

# TOLERÂNCIA DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE ARROZ AO ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>1</sup>

NAND KUMAR FAGERIA<sup>2</sup>

**RESUMO** - Quatro cultivares de arroz (EEA 304, SUVALE 1, IRGA 408 e CICA 4) foram selecionadas em solução nutritiva para tolerância a alumínio, em concentrações de 0, 10, 20, 40 e 60 ppm de Al. Os sintomas de toxidez foram caracterizados visualmente, pela produção de matéria seca da parte aérea e raízes, altura da planta e comprimento da raiz. Foi observada uma tolerância diferencial ao Al entre as cultivares. A cultivar EEA 304 foi tolerante ao alumínio, enquanto as outras apresentaram a seguinte ordem decrescente de susceptibilidade: SUVALE 1 < IRGA 408 < CICA 4.

Termos para indexação: toxidez de alumínio, taxa de crescimento relativo, comprimento relativo da raiz.

## DIFFERENTIAL ALUMINUM TOLERANCE OF RICE CULTIVARS IN NUTRIENT SOLUTION

**ABSTRACT** - Four rice cultivars (EEA 304, SUVALE 1, IRGA 408 and CICA 4) were screened in nutrient solution for Al tolerance at 0, 10, 20, 40 and 60 ppm Al concentrations. Al injury was characterized by visual toxicity symptoms, decrease in dry weight of tops and roots, length of roots and plant height. A differential tolerance to Al was found among cultivars. EEA 304 was found to be the most tolerant to Al. The others were found to be susceptible to Al in this order: SUVALE 1 < IRGA 408 < CICA 4.

Index terms: aluminum toxicity, nutrient solution, relative growth rate, relative root length.

## INTRODUÇÃO

A toxidez de alumínio é um importante fator limitante do crescimento em muitos solos do mundo (Adams & Pearson 1967). Associada ao fósforo não-disponível, tem sido observada em vastas áreas de solos ácidos na América do Sul (campos cerrados do Brasil e Llanos da Colômbia) e também em subsolos ácidos do sudeste dos Estados Unidos da América. Na América do Sul, aproximadamente 500 milhões de hectares de oxissolos e ultissolos são, presentemente, subutilizados, por causa da extrema acidez e baixa fertilidade do solo (Sanchez 1971). Estimativas com base em levantamentos de solos revelam a expressiva extensão geográfica da ocorrência de alumínio em níveis tóxicos na subsuperfície dos solos de diferentes zonas do País (Olmos & Camargo 1976; Ranzani 1971). A toxicidade de alumínio em subsolos causa enraizamento superficial, susceptibilidade à seca e uso inadequado dos nutrientes do subsolo (Foy 1974, Gonzalez et al. 1976).

Uma alternativa para se contornar o problema de toxidez é a neutralização, pelo menos em parte, do alumínio trocável da solução do solo pela aplicação de calcário. Mas, em áreas distantes das fontes de calcário, por não haver a infra-estrutura suficiente para assegurar o seu transporte e distribuição, os gastos de correção tornam-se excessivamente elevados para que altas produtividades possam ser alcançadas. Outros problemas no treinamento de solos ácidos é a dificuldade de incorporação do calcário a profundidades maiores que 30 cm. Em tais condições, pode ser mais prático identificar germoplasmas mais tolerantes a altos níveis de alumínio. Estes germoplasmas podem ser utilizados diretamente pelo agricultor ou sua característica de tolerância pode ser incorporada a cultivares agronomicamente desejáveis.

Tem sido amplamente relatado, para diversas culturas, que existem grandes diferenças, entre genótipos, na sua tolerância a altos níveis de alumínio (Fageria & Zimmermann 1979; Long et al. 1973; Kerridge et al. 1971; Silva 1976). Uma cultivar de milho (*Pennisetum glaucum* L.) não foi afetada por níveis de alumínio equivalentes a 16 ppm, enquanto uma cultivar de aveia (*Avena sativa* L.) foi seriamente afetada por somente 1 ppm de alumínio em solução nutritiva (Long et al. 1973).

1 Aceito para publicação em 28 de julho de 1981. Trabalho apresentado na II Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, 5 a 9 de fevereiro de 1980, Goiânia, GO.

2 Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) - EMBRAPA, Caixa Postal 179 - CEP 74.000 - Goiânia, GO.

Ragland & Coleman (1959) achavam que o sorgo (*Sorghum bicolor* L.) era mais sensível a altos níveis de alumínio do que o milho doce. Foy et al. (1967), Howeler & Cadavid (1976) e Kerridge et al. (1971) encontraram consideráveis diferenças varietais com respeito à tolerância do trigo (*Triticum aestivum* L.) do arroz (*Oryza sativa* L.) e de cevada (*Hordeum vulgare* L.) ao alumínio.

A seleção de germoplasmas para tolerância ao alumínio pode ser feita a campo, em solos ácidos, onde foram usados vários níveis de calcário para se obterem vários graus de saturação de Al. A desvantagem de usar solos é que não se consegue isolar e controlar quantitativamente os fatores de acidez, e os resultados são usualmente afetados pela variabilidade deste solo e pela diferente resistência das cultivares a doenças e a insetos. Para superar estes problemas, utilizou-se um método rápido de seleção em casa de vegetação, no qual grande número de cultivares pode ser avaliado sob condições controladas.

O objetivo deste estudo foi testar metodologia para a verificação de tolerância diferencial ao alumínio entre cultivares de arroz. O objetivo, a longo prazo, é testar cultivares visando identificar fontes de resistência ao estresse causado pela acidez do solo.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Sementes das quatro cultivares foram germinadas em areia pura, usando-se bandejas plásticas de 30 x 45 x 8 cm. Após oito a dez dias, quatro plântulas de cada cultivar foram transplantadas para discos de plástico perfurados. Estes discos foram então transferidos para vasos de plástico contendo 7,5 litros de solução nutritiva com diferentes concentrações de alumínio. Cada vaso continha três discos com doze plantas.

Com pequenas modificações, as soluções nutritivas usadas foram as desenvolvidas pelo IRRRI (Yoshida et al. 1976) para arroz, contendo 40 ppm de N como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 4 ppm de P como  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ; 40 ppm de K como  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 40 ppm de Ca como  $\text{CaCl}_2$ ; 40 ppm de Mg como  $\text{MgSO}_4$ ; 0,5 ppm de Mn como  $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ; 0,05 ppm de Mo como  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ; 0,2 ppm de B como  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 0,01 ppm de Zn como  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0,01 ppm de Cu como  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  e 2 ppm de Fe como  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ .

Os tratamentos de alumínio eram 0, 10, 20, 40 e 60 ppm adicionados como  $\text{AlCl}_3$ , em duas repetições. O pH da solução foi ajustado para  $4 \pm 0,2$  inicialmente, e a cada dois dias acrescentou-se 0,1 NaOH ou 0,1 HCl. Fósforo e

pH da solução foram mantidos de forma a minimizar a precipitação de alumínio.

Após 20, 40, 60 e 80 dias, desenvolvendo-se em soluções tratadas com alumínio, foram determinados a altura da planta, o peso da parte aérea e das raízes e o comprimento da raiz. As raízes foram lavadas em água destilada e isoladas do caule. A parte aérea e raízes foram, então, secadas a  $80^\circ\text{C}$ , obtendo-se o peso seco.

A fim de determinar as taxas de crescimento sob diferentes concentrações de alumínio, a taxa de crescimento relativo (TCR) da parte aérea foi calculada entre sucessivas coletas, usando-se a fórmula (Fageria 1976a):

$$\text{TCR} = \frac{\text{Log}_e W_2 - \text{Log}_e W_1}{t_2 - t_1} \times 100,$$

onde  $W_2$  e  $W_1$  são os pesos inicial e final da parte aérea e  $t_2$  e  $t_1$  representam o intervalo de tempo entre as coletas.

Para eliminar diferenças varietais inerentes ao comprimento da raiz, usou-se o comprimento relativo da raiz (CRR), que é calculado dividindo-se o comprimento médio sob 60 ppm de Al pelo comprimento médio sob 10 ppm, como foi sugerido por Howeler & Cadavid (1976). Estes autores sugeriram que aquelas cultivares que apresentam valores de CRR maiores que 0,45 podem ser colocadas no grupo tolerante e aquelas que têm valores menores que 0,30, no grupo susceptível.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as cultivares desenvolveram sintomas de toxidez de alumínio, uma semana após a transferência para as soluções nutritivas contendo 40 e 60 ppm desse elemento, mas a severidade diferiu em relação às cultivares. CICA 4, IRGA 408 e SUVALE 1 foram as mais susceptíveis, enquanto a EEA 304 apresentou maior tolerância.

Os sintomas apareceram primeiro sobre as folhas velhas. As folhas maduras desenvolveram necrose branca entre nervuras sobre a face superior da folha, que logo mudava para tecido necrótico marrom-ferrugem sobrevivendo, conseqüentemente, a morte de todo o tecido.

O desenvolvimento da planta era reduzido, tanto na parte aérea quanto nas raízes. A aparência geral das plantas era de severa toxidez sobre as folhas mais velhas, que, geralmente, morriam da base para a ponta. Os sintomas eram semelhantes àqueles descritos e ilustrados por Fageria (1976 b).

A Fig. 1 mostra os resultados do peso seco da parte aérea afetada pelas diferentes concentrações de alumínio, nos diversos estágios de crescimento.

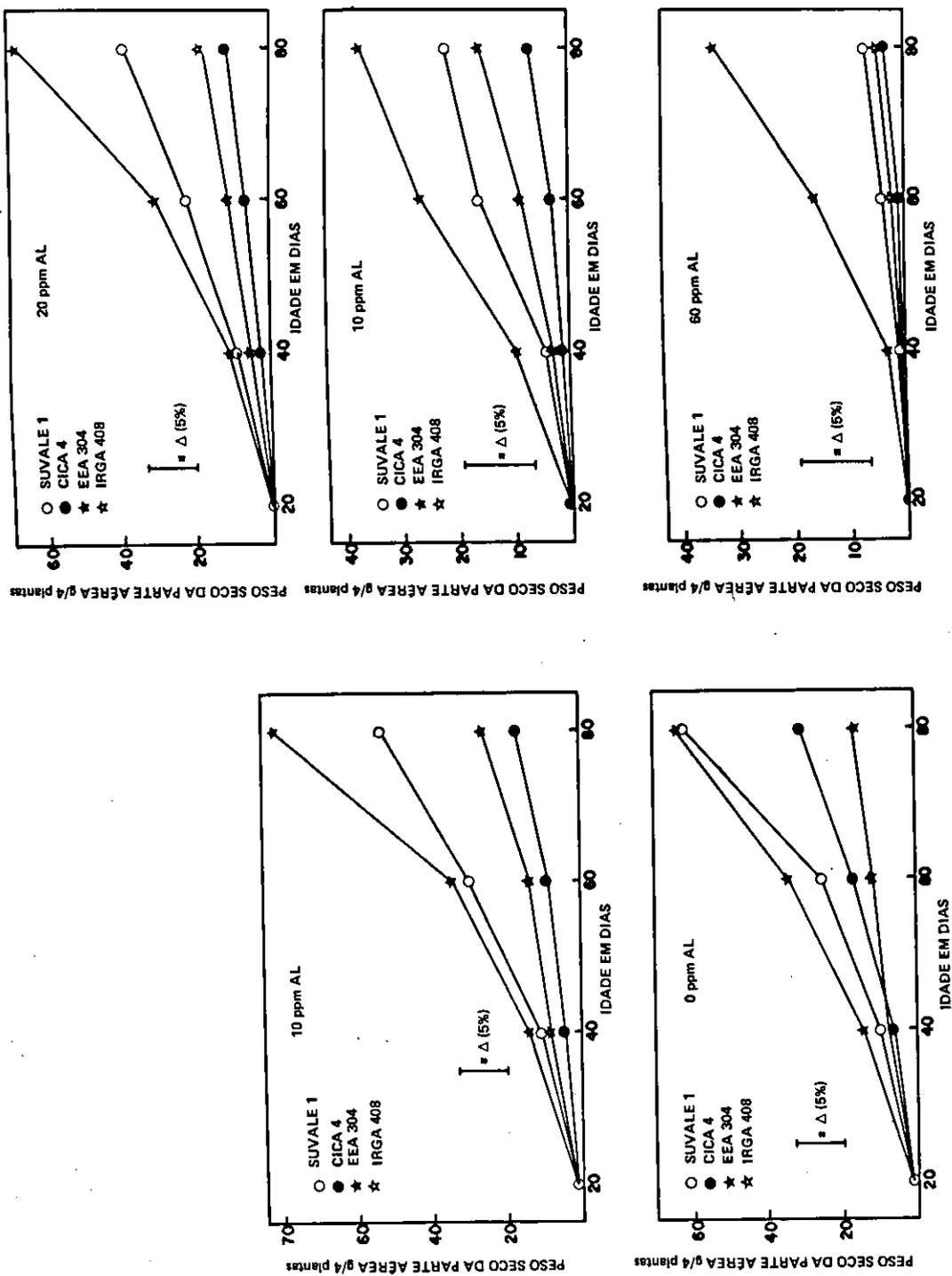


FIG. 1. Efeito das concentrações de alumínio no peso seco da parte aérea das quatro cultivares de arroz, em diferentes idades de crescimento.

As cultivares EEA 304, IRGA 408 e SUVALE 1 produziram maior peso seco com 10 ppm de Al quando comparado com 0 (zero) de Al em todos os estádios. Isto sugere que, para arroz, uma pequena quantidade de alumínio seja necessária para o desenvolvimento normal da planta. Casos de estímulo de crescimento do arroz devidos à presença de pequenas quantidades de alumínio foram registrados recentemente (Howeler & Cadavid 1976, Thawornwong & Diest 1974).

A cultivar EEA 304 produziu mais matéria seca em todas as concentrações de alumínio, em comparação com as outras três. Ela produziu significativamente (ao nível de 5%) mais nas doses de 20, 40 e 60 ppm, em todos os estádios, que as demais. Aos 80 dias de idade, sob 60 ppm de alumínio, SUVALE 1, IRGA 408 e CICA 4 produziram 21, 16,5 e 13% a menos da matéria seca da parte aérea produzida pela EEA 304.

O peso seco das raízes sob diferentes concentrações de alumínio durante os períodos de crescimento é apresentado na Fig. 2. O peso das raízes da cultivar EEA 304 era significativamente maior que o das outras três, nas concentrações de 10, 20, 40 e 60 ppm. Aos 80 dias, sob 60 ppm de alumínio, o peso da raiz das cultivares SUVALE 1, IRGA 408 e CICA 4 era de 15, 10 e 9% aquém daquele produzido pela EEA 304, respectivamente.

Os dados relativos à altura da planta e ao comprimento da raiz, medidos em quatro estádios de crescimento são mostrados nas Fig. 3 e 4. Novamente a cultivar EEA 304 desenvolveu-se significativamente mais que as outras três, em todas as concentrações e períodos de crescimento.

Valores do comprimento relativo da raiz (CRR) das quatro cultivares, nas diferentes fases de crescimento, são apresentados na Tabela 1. As quatro cultivares podem ser divididas em dois grupos:

Grupo 1 - (Tolerantes ao Al) - EEA 304

Grupo 2 - (Susceptíveis ao Al e em ordem crescente) - SUVALE 1, IRGA 408 e CICA 4.

Os possíveis mecanismos fisiológicos para explicar a existência de diferenças varietais relativas à tolerância ao alumínio são:

1. Diferenças nas habilidades da planta em

absorver e utilizar P, Ca, Mg e K na presença de altos níveis de Al (Lee 1971).

2. As cultivares tolerantes ao Al contêm altos teores de ácidos orgânicos que, ao quelatar com esse elemento, reduzem o seu efeito tóxico dentro da planta. Esta reação pode prevenir a precipitação do P pelo Al, comumente verificada nas plantas a níveis normais de pH da seiva (Davis et al. 1971).

3. Há diferente capacidade das plantas em alterar o pH na zona das suas raízes e, deste modo, trocar a solubilidade do Al no meio (Foy et al. 1967); e

4. A capacidade diferencial das plantas pode absorver e transportar alumínio (Foy et al. 1967).

TABELA 1. Valores do comprimento relativo da raiz (CRR) das quatro cultivares de arroz, nas diferentes fases de crescimento.

Variedades	Idade em dias			
	20	40	60	80
EEA 304	0,48	0,66	0,61	0,65
SUVALE 1	0,27	0,26	0,24	0,25
IRGA 408	0,21	0,25	0,19	0,21
CICA 4	0,25	0,23	0,21	0,19

Os resultados relacionados com a taxa de crescimento relativo (TCR), durante o período de crescimento das plantas, são apresentados na Fig. 5. A taxa de crescimento relativo diminuiu com o desenvolvimento da idade da planta até 60 dias e, depois, permaneceu mais ou menos constante. Esta diminuição está relacionada com a diminuição da atividade fotossintética da folha com o aumento da idade e da respiração pelo aumento da área foliar, segundo Yoshida (1972).

Estes resultados indicam que após 60 dias de desenvolvimento as cultivares não são afetadas adversamente pela concentração de alumínio. As TCRs foram mais ou menos semelhantes em todas as cultivares, após 60 dias de crescimento.

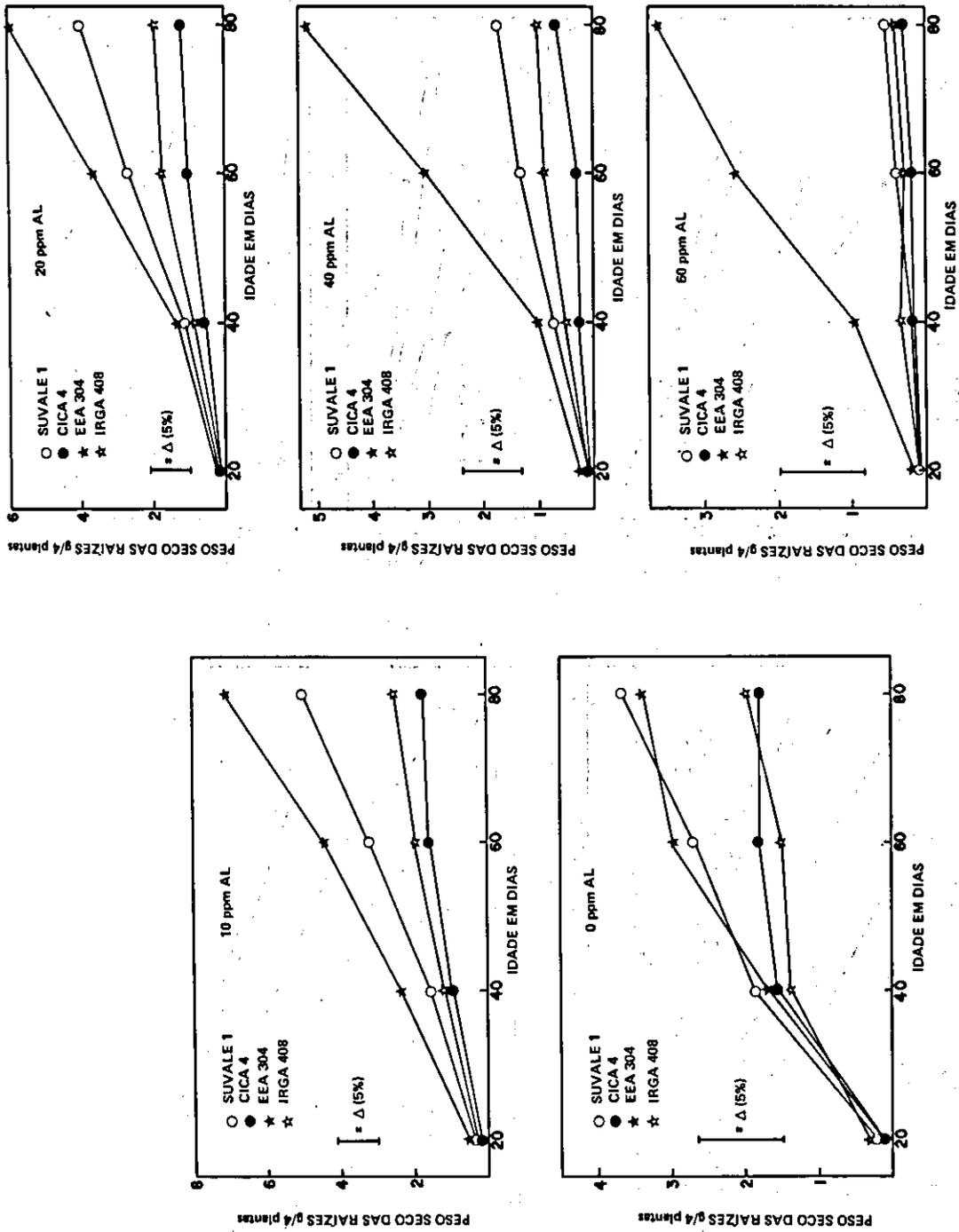


FIG. 2. Efeito das concentrações de alumínio no peso seco das raízes das quatro cultivares de arroz, em diferentes idades de crescimento.

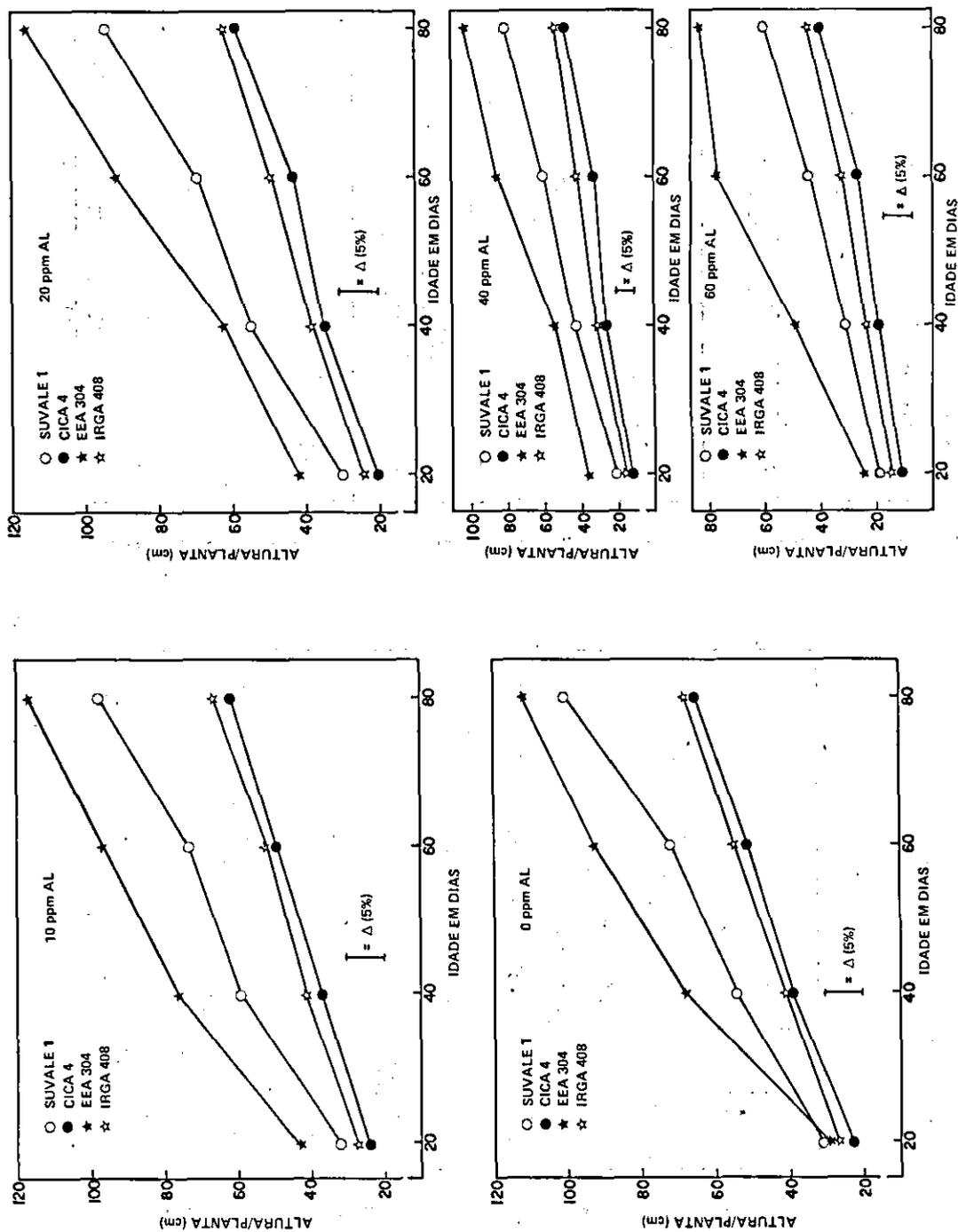


FIG. 3. Altura das plantas afetadas pelas diferentes concentrações de alumínio.

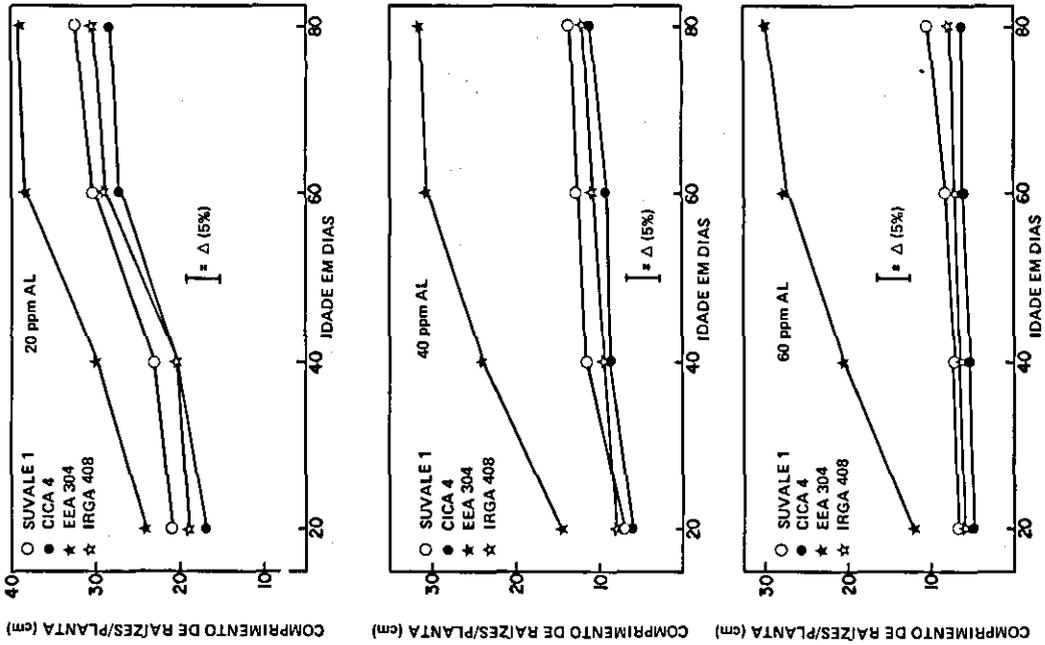


FIG. 4. Comprimento das raízes, sob diferentes concentrações de alumínio.

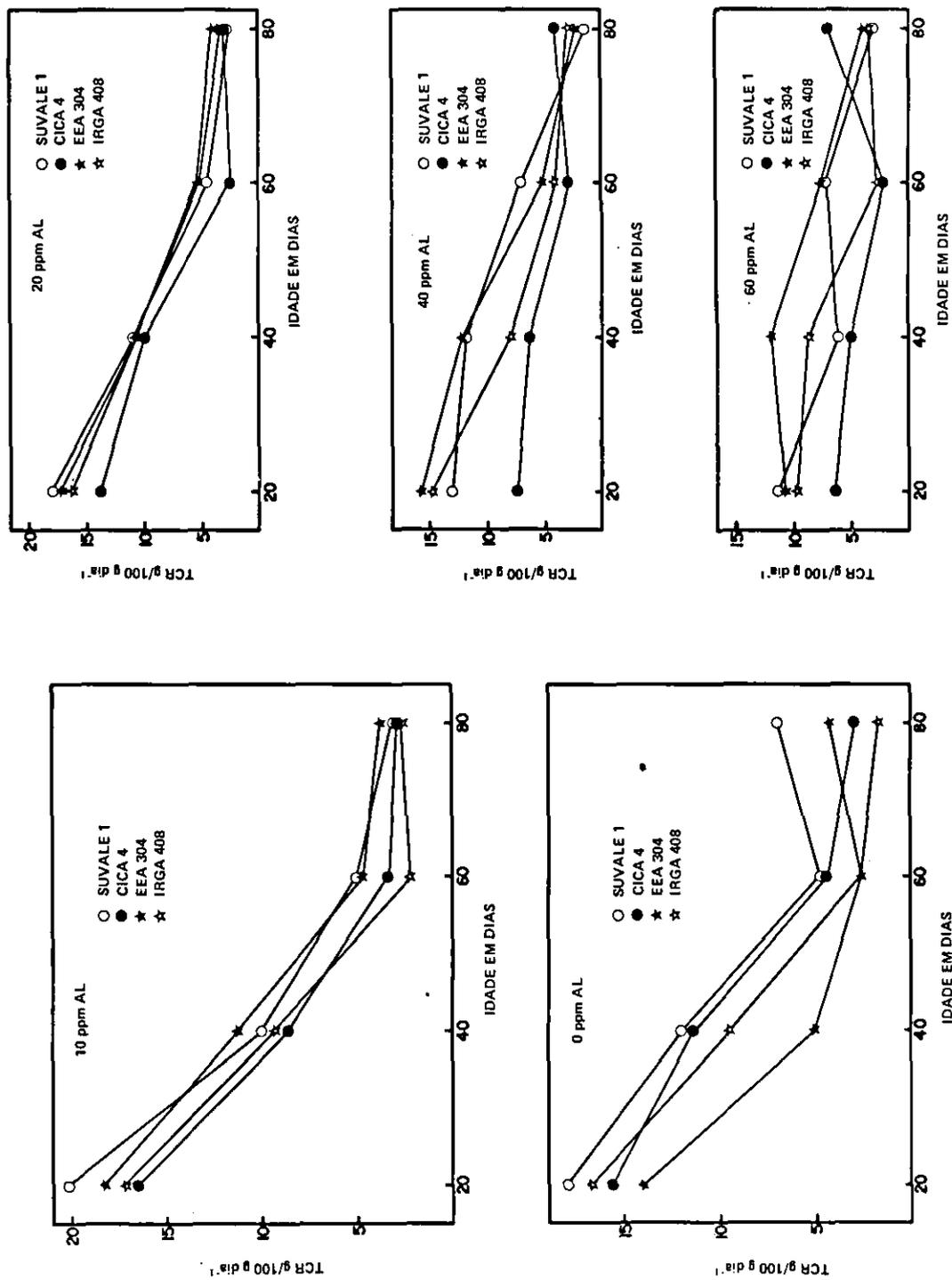


FIG. 5. Efeito das concentrações de alumínio em solução nutritiva, na taxa de crescimento relativo (TCR).

## CONCLUSÕES

1. Cultivares de arroz diferem marcadamente na sua susceptibilidade a altos níveis de alumínio.
2. As plantas de arroz parecem ser estimuladas por baixos níveis de Al em solução, mas a maior parte das cultivares são seriamente afetadas por altas concentrações.
3. Cultivares tolerantes a altas concentrações de Al têm biomassas maiores nestas concentrações que as suscetíveis.
4. O método da cultura em solução tem provido bons resultados na seleção das cultivares de arroz para tolerância a alumínio. Na solução nutritiva a ser usada para a seleção, o pH e os níveis de alumínio e fósforo são de particular importância.
5. O desenvolvimento da parte aérea e raiz foi reduzido quando as plantas foram submetidas a altos níveis de Al.
6. Após 60 dias de idade, as cultivares não mostraram efeito tóxico que fosse devido às altas concentrações de Al da solução.
7. Estes estudos devem ser levados a efeito em condições de campo, a fim de medir estas vantagens em termos agrônômicos e econômicos.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. & PEARSON, R.W. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F., ed. Soil acidity and liming. Madison, Wisconsin, Amer. Soc. Agronomy, 1967. p.161-206. (Agronomy Monograph, 12).
- DAVIS, W.B.; MCCAULEY, M.J. & BAYERS, B.R. Iron requirements and aluminum sensitivity of an hydroxamic acid requiring Strain of *Bacillus megaterium*. Jour. Bact., 105:589-94, 1971.
- FAGERIA, N.K. Effect of P, Ca, and Mg concentrations in solution culture on growth and uptake of these ions by rice. Agron. J., 68:726-32, 1976 a.
- FAGERIA, N.K. Identificação de distúrbios nutricionais do arroz e sua correção. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1976 b. (Boletim Técnico, 2).
- FAGERIA, N.K. & ZIMMERMANN, F.J.P. Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva. Pesq. agropec. bras., Brasília, 14:141-7, 1979.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. ed. The plant root and its environment. Charlottesville, Univ. Press of Virginia, 1974. p.601-47.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R. & ARMIGER, W.H. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 31:513-21, 1967.
- GONZALEZ, E.E.; WOLF, J.M.; NADERMAN, G.; SOARES, W.V. & GALRÃO, E.Z. Relações entre toxidez de alumínio, desenvolvimento de raízes, absorção de água e produção de milho num oxisol (Latossolo vermelho-escuro) do Distrito Federal. Ci. e Cult., 28: 181-2, 1976.
- HOWELER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al toxicity in nutrient solutions and compared with a field screening method. Agron. J., 68:551-5, 1976.
- KERRIDGE, P.C.; DAWSON, M.D. & MOORE, D.P. Separation of degrees of aluminum tolerance in wheat. Agron. J., 63:586-91, 1971.
- LEE, C.R. Influence of aluminum on plant growth and tuber yield of potatoes. Agron. J., 63:363, 1971.
- LONG, F.L.; LANDGALE, G.W. & MYHERE, D.L. Response of an Al-tolerance and Al-sensitive genotype to lime, P and K on three Atlantic Coast Flatwoods soils. Agron. J., 65:30-4, 1973.
- OLMOS, I.L.J. & CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. Ci. e Cult., 28:171-80, 1976.
- RAGLAND, J.L. & COLEMAN, N.T. The effect of soil solution aluminum on calcium and growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23:355-7, 1959.
- RANZANI, G. Solos do cerrado no Brasil; simpósio sobre o Cerrado. São Paulo, E. Blucher Ltda & Ed. Univ. de São Paulo, 1971. p. 26-43.
- SANCHEZ, P.A. Agronomic practices for optimizing the yield potential of short-stalked rice varieties in Latin America. s.n.t. Paper presented at Seminar on rice policies in Latin America, Cali, Colombia, Oct. 10-14, 1971.
- SILVA, A.R. Melhoramento genético para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil; antecedentes, necessidade e possibilidades; tópicos para discussão e pesquisas. Ci. e Cult., 28:147-9, 1976.
- THAWORNWONG, N. & DIEST, A.V. Influence of high acidity and aluminum on the growth of lowland rices. Plant Soil., 41:141-59, 1974.
- YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol., 23:437-64, 1972.
- YOSHIDA, S.; FORNO, D.A.; COCK, J.H. & GOMEZ, K.A. Laboratory manual for physiological studies of rice. Los Baños, Philippines, The International Rice Research Institute, 1976. p.54-7.