

## AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRIGO HEXAPLÓIDE QUANTO A TOLERÂNCIA A TOXICIDADE DO ALUMÍNIO<sup>1</sup>

### HEXAPLOID WHEAT GENOTYPES EVALUATION TO TOXIC ALUMINUM TOLERANCE

Ana Lúcia Cunha Dornelles<sup>2</sup> Fernando Irajá Félix de Carvalho<sup>3</sup> Luiz Carlos Federizzi<sup>4</sup>  
Maria Jane Cruz de Melo Sereno<sup>5</sup> Adriane Amaral<sup>6</sup> Patrícia Langlois<sup>7</sup>

#### RESUMO

Com o objetivo de testar e aprimorar o método de avaliação de trigo hexaplóide (*Triticum aestivum* L.), quanto a sua resposta a níveis tóxicos de alumínio com o uso de solução nutritiva, cinco genótipos de comportamento conhecido quanto a sua reação ao alumínio ( $Al^{+++}$ ), foram submetidos a solução nutritiva em três concentrações de  $Al^{+++}$  (4, 6 e 10ppm), em dois ensaios. Os resultados observados permitiram o ajuste do equipamento e aprimoramento do método de avaliação, assim como a definição da concentração ideal de  $Al^{+++}$  para seleção de genótipos tolerantes a este elemento.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L., solução nutritiva.

#### SUMMARY

Aiming to test and improve the method of evaluation of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) to aluminum toxic levels in nutritive solution. Five genotypes with known reaction to toxic aluminum ( $Al^{+++}$ ) were tested in nutritive solution in three different  $Al^{+++}$  concentrations (4, 6 e 10ppm), in two experiments.

The results allowed the equipment adjustment, the choice of best evaluation method to select tolerant wheat genotypes to toxic  $Al^{+++}$  concentrations.

**Key words:** *Triticum aestivum* L., nutritive solution.

#### INTRODUÇÃO

O alumínio ( $Al^{+++}$ ) em níveis tóxicos no solo constitui um dos principais problemas para muitas espécies de plantas, entre elas o trigo hexaplóide. As regiões que possuem concentrações de  $Al^{+++}$  no solo em níveis altamente tóxicos e de difícil controle com manejo são consideradas áreas periféricas de cultivo, e o melhoramento genético no sentido da obtenção de genótipos tolerantes a este elemento poderá ser um dos objetivos para o avanço da cultura nestas áreas.

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado defendida pelo primeiro autor no Curso de Pós-graduação em Fitotecnia (Melhoramento de Plantas), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Professor Assistente, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Avenida Bento Gonçalves 7712, 91501-970, Porto Alegre, RS. Autor para correspondência.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD., Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Titular, Departamento de Plantas de Lavoura, UFRGS, Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Biólogo, Doutora, Professora Adjunta, Departamento de Plantas de Lavoura, UFRGS. Bolsista do CNPq.

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Aluna de Mestrado, Departamento de Plantas de Lavoura, UFRGS, Bolsista da CAPES.

<sup>7</sup> Bolsista de Iniciação Científica, CNPq.

Vários são os sintomas das injúrias causadas pelo  $Al^{+++}$  (FOY et al., 1978), na parte aérea, são similares a algumas deficiências nutricionais, como de fósforo, cálcio e ferro; raízes danificadas pelo  $Al^{+++}$  apresentam a região meristemática engrossada e mais escura, que, segundo os autores, são ineficientes na absorção de nutrientes e água.

Segundo FLEMING & FOY (1968), três aspectos demonstram a tolerância de uma variedade ao  $Al^{+++}$ : continuam a divisão celular e o alongamento enquanto sob condições de estresse induzido por este elemento; modificam o ambiente radicular, diminuindo a concentração de  $Al^{+++}$  disponível e mantém áreas meristemáticas viáveis, das quais novos tecidos desenvolvem.

A tolerância ao  $Al^{+++}$  é, também, um carácter fácil e rapidamente detectado em testes com solução nutritiva. O uso de solo tem como desvantagens o tempo consumido, a dificuldade de obter o substrato sem elementos que mascarem a toxicidade do  $Al^{+++}$ , e com níveis de pH e concentração de  $Al^{+++}$  suficientes para reduzir o crescimento das plantas sensíveis sem inibir o crescimento dos genótipos mais tolerantes (FOY, 1976).

Trabalhos comparando métodos em solução nutritiva e em solo, mostraram ser os primeiros de grande valia para detecção e seleção em grande escala de genótipos tolerantes à toxicidade do  $Al^{+++}$  ainda no estágio de plântula (REID et al., 1971; KERRIDGE et al., 1971; LAFEVER et al., 1977; CAMARGO & OLIVEIRA, 1981).

A avaliação de raiz (peso, coloração e ramificação) é, geralmente, mais eficiente que as medidas de parte aérea (FOY, 1976; ANDRADE, 1976; LAFEVER et al., 1977). Processos de avaliação rápida para tolerância à toxicidade do  $Al^{+++}$ , possuem alta potencialidade para identificação de genótipos sensíveis ou tolerantes a solos ácidos com condições de altos níveis de  $Al^{+++}$  trocável (CAMARGO, 1981; LAGOS et al., 1991; RUIZ-TORRES et al., 1992).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de testar e aprimorar o método de avaliação de genótipos de trigo hexaplóide, quanto a sua reação a níveis tóxicos de  $Al^{+++}$  em solução nutritiva, desenvolvido no Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981), adaptando-o às condições do Laboratório do Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS em Porto Alegre; além disto foram caracterizados para este tipo de método de avaliação, alguns dos genótipos em uso no Programa de Melhoramento Genético de Cereais de Inverno da UFRGS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esta avaliação foi realizada utilizando a metodologia descrita por CAMARGO & OLIVEIRA (1981), no laboratório do Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS em Porto Alegre, RS. Os genótipos utilizados possuem comportamento conhecido em relação a sua tolerância à toxicidade do  $Al^{+++}$ , intolerantes: Alondra (ALD), Batuira (BAT) e Cajeme 71 (CAJ); tolerantes: BH1146 (BH), BR 23 (BR) e IAC 5 (MAR).

As sementes foram previamente desinfestadas e colocadas em placas de petri individualizadas forradas com papel germinador, molhado com água destilada, e levadas ao refrigerador onde permaneceram por 3 dias em uma temperatura de 5°C. Horas antes da semeadura, as sementes foram retiradas do refrigerador e mantidas em uma temperatura de 25°C a 30°C, para iniciarem o processo de germinação. A semeadura foi feita sobre uma tela plástica adaptada à tampa de um pote (do tipo porta mantimentos, fabricado pela "Flexa Carioca", referência 348) com solução nutritiva, de modo que as sementes ficassem em contato com a solução. Os potes com solução nutritiva foram colocados em um tanque de banho-maria, onde a água era mantida a 25°C com o auxílio de resistências e ar condicionado.

Foram utilizados dois tipos de solução nutritiva:

a) solução base - com a seguinte concentração final por litro: 4mM de  $Ca(NO_3)_2$ ; 2mM de  $MgSO_4$ ; 4mM de  $KNO_3$ ; 0,435mM de  $(NH_4)_2SO_4$ ; 0,5mM de  $KH_2PO_4$ ; 2 $\mu$ M de  $MnSO_4$ ; 0,3 $\mu$ M de  $CuSO_4$ ; 0,8 $\mu$ M de  $ZnSO_4$ ; 30 $\mu$ M de NaCl; 10 $\mu$ M de Fe-EDTA; 0,10 $\mu$ M de  $Na_2MoO_4$ ; 10 $\mu$ M de  $H_3BO_3$ ; o pH foi ajustado para quatro com  $H_2SO_4$  1N;

b) solução tratamento - um décimo da solução base, com exceção do fósforo, que foi omitido para evitar possível precipitação do  $Al^{+++}$ , e o Fe foi adicionado em quantidade equivalente à da solução base, neste caso na forma de  $FeCl_3$ , o pH foi também ajustado para quatro. As soluções tratamento continham  $Al^{+++}$  em concentrações de 4, 6 e 10ppm de  $Al^{+++}$  na forma de  $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ .

As sementes foram colocadas inicialmente na solução base onde permaneceram por 48 horas. Após, elas foram transferidas para a solução tratamento onde permaneceram por 48 horas, de onde retornaram para a solução base ficando por 72 horas, após o qual foram avaliadas. Durante todo o ensaio a iluminação e a temperatura foram mantidas constantes.

No ensaio I, com o objetivo de evitar o efeito da iluminação desigual e a heterogeneidade da temperatura da água dentro do tanque, foi delineado em quadrado latino com três filas de seis potes com três colunas de três potes, de acordo com o diagrama da Figura 1, em que, nas filas cada conjunto de potes N (com solução normal) e T (com solução tratamento) constitui uma parcela, e cada genótipo uma subparcela, visto que em cada pote foram semeados todos os genótipos testados, seguindo sempre uma mesma organização, definida por sorteio.

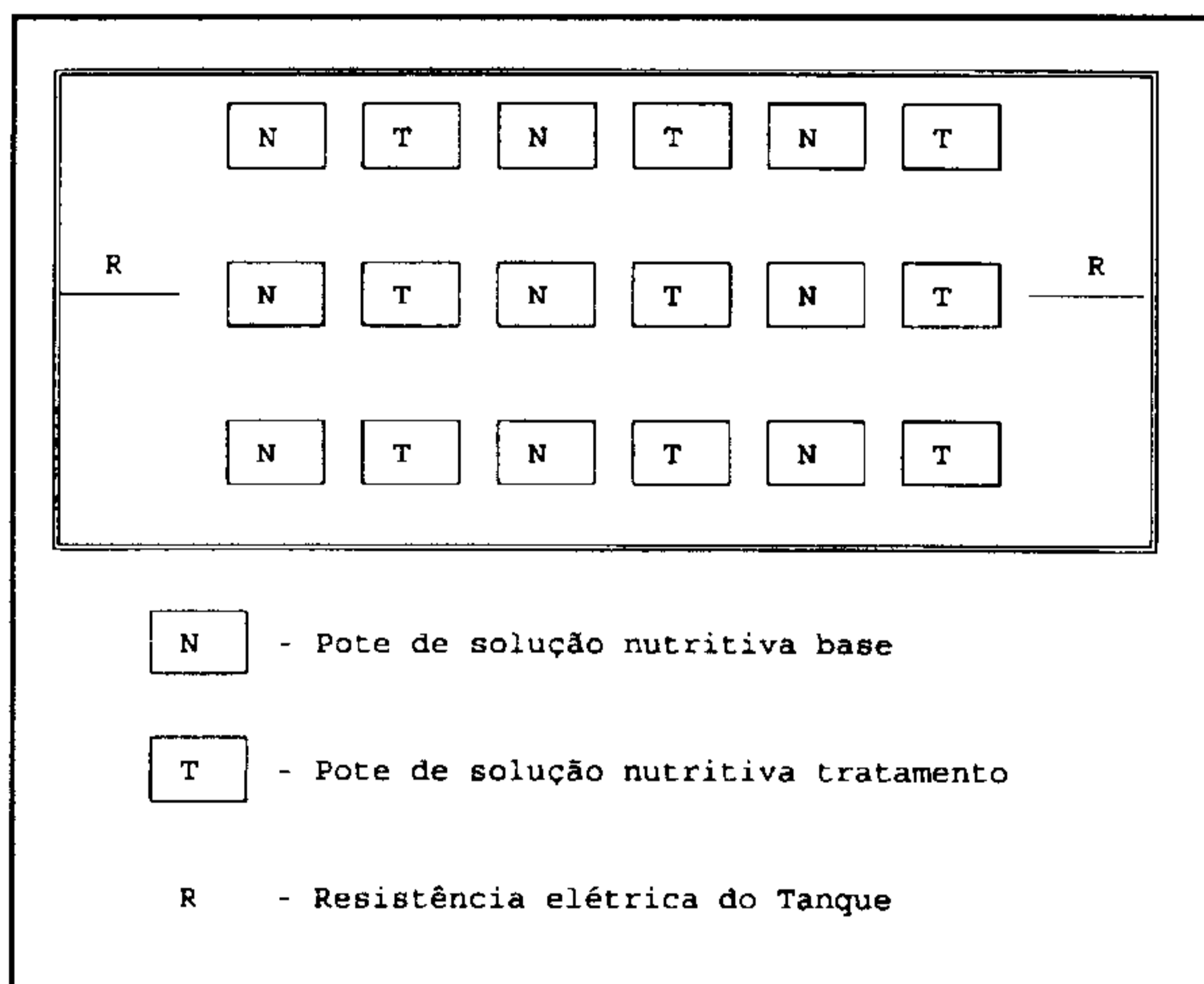


Figura 1. Esquema de distribuição dos potes com solução nutritiva no tanque de banho-maria no Ensaio I, Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993.

No ensaio II constituiu-se em uma repetição do ensaio I, com as correções dos problemas de desuniformidade de iluminação detectados neste, tendo sido realizadas. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados onde as filas (quatro) foram consideradas blocos, como pode ser observado na Figura 2 e a organização em parcelas e subparcelas feita da mesma forma que no ensaio I.

A avaliação foi feita com a medição do recrescimento da raiz principal de cada plântula a partir do dano causado pelo  $Al^{+++}$  da solução tratamento até o momento em que elas foram retiradas da solução-base após as últimas 72 horas. A tolerância da planta ao  $Al^{+++}$  pode ser medida dessa forma porque nas plântulas sensíveis as raízes primárias não crescem e permanecem grossas mostrando no ápice uma injúria típica.

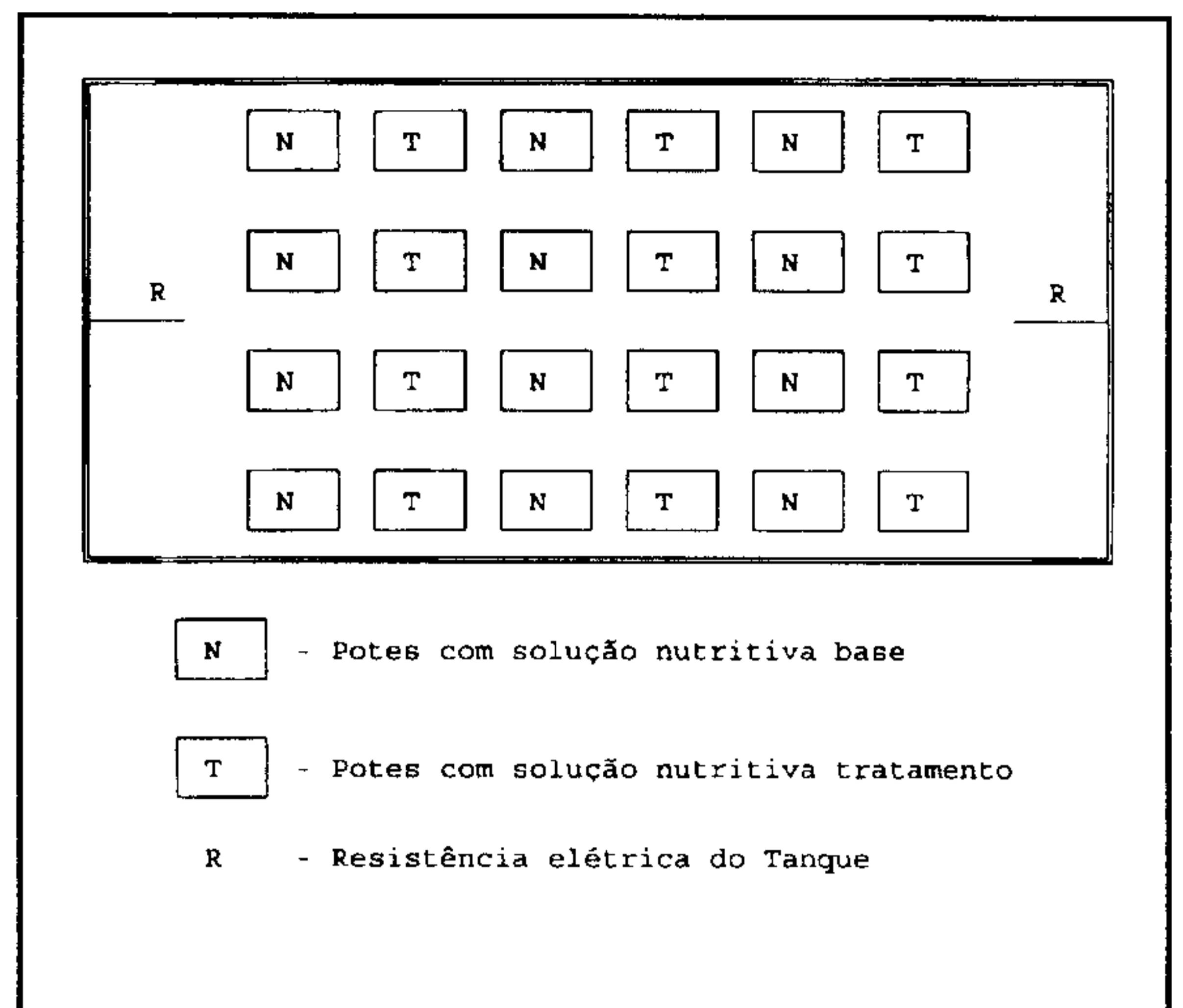


Figura 2. Esquema de distribuição dos potes com solução nutritiva no tanque de banho-maria no Ensaio II, Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como os resultados dos ensaios I e II foram muito semelhantes e as condições de controle de luz e temperatura foram mais adequadas no ensaio II, serão apresentados e discutidos apenas os resultados deste.

Como pode ser observado na Tabela 1, os genótipos ALD e BAT foram altamente intolerantes às diferentes concentrações de  $Al^{+++}$ . O CAJ e BR revelaram um comportamento intermediário embora o CAJ tenha desenvolvido um recrescimento de raiz bastante inferior ao BR. Por outro, lado o BH e o MAR foram

Tabela 1. Recrescimento de raiz (cm) de seis genótipos 72 horas após o tratamento com  $Al^{+++}$  em solução nutritiva (média de 20 plântulas), Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993.

Alumí- nio (ppm)	Genótipos*					
	ALD	BAT	CAJ	BR	BH	MAR
4	0,1 e**	0,1 e	2,1 d	3,3 c	4,0 b	4,5a
6	0,1 e	0,1 d	1,8 c	3,4 b	4,3a	4,4a
10	0,1 c	0,1 c	0,3 c	1,6 b	3,0a	3,3a

\* ALD (alondra); BAT (batuíra); CAJ (cajeme 71); BR (BR23); BH (BH 1146); MAR (IAC 5 - maringá).

\*\* Genótipos com médias ligadas por letras diferentes na linha não diferem significativamente (5%).

os dois genótipos que demonstraram possuir tolerância bem superior aos demais genótipos testados, contudo mostraram-se diferentes na menor concentração de alumínio (4ppm). Nas maiores concentrações de  $Al^{+++}$  (6 e 10ppm), os seis genótipos testados se agrupam em somente duas classes: tolerantes (BH, MAR e BR) e intolerantes (ALD, BAT e CAJ). A distinção entre estes grupos de genótipos caracteriza a existência de constituições genéticas distintas quanto a tolerância ao  $Al^{+++}$ , confirmando, desta forma, os resultados obtidos com metodologia similar por CAMARGO (1981) e CAMARGO & OLIVEIRA (1981).

Estes resultados não discordam da hipótese de que as diferenças de tolerância ao alumínio estejam intimamente ligadas à origem dos genótipos testados (ANDRADE, 1976). ALD, BAT e CAJ, criados e desenvolvidos sem pressão de seleção para tolerância a níveis tóxicos de alumínio, dificilmente teriam em sua constituição genes para este caráter. A diferença de resposta de recrescimento de raiz entre o CAJ e os outros dois genótipos, possivelmente se deva ao fato deste genótipo ter sofrido ciclos distintos de seleção, alguns em solos com alumínio. O fato do BH e do MAR, selecionados em ambiente com altos níveis de toxicidade determinados pelo alumínio, possuírem forte tolerância a maior concentração deste elemento tóxico era uma reação esperada.

## CONCLUSÃO

O uso de solução nutritiva permite diferenciar genótipos de trigo com diferentes níveis de tolerância ao  $Al^{+++}$ , em concentrações iguais ou superiores a 10ppm deste elemento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.M.V. Identificação e seleção em casa de vegeta-

ção, de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) tolerantes ao alumínio e ao manganês com modificações das características químicas do solo. Porto Alegre, RS, 100 p. Tese (Mestrado em Agronomia), Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1976.

CAMARGO, C. E. de O. Melhoramento do trigo. I: Hereditariedade da tolerância a toxicidade do alumínio. *Bragantia*, Campinas, v. 40, p. 33-45, 1981.

CAMARGO, C. E. de O., OLIVEIRA, O. F. de. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, v. 40, p. 21-31, 1981.

FLEMING, A. L., FOY, C. D. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. *Agron J*, Madison, v. 60, p. 172-176, 1968.

FOY, C.D. General principals involved in screening plants for aluminum and manganese tolerance. In: WRIGHT, M.J.; FERRARI, A.S. (Ed.). *Proc of workshop on plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville: MD. Cornell Univ. Press., 1976. p. 255-267.

FOY, C.D., CHANEY, R.L., WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann Rev Plant Physiol*, Bethesda, v. 29, p. 511-566, 1978.

KERRIDGE, P.C., DAWSON, M.D., MOORE, D.P. Separation of degrees of aluminum tolerance in wheat. *Agron J*, Madison, v. 63, p. 586-591, 1971.

LAFFEVER, H.M., CAMPBELL, L.G., FOY, C.D. Differential response of wheat cultivars to Al. *Agron J*, Madison, v. 69, p. 563-568, 1977.

AGOS, M.B., FERNANDES, M.I.M., CAMARGO, C. E. de O., et al. Genetics and monosomic analysis of aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Rev Bras Genet*, Ribeirão Preto v. 14, n. 4, p. 1011-1020, 1991.

REID, D.A., FLEMING, A.L., FOY, C.D. A. Method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. *Agron J*, Madison, v. 63, p. 600- 603, 1971.

RUIZ-TORRES, N., CARVER, B. F., WESTERMAN, R. L. Agronomic performance in acid soils of wheat lines selected for hematoxilin staining pattern. *Crop Sci*, Madison, v. 32, p. 104-107, 1992.