrido esse período, as 16 telas de náilon contendo as 20 plântulas de cada um dos seis cultivares foram transferidas para soluções-tratamentos. Foram feitas duas repetições para cada uma das oito soluções-tratamentos.

A composição das soluções-tratamentos 1 e 2 foi basicamente a mesma da solução completa, exceto que o fósforo foi omitido e, o ferro, adicionado em quantidade equivalente como FeCl_3 no lugar de Fe-CYDTA , segundo MOORE et alii (8). O fósforo foi omitido para evitar a possível precipitação do alumínio como $\text{Al}(\text{OH})_3$. Antes de transferir as telas para as soluções-tratamentos, suficiente H_2SO_4 1N foi adicionado para corrigir o pH para cerca de 4,2, sendo então colocada a necessária quantidade de alumínio como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Cada uma das duas soluções recebeu uma quantidade de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ de modo que contivesse respectivamente 20 e 40 mg/litro de Al. O pH final foi ajustado para 4,0 com H_2SO_4 , evitando-se adicionar KOH , que poderia causar a precipitação do alumínio pelo menos no local de queda da gota.

A composição das soluções-tratamentos 3 e 4 foi basicamente a metade da solução nutritiva completa; a das soluções-tratamentos 5 e 6 foi basicamente um quinto e, a das soluções-tratamentos 7 e 8, um décimo da solução completa. Os demais procedimentos citados para o preparo das soluções-tratamentos 1 e 2 também foram executados para as demais. Todos os cultivares, portanto, foram testados com duas repetições em oito soluções, diferindo uma da outra no teor de alumínio e na concentração de sais.

As plântulas permaneceram crescendo nas soluções-tratamentos por dez dias, quando o pH das soluções foi mantido o mais próximo de 4,0 por ajustamentos diários.

Após esse período, as plantas foram retiradas das soluções-tratamentos, determinando-se o crescimento em milímetro da raiz primária de

cada plântula. As folhas foram separadas das raízes das 20 plântulas de cada cultivar e colocadas para secar em estufa com temperatura de 45°C por cinco dias e, a seguir, foi determinado o peso seco.

O delineamento empregado foi parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas compostas pelas duas diferentes concentrações de alumínio, as subparcelas pelas quatro diferentes concentrações de sais e, as subsubparcelas, pelos seis cultivares estudados.

Os dados foram analisados considerando-se a média do crescimento da raiz das vinte plântulas e o peso seco total da parte aérea das vinte plântulas de cada cultivar após a influência prejudicial do alumínio nas soluções-tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento médio das raízes dos seis cultivares de arroz, medidos após dez dias de crescimento, nas soluções-tratamentos, encontra-se no quadro 1.

Os resultados da análise estatística desse experimento mostraram pelo teste F diferenças altamente significativas para efeitos de concentrações de alumínio, concentrações de sais nas soluções-tratamentos, interação concentrações de alumínio x concentrações de sais, cultivares, interação cultivares x concentrações de alumínio, interação cultivares x concentrações de sais nas soluções-tratamentos e interação cultivares x concentrações de alumínio x concentrações de sais nas soluções-tratamentos.

Considerando as médias dos comprimentos das raízes dos diferentes cultivares estudados a 20mg/litro de Al^{3+} nas soluções-tratamentos, verificou-se que quando foram empregadas a concentração salina da solução nutritiva completa e a metade desta, todos os cultivares foram prejudicados, não havendo uma nítida separação em classes de tolerância. Quando a mesma concentração de Al^{3+} foi colocada na solução-tratamento, porém, com um quinto e um décimo da concentração de sais da solução nutritiva completa, verificou-se que os cultivares IAC-899 e IR-841 foram os mais sensíveis, e os demais tolerantes, apesar de ocorrer um significativo decréscimo no crescimento das raízes dos cultivares considerados tolerantes quando se empregou um décimo da concentração de sais da solução completa, devido a menor proteção das raízes exercida pelos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ contra os efeitos adversos de Al^{3+} (1).

Considerando a dosagem de 40mg/litro de Al, novamente ficou demonstrado que à medida que se diminuiu a concentração salina, o crescimento das raízes dos cultivares também diminuiu. Os cultivares IAC-899 e IR-841 mostraram-se sensíveis quando se empregaram 40mg/litro de Al^{3+} nas soluções, apesar de ser utilizada a mesma concentração

QUADRO 1. Comprimento médio das raízes de seis cultivares de arroz medidos após dez dias de crescimento em soluções-tratamentos contendo duas concentrações de alumínio e quatro concentrações salinas

Cultivares	Concentração de alumínio na solução															
	20mg/litro						40mg/litro									
	Concentração de sais						Concentração de sais									
	1/1	1/2	1/5	1/10	1/1	1/10	1/1	1/2	1/5	1/10	1/1	1/2	1/5	1/10		
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
IAC-164	164,8	100	103,1	63	103,1	63	90,4	55	98,6	60	97,9	59	89,6	54	79,0	48
IAC-165	150,6	100	102,2	68	90,8	60	80,7	54	91,9	61	86,8	58	85,7	57	67,7	45
IAC-120	167,3	100	118,6	71	106,9	64	93,8	56	103,0	62	101,3	61	92,2	55	82,7	49
IAC-435	151,0	100	130,8	87	89,3	59	77,5	51	103,1	68	97,8	65	82,5	55	55,0	36
IAC-899	94,4	100	58,9	62	26,3	28	21,8	23	37,2	39	28,4	30	19,9	21	17,7	19
IR-841	69,8	100	53,9	77	23,2	33	18,4	26	36,2	52	34,2	49	16,6	24	15,2	22

de sais da solução nutritiva completa, porém os cultivares IAC-164, IAC-165, IAC-120 e IAC-435 foram mais tolerantes nessas condições. Na concentração salina de um décimo da solução completa, verificou-se que todos os cultivares estudados mostraram redução no comprimento das raízes, sendo mais acentuada no IR-841 e IAC-899.

A toxicidade devida ao alumínio foi dependente da concentração de íons, aumentando com a diminuição na concentração de nutrientes na solução.

Os pesos secos das partes aéreas das vinte plantas dos seis cultivares estudados após os dez dias de crescimento em soluções-tratamentos contendo duas concentrações de alumínio combinadas com quatro concentrações salinas acham-se no quadro 2.

Os resultados encontrados para os pesos secos das partes aéreas dos cultivares de arroz em estudo estão de acordo com aqueles discutidos quanto ao comprimento das raízes. O comportamento de aumentar os efeitos nocivos do Al^{3+} diminuindo a concentração salina das soluções-tratamentos sugere que a tolerância ao alumínio dos seis cultivares de arroz foi também uma característica muito mais relativa do que absoluta, confirmando as conclusões obtidas por ALI (1) e CAMARGO et alii (4) estudando cultivares de trigo.

4. CONCLUSÕES

1. Os cultivares IAC-120, IAC-435, IAC-164 e IAC-165 foram tolerantes a 20mg/litro de Al^{3+} , independente da concentração salina das soluções estudadas. Os cultivares IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a essa concentração de alumínio quando a concentração salina foi de um quinto e um décimo da solução nutritiva completa.

2. Os cultivares IAC-120, IAC-435, IAC-164 e IAC-165 foram mais tolerantes a 40mg/litro de Al^{3+} quando se empregaram soluções salinas mais concentradas, mostrando, porém, menor tolerância a essa concentração quando se empregaram soluções salinas com um décimo da concentração da solução nutritiva completa. Os cultivares IAC-899 e IR-841 foram sensíveis a 40mg/litro de Al^{3+} mesmo em soluções salinas mais concentradas e aumentaram a sensibilidade à medida que as concentrações salinas das soluções se tornaram mais diluídas.

3. O sintoma de toxicidade de alumínio (redução do crescimento radicular) foi obtido ou por se aumentar a concentração de alumínio ou por se diminuir a concentração de sais da solução nutritiva para todos os cultivares estudados, sugerindo que tolerância à toxicidade de alumínio seja uma característica muito mais relativa do que absoluta.

SUMMARY

INFLUENCE OF DIFFERENT SALT CONCENTRATIONS IN NUTRIENT SOLUTION ON TOLERANCE TO ALUMINUM TOXICITY IN RICE CULTIVARS

The response of six rice cultivars to aluminum toxicity was studied, in nutrient solutions using two different levels of this element (20 and 40 ppm), combined with four different salt concentrations. The tolerance was measured taking into account the root length and leaf dry weight after a growth period of ten days in nutrient solutions with Al^{3+} (20 and 40 ppm) combined with equal, one half, one-fifth and one-tenth of the salt concentration in a complete nutrient solution. The cultivars IAC-120, IAC-435, IAC-164 and IAC-165 were tolerant to 20 ppm of Al^{3+} showing no dependence of salt concentration into the solution. The cultivars IAC-899 and IR-841 were sensitive to this Al concentration when the salt levels into the solution were one-fifth and one-tenth of the complete nutrient solution. The cultivars IAC-120, IAC-435, IAC-164 and IAC-165 presented tolerance to 40 ppm of Al^{3+} when solutions with high salt concentrations were used. These cultivars showed less tolerance to 40mg/l of Al^{3+} when their plants were cultivated in one-tenth salt concentration solution. The cultivars IAC-899 and IR-841 were sensitive to 40 ppm of Al^{3+} and the sensitivity increased as the salt concentration of the solutions decreased. The aluminum toxicity symptoms (reduction of root growth) were dependent on the salt concentration and the amount of aluminum in the treatment solution. For the same level of Al^{3+} the toxicity symptoms increased with a decrease in salt concentrations in the solution for all studied cultivars, when the temperature was $30 \pm 1^\circ C$ and $pH = 4.0$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLI, S.M.E. Influence of cations on aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host). Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1973. 102f. Tese de Doutorado.
2. CAMARGO, C.E.O.; CAMARGO, O.B.A.; SOUZA, D.M. Diferentes concentrações de alumínio em solução nutritiva na tolerância de cultivares de arroz. *Bragantia*, 43(2):357-368, 1984.
3. ———; ———; ———. Tolerância de cultivares de arroz a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, 42:191-201, 1983.
4. ———; OLIVEIRA, O.F.; LAVORENTI, A. Efeitos de diferentes concentrações de sais em solução nutritiva na tolerância de cultivares de trigo à toxicidade de alumínio. *Bragantia*, Campinas, 40:93-101, 1981.
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. MARTINEZ, C. Aluminum toxicity studies in rice (*Oryza sativa* L.). Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1977. 113f. Tese de Doutorado.
8. 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, Beltsvillê, Maryland, 1976. Proceedings. Ithaca, Cornell University, 1976. p.287-295.