

EFEITO DO ALUMÍNIO SOBRE PARÂMETROS DE CRESCIMENTO EM DOIS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.).

Alves, R. M. M.¹; Cambraia, J.²; Cano, M. A. O.²; Oliveira, J. A. de²; Fonseca Jr, E.M.³

1. INTRODUÇÃO

O Al absorvido pelas plantas tende a se acumular preferencialmente nos ápices radiculares (KOCHIAN et al., 2004), região da raiz tida como o principal sítio da ação inibitória do Al (DELHAIZE et al., 1993). Seja pela sua interferência na dinâmica do citoesqueleto, agindo sobre microtúbulos e filamentos de actina (SIVAGURU et al., 1998), seja pela inibição na absorção de Ca (RYAN e KOCHIAN, 1993) a inibição do alongamento radicular induzida por Al constitui um dos primeiros e mais importantes efeitos de cátion nas plantas.

Adicionalmente, o Al interfere com a absorção de macro- e micronutrientes, quer seja pelas injúrias causadas à integridade estrutural da membrana plasmática, quer pela sua interferência na absorção, acúmulo e utilização destes elementos minerais (MENDONÇA et al., 2003), resultando em redução na taxa fotossintética e respiratória e, finalmente, na produção de matéria fresca e seca ou na redução do crescimento absoluto ou relativo da planta.

A tolerância ao Al além de variar com a intensidade e duração do estresse, manifesta-se com intensidade variável dependendo do parâmetro analisado. O presente experimento teve pois como objetivo verificar o efeito do Al sobre alguns parâmetros absolutos e, ou relativos de crescimento, utilizando dois cultivares de arroz com tolerância diferencial ao Al, na tentativa de encontrar melhores indicadores de tolerância ao Al em arroz

2. MATERIAL E MÉTODOS

No experimento foram utilizados dois cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.): Fernandes (CNA-1158) e Maravilha (CNA-6843-1), considerados tolerante e sensível ao Al (FAGERIA et al., 1988), respectivamente, fornecidos pela Embrapa / Arroz e Feijão, em Goiânia, GO.

As sementes, selecionadas quanto ao tamanho e forma, foram tratadas com H₂SO₄ conc. por 1 min, lavadas, tratadas com hipoclorito de sódio 2% (v/v) por 15 min e, em seguida lavadas novamente em água corrente e desmineralizada. Elas foram, então colocadas para germinar em cartuchos de papel “germitest”, pH neutro, mergulhados em solução nutritiva de Clark (CLARK, 1975), pH 4,0, com um

¹ Pesquisador da Embrapa / Amapá.;

² Professores da Universidade Federal de Viçosa (UFV) / Pesquisadores do CNPq (2º e 3º);

³ Bolsista MS / FAPEMIG / UFV (rogerio@cpafap.embrapa.br)

terço da força iônica original. Onze dias após a semeadura, as plântulas foram selecionadas quanto à uniformidade de tamanho e forma, foram medidos os comprimentos da maior raiz e da parte aérea e, então, transplantadas em número de quatro para recipientes de 1,6 L, contendo solução nutritiva de Clark (CLARK, 1975), pH 4,0 e aplicados os tratamentos com Al 0 e 1,0 mM, na forma de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Os pesos da matéria seca de raízes e parte aérea foram determinados em plantas antes da aplicação dos tratamentos. Quatorze dias após o experimento foi encerrado, as plantas foram removidas e o sistema radicular lavado em HCl 0,1 M, em água corrente e, finalmente, em água desmineralizada. Após determinação do comprimento e o material foi colocado para secar em estufa convencional a 70 °C, até obtenção de peso constante, para avaliação da matéria seca, nas duas partes da planta.

Amostras, finamente moídas, foram digeridas em mistura nítrico-perclórica (2:1; v/v) e os extratos minerais utilizados para determinação dos teores de Al, por espectrofotometria de emissão de plasma.

As taxas de crescimento relativo em comprimento (TCR_c) e em massa (TCR_m) foram calculadas com base na equação: $\text{TCR} = (\log \text{MS}_2 - \log \text{MS}_1) / \text{tempo de tratamento}$, em que MS_2 e MS_1 foram os pesos de matéria seca ao final e no início do tratamento.

O cultivo das plantas, tanto na fase preliminar quanto durante a aplicação dos tratamentos, foi sempre realizado em sala de crescimento com temperatura controlada para $25 \pm 1^\circ\text{C}$, sob irradiância de cerca de $230 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fotoperíodo de 16 h, sob arejamento contínuo da solução nutritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo com a aplicação de Al 1 mM durante quatorze dias, os sintomas externos de toxicidade de Al, comuns em outras espécies mais sensíveis, não se manifestaram de modo evidente, mesmo ao final do experimento ou no cultivar Maravilha, considerado sensível ao Al. A única mudança externa, que se pôde perceber visualmente foi a redução no crescimento das plantas do cultivar Maravilha (Quadro 1).

No cultivar Fernandes, não se observou qualquer efeito do Al sobre o comprimento, o peso da matéria seca ou sobre as taxas de crescimento relativo em comprimento (TCR_c) e em massa seca (TCR_m) das duas partes das plantas (Quadro 1). Quanto ao cultivar Maravilha, a exposição das plantas ao Al resultou em reduções de 37 e 24% nos comprimentos, de 41% e 44% nas massas secas, de 64% e 28% nas taxas de alongamento relativo de comprimento e de 44 e 47% nas taxas de crescimento relativo em massa nas raízes e parte aérea, respectivamente.

JUSTINO (2004), trabalhando com os mesmos cultivares de arroz, também, não verificou efeito do Al sobre os comprimentos do sistema radicular e da parte aérea no cultivar Fernandes, enquanto no cultivar Maravilha, como neste experimento, foram observadas reduções. As reduções

observadas por ele no cultivar Maravilha, entretanto, foram menores. Apesar dele ter utilizado tempo de exposição maior (21 dias), os níveis de Al aplicados foram menores, tornando clara a importância

Parâmetros avaliados	Al (mM)	Raízes		Parte aérea	
		Fernandes	Maravilha	Fernandes	Maravilha
<i>mm</i>					
Comprimento	0	344 Aa ¹	266 Ba	419 Aa	33,7 Ba
	1	347 Aa	167 Bb	414 Aa	255 Bb
<i>mg planta⁻¹</i>					
Matéria Seca	0	31,50 Aa	19,70 Ba	100,00 Aa	88,40 Ba
	1	31,60 Aa	11,70 Bb	100,50 Aa	49,50 Bb
<i>mm mm⁻¹ dia⁻¹</i>					
TCR _C ²	0	4,1 Aa	3,6 Ba	6,5 Ba	9,0 Aa
	1	4,1 Aa	2,0 Bb	6,5 Aa	4,8 Bb
<i>mg mg⁻¹ dia⁻¹</i>					
TCR _m ³	0	0,08 Ba	0,11 Aa	0,24 Ba	0,29 Aa
	1	0,09 Aa	0,04 Bb	0,24 Aa	0,21 Bb
<i>µg g⁻¹ matéria seca</i>					
Teor de Al	0	365,3Bb	542,4Ab	78,7Bb	90,8Ab
	1	932,2Aa	854,5Ba	86,6Ba	106,7Aa

da definição da relação tempo de tratamento e níveis de Al aplicado no estabelecimento de parâmetros de crescimento para a discriminação de tolerância a este cátion.

Quadro 1 - Efeito do alumínio sobre alguns parâmetros de crescimento e sobre os teores de Al em dois cultivares de arroz, após quatorze dias de cultivo.

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre tratamentos para cada cultivar e pela mesma letra maiúscula entre cultivares para o mesmo tratamento, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

²TCR_C: taxa de crescimento relativo com base no aumento em comprimento.

³TCR_m: taxa de crescimento relativo com base no aumento de massa seca

JAN et al. (2001), avaliando a produção de matéria seca em dois cultivares de arroz de sequeiro, BG35 (tolerante) e IR45 (sensível) encontraram resultados semelhantes aos obtidos neste

experimento, com redução de 50% no acúmulo de matéria seca apenas no genótipo sensível. VASCONCELOS et al. (2002) avaliando em cultivares de arroz de sequeiro: Comum Branco (tolerante ao Al) e irrigado: IAC 899 (sensível ao Al) algumas variáveis morfológicas, como o comprimento máximo radicular, área radicular e foliar, massa seca de raízes e parte aérea, concluíram que apenas os parâmetros morfológicos ligados ao sistema radicular possibilitavam a observação de tolerância diferencial entre os cultivares. Concluíram ainda ser o alongamento radicular relativo a melhor forma de se avaliar a resposta de cultivares de arroz aos tratamentos com Al. Ao contrário destes autores, no presente experimento, todos os parâmetros de crescimento avaliados evidenciam claramente as respostas diferenciais dos cultivares de arroz utilizados, corroborando relatos anteriores, que descreviam os cultivares Fernandes (CNA-1158), como tolerante, e o Maravilha (CNA-6843-1), como sensível ao Al (FAGERIA et al. 1988; MENDONÇA et al. 2003, JUSTINO, 2004). É verdade, entretanto, que os danos causados pelo Al foram sempre mais intensos no sistema radicular, conforme é sugerido por vários autores (KOCHIAN et al. 2004).

Os teores de Al aumentaram nas diferentes partes das plantas dos dois cultivares de arroz quando expostas ao Al, especialmente nas raízes (Quadro 1). Nas raízes das plantas tratadas com Al, o cultivar Fernandes apresentou 8% mais Al que o cultivar Maravilha. Na parte aérea, entretanto, o cultivar Maravilha apresentou um teor de Al 32% mais elevado que o cultivar Fernandes. O teor de Al nas raízes, portanto, parece não ser um bom indicador da tolerância ao Al. Provavelmente, parte significativa do Al nesta parte da planta pode estar no apoplasto ou compartimentalizada em vacúolos (KOCHIAN et al., 2004) não prejudicando o metabolismo vegetal, especialmente no cultivar Fernandes. Na parte aérea, entretanto, parece existir boa correlação entre o teor de Al e os seus efeitos sobre o metabolismo, principalmente no cultivar Maravilha.

No presente experimento, mesmo na ausência de Al, as raízes dos dois cultivares apresentaram teores significativos de Al. Como as sementes destes cultivares de arroz são originadas da EMBRAPA-Centro Nacional de Arroz e Feijão, localizado no estado de Goiás, em pleno Cerrado brasileiro, grande parte deste elemento, provavelmente, já estava originalmente presente em suas reservas embrionárias, conservando-se substancialmente nas raízes.

Os parâmetros de crescimento avaliados, para o tempo de exposição e os níveis de Al aplicados, se mostraram promissores para indicar e para separar os cultivares de arroz quanto à tolerância ao Al, antes do aparecimento de sintomas visíveis de toxidez de Al.

4. CONCLUSÕES

A utilização de parâmetros de crescimento, morfológicos ou fisiológicos, para discriminação de cultivares quanto à tolerância ao Al, mesmo quando se trata de culturas tolerantes a este cátion, deve passar por um estudo da relação tempo de tratamento e níveis de Al aplicado.

Nas condições do estudo realizado os parâmetros de crescimento: comprimento, produção de matéria seca ou taxas de crescimento relativo de comprimento ou de produção de matéria seca das duas partes da planta, mas principalmente das raízes se mostraram adequados para discriminar cultivares de arroz quanto à tolerância ao Al.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLARK, R.B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, p. 458 – 460. 1975.
- DELHAIZE, E.; CRAIG, S.; BEATON, C.D.; BENNET R.J.; JAGADISH, V.C.; RANDALL, P.J. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L) I. Uptake and distribution of aluminum in root apices. **Plant Physiology**, v. 103, p. 685 – 693., 1993.
- FAGERIA, N.K., WRIGHT, R.J., BALIGAR, V.C. Rice cultivars response to aluminum in nutrient solution. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1133 – 1142. 1988.
- GANESAN, K; SANKARANARYANAN, C., BALAKUMAR, T. Physiological basis of differential aluminum tolerance in rice genotypes. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 24, p. 2179 – 2191. 1993.
- JAN, F.; YAMASHITA, K.; MATSUMOTO, H.; MAEDA, M. Protein and peroxidase changes in various root-cell fractions of two upland rice cultivars differing in Al tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 46, p. 141 – 146. 2001.
- JUSTINO, G. C. **Efeito do alumínio sobre a absorção e a redução de nitrato em dois cultivares de arroz**. 2004. 34f. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal), UFV, Viçosa, MG. 2004.
- KOCHIAN, L.V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459 – 493., 2004.
- MENDONÇA, R.J.; CAMBRAIA, J.; OLIVEIRA, J.A.; OLIVA, M.A. Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 843 – 848. 2003.
- RYAN, P.R.; DITOMASO, J.M.; KOCHIAN, L.V. Aluminum toxicity in roots: an investigation of spatial sensitivity and the role of the root cap. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, p. 437 - 446, 1993.
- SIVAGURU, M.; BALUSKA, F.; VOLKMANN, D.; FELLE, H.H.; HORST, W.J. Impacts of aluminum on the cytoskeleton of the maize root apex. short-term effects on the distal part of the transition zone. **Plant Physiology**, v. 119, p. 1073 – 1082. 1999.
- SIVAGURU, M.; PALIWAL, K. Differential aluminum tolerance in some tropical rice cultivars: I. Growth performance. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, p. 1705 – 1716. 1993.

VASCONCELOS, S.S.; ROSSIELLO, R.O.P.; NETO, J.J. Parâmetros morfológicos para estabelecer tolerância diferencial à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 357 – 363. 2002.