

ALTERAÇÕES NO SISTEMA RADICULAR E CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO EM TREMOÇO AZUL PROVOCADAS POR ALUMÍNIO *

ALUMINUM ROOT SYSTEM DAMAGES AND PHOSPHORUS UPTAKE BY BLUEBONNET

Danilo dos Santos Rheinheimer**
Juarez Rodrigues Bispo Jr.**

Cláudia Petry**
João Kaminski***

RESUMO

Com o objetivo de avaliar as alterações morfológicas em raízes de tremoço azul, causadas pelo estresse de alumínio (Al), conduziu-se um experimento em casa de vegetação usando vasos (21) com solução nutritiva de Hoagland modificada. As plantas de tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.) cv IAPAR 24, foram germinadas em areia, e mantidas na solução nutritiva diluída a 50% por duas semanas. Após 15 dias, estas plantas foram submetidas ao estresse de Al, apresentando os tratamentos, uma variação temporal em dias de: 0-33, 13-33, 23-33, 0-11, 0-22. Nos períodos de tempo sem Al e na testemunha, as plantas cresceram em solução nutritiva completa. As plantas não submetidas ao estresse em Al apresentaram ampla ramificação lateral (10,45m de comprimento total), raízes finas (0,63mm de raio) e claras, com 0,29% de P na parte aérea. Na presença de Al durante todo o período, houve inibição da ramificação (0,56m), aumento acentuado do raio (1,76mm), com presença de exsudatos e precipitados de sais na epiderme, rachaduras, escamamento e necroses com aspecto coralóide, e a concentração de P na parte aérea foi extremamente baixa (0,01%). A adição de Al, nos períodos iniciais, inibiu significativamente a emissão de raízes pelo engrossamento dos pontos de crescimento, tais danos foram reversíveis e a extensão foi dependente do tempo de exposição ao Al. No ambiente isento de Al na fase inicial propiciou condições favoráveis a absorção de nutrientes, em especial P, apresentando um pico de crescimento do sistema radicular capaz de tolerar estresses futuros, demonstrando que a toxidez em tremoço azul foi mais severa nesta fase.

Palavras-chave: *Lupinus angustifolius* L., estresse de alumínio, fósforo.

SUMMARY

This work aimed to evaluate the morphological

changes caused by aluminium (Al) stress, on Bluebonnet roots. An experiment was carried out in a greenhouse, using pots (2L) containing a altered Hoagland nutritive solution. The bluebonnet plants (*Lupinus angustifolius* L.) cv. IAPAR 24, were germinated in sand and, kept in the solution at 50% for two weeks. With 15 days, these plants were submitted to Al stress, given the treatment a time variation of 0-33, 13-33, 23-33, 0-11 and 0-22 days. In the periods without Al or plants in no Al at all, the plants grew in a complete nutritive solution. The plants that were not submitted to Al stress presented a large lateral ramification (10,45m of the total length), thin roots (0,63mm radius) and light roots, with 0,29% of P in the shoot. In the presence of Al all the time, there was a lowering of branching (0,56m), a large increase on radius (1,76mm) and, presence of exudates and salt precipitate on the epidermis, fissures, scaling and necrosis with a coralloid aspect and, phosphorus concentration in the shoot was very low (0,01%). The use of Al in the initial periods reduced, significantly, the emission of roots due to the thickening of the growing points. These damages were reversible and its extension depended upon the time of Al exposure. An Al free environment at the initial phase gave favorable conditions to nutrients uptake, specially P, with a peak in the root system growing capable of tolerating future stresses, demonstrating that toxicity in bluebonnet was much more severe in this phases.

Key Words: *Lupinus angustifolius* L., Al stress, phosphorus.

INTRODUÇÃO

O excesso de alumínio e a deficiência de fósforo são fatores limitantes da produção em solos ácidos. O alumínio tóxico (solúvel e trccável) é oriundo

* Trabalho apresentado na XIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Santa Maria, 23 a 27/07/1990.

** Engenheiro Agrônomo e aluno de Pós-Graduação em Agronomia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

*** Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, Dr. - Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Bolsista do CNPq - 97119-900 - Santa Maria, RS.

da decomposição das estruturas minerais da argila (aluminossilicatos) devido ao abaixamento do pH a valores inferiores a 5,5. Os fatores químicos do substrato (solução do solo e/ou solução nutritiva) acarretam alterações sensíveis na atividade das várias espécies de íons alumínio na solução e, conseqüentemente, podem alterar a intensidade dos efeitos fitotóxicos do Al (CAMARGO & FURLANI, 1989). Portanto, a toxicidade não é o único fator limitante em solos ácidos; e as raízes (parte diretamente afetada) não são comumente observadas, tornando o uso de solução nutritiva o mais eficiente para avaliação da sintomatologia (HOWELER & CADAVID, 1976).

A toxidez de alumínio é caracterizada pela paralização e engrossamento do sistema radicular devido a efeitos de inibição da divisão celular, desaparecimento de figuras mitóticas e enrijecimento da parede celular (FOY & FLEMING, 1978; FOY et al, 1978). Ocorre a deficiência de fósforo na parte aérea devido a redução da superfície de absorção, e a complexação e precipitação na forma de fosfatos de alumínio nas células corticais do sistema radicular (CLARCKSON, 1967; McCORMICK & BORDEN, 1974).

As plantas de tremoço devido ao sistema radicular vigoroso e tolerância à acidez, são capazes de explorar o solo ácido além da camada arável, na qual a acidez foi corrigida através da calagem (SCHERER, 1982). A tolerância diferencial específica ou de cultivar ao alumínio pode ser uma aptidão de prevenir a absorção excessiva (exclusão), ou a desintoxicação após absorção (tolerância interna) (Foy, 1988 e Taylor, 1988 apud FURLANI, 1989). As respostas mais drásticas à toxidez de alumínio manifestam-se no estágio de plântula (HELYAR, 1978; HANSON & KAMPRATH, 1979) e a reversibilidade dos danos é dependente da variabilidade genética, da concentração do alumínio e do tempo de exposição (FOY et al, 1978; CAMARGO & OLIVEIRA, 1981). Este trabalho tem por objetivos avaliar as alterações morfológicas em raízes de tremoço azul, causadas pelo excesso de alumínio, e a reversibilidade da sintomatologia quando retiradas do estresse imposto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Solos - Centro de Ciências Rurais, da UFSM, no primeiro semestre de 1990. Utilizou-se vasos plásticos, com capacidade de 2 litros, com solução nutritiva apresentando as concentrações em ppm: P-10 (KH_2PO_4), Mg-24 e S-32 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), K-117 (KNO_3), N-84 ($\text{KNO}_3 + \text{NaNO}_3$), Ca-120 (CaCl_2), Fe-5 (Fe-EDTA), B-0,5 (H_3BO_3), Mn-0,8 (MnCl_2), Zn-0,05 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Cu-0,02 ($\text{CSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e

Mo-0,01 ($\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

A unidade experimental constou de um vaso com uma plântula de tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.) cv IAPAR 24, germinada em areia, sustentada com tampa de isopor e com aeração permanente, permanecendo por 15 dias em solução nutritiva a 50%, com omissão de Al. Após esse período, foram aplicados os tratamentos com alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) cuja variação temporal em dias foi: 0-11, 0-22, 0-33, 12-33 e 23-33. Na testemunha e nos períodos com omissão de alumínio, as plantas cresceram em solução nutritiva completa, a qual era substituída a cada cinco dias. Cada tratamento foi composto de três repetições e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

No 33º dia, após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram coletadas, parte aérea e raiz separadamente. Realizou-se a determinação do peso fresco e volume de raízes, em seguida o material foi posto a secar em estufa (60-70°C) por 72 horas, determinando-se a matéria seca. A parte aérea foi moída e submetida a digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_4$, descrita por TEDESCO et al (1985), avaliando o teor de fósforo por colorimetria. O comprimento de raízes foi determinado pelo método de TENNANT (1975), superfície e raio estimados. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e Regressão ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extensão dos danos causados pelo Al foi avaliada na raiz (comprimento, raio, superfície e matéria seca) já que a característica crítica de ação é a sua redução de crescimento, e conseqüentemente menor produção de matéria seca, redução do teor e P acumulado na parte aérea. As plantas não submetidas ao estresse de alumínio apresentaram ampla ramificação lateral (10,45m), raízes finas (0,66mm) e claras, que proporcionaram maior absorção de fósforo e produção de matéria seca de raiz e parte aérea (Tabela 1, Figura 1 e 2).

Na testemunha, a concentração de P (0,29%) na parte aérea propiciou um desenvolvimento normal das plantas. A presença de Al nos primeiros 11 dias reduziu a superfície de absorção e crescimento, mas manteve uma concentração final normal de P (0,30%), devido a retomada do crescimento e emissão de raízes finas e claras, a partir das já existentes, quando na ausência de Al. Tal comportamento foi utilizado por CAMARGO & OLIVEIRA (1981) para seleção de genótipos de trigo. A medida que reduziu o tempo de recuperação (solução normal) e a superfície de absorção, o teor e P acumulado diminuíram,

Tabela 1 - Efeito de estresse de Al no teor e fósforo acumulado pela parte aérea de tremoço azul, cv IAPAR 24, cultivado em solução nutritiva.

FÓSFORO		
1/ TRATAMENTO	%	mg/vaso
Testemunha	0,29	5,44
0 - 11	0,30	3,20
0 - 22	0,21	1,49
0 - 33	0,01	0,05
12 - 33	0,12	1,61
23 - 33	0,08	1,43

1/ Testemunha: sem Al durante todo o período experimental. Variação temporal em dias, em que as plantas foram submetidas ao estresse de alumínio.

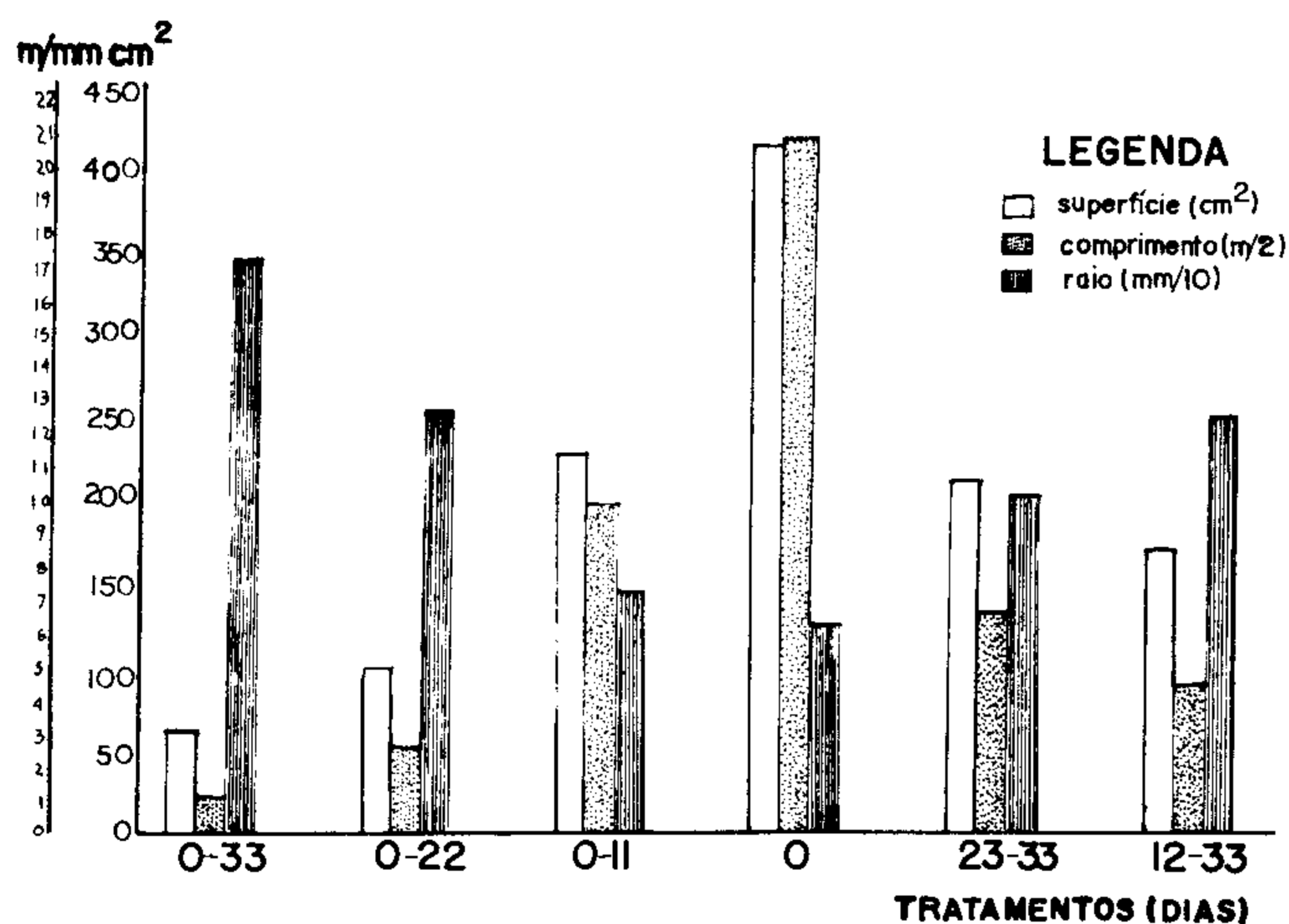


FIGURA 1 - Influência do estresse de alumínio, numa variação temporal, na superfície, comprimento e raio médio de raízes de tremoço azul, cv. IAPAR 24.

evidenciando a indissociabilidade entre toxidez de Al e deficiência de P (CLARCKSON, 1967; FOY et al, 1978; HAYNES, 1984). A ausência de Al na fase inicial proporcionou absorção de P capaz de manter o crescimento quanto submetido a estresses, reduzindo a concentração interna (Tabela 1), confirmando as observações feitas por SCHERER (1982) de que as plantas de tremoço são capazes de explorar um subsolo ácido.

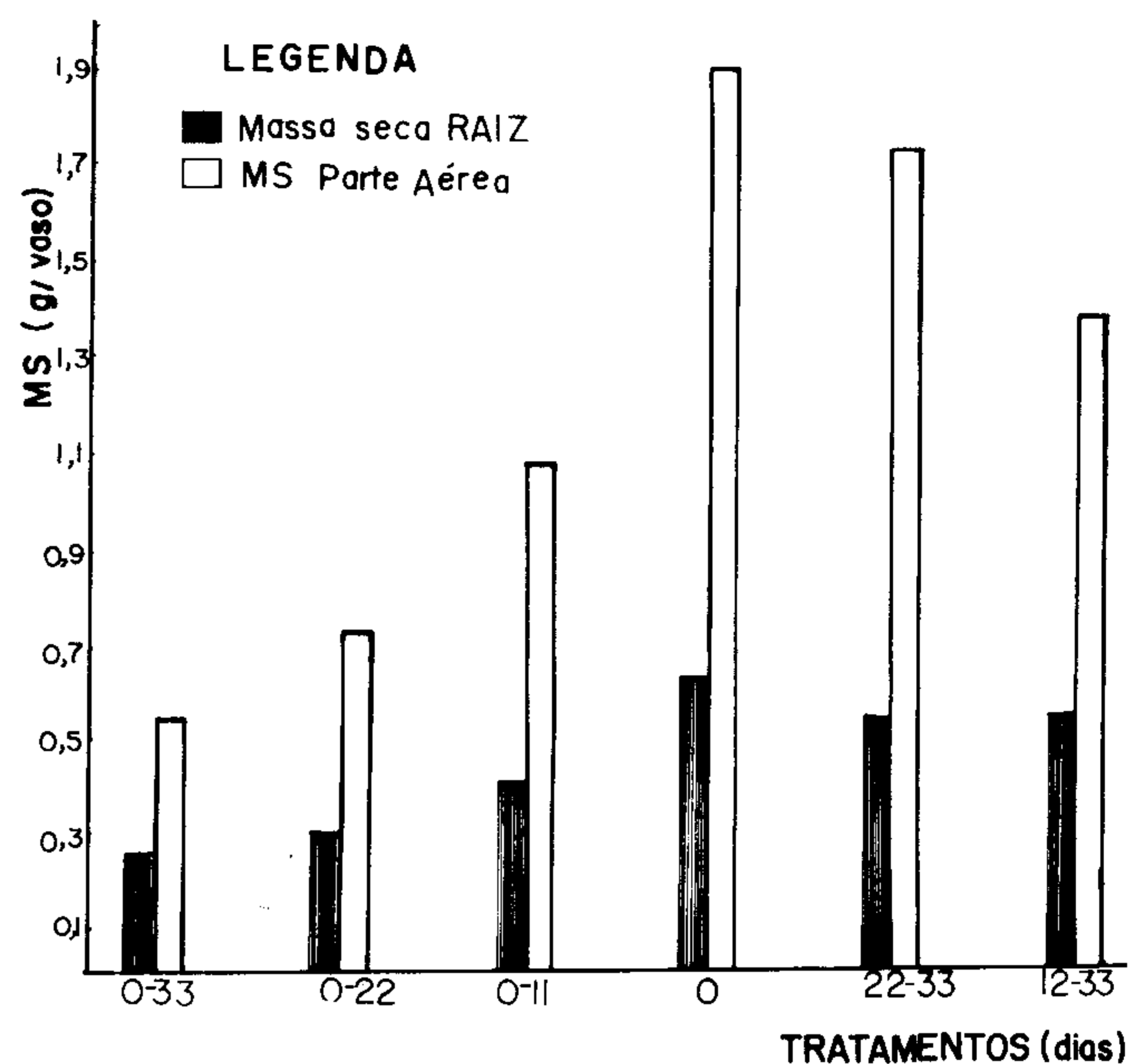


FIGURA 2 - Influência do estresse de alumínio, numa variação temporal, no rendimento de matéria seca de raízes e parte aérea de tremoço azul, cv. IAPAR 24.

Os danos causados pelo excesso de Al foram dependentes do tempo de exposição, sendo que o aumento gradativo (0 a 33dd) reduziu a produção de matéria seca da parte aérea e raízes, comprimento, superfície e aumentou o diâmetro do raio (Tabela 2), sendo o comprimento o mais afetado (Figura 1). As raízes apresentaram exsudados, precipitados de sais na epiderme, rachaduras, escamamento e necroses com aspecto coralóide, confirmando a sintomatologia habitual (FOY, 1974; KAMINSKI, 1989).

A aplicação do Al nos períodos iniciais reduziu significativamente a emissão de raízes pelo engrossamento dos pontos de crescimento, por inibir a divisão celular, alterar a flexibilidade da parede celular (CLARCKSON, 1967; FOY et al, 1978; HELYAR, 1978), enquanto a sua ausência propiciou condições favoráveis ao desenvolvimento e absorção de nutrientes capazes de tolerar estresses futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, C.E., OLIVEIRA, O.F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, v. 40, n. 3, p. 21-31, 1981.
- CAMARGO, O.A., FURLANI, P.R. Alumínio no solo: concentração, especiação e efeito no desenvolvimento

TABELA 2 - Equação de regressão, coeficientes de determinação e variação para parâmetros avaliados (y) e tempo de exposição ao alumínio (x).

P. avaliados	Equação	r^2 ou R^2	CV %
Matéria seca Raiz	$Y=0,6205-0,0237X+0,004X^2$	0,0836	12,19
MS Parte Aérea	$Y=1,8840-0,0847X+0,0013X^2$	0,9128	12,65
Raio	$Y=0,512 + 0,0346X$	0,9639	17,49
Comprimento	$Y=10,5079-0,6301X+0,0099X^2$	0,9978	19,95
Superfície	$Y=411,7052-21,2176X+0,318X^2$	0,9981	11,01
P acumulado P.aérea	$Y=5,2228-0,1624X$	0,9797	23,93

- radicular. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 1989, Piracicaba. *Anais ...* Campinas, Cargill, 1989. 148 p. p. 45-69.
- CLARCKSON, D.T. Interactions between aluminum and phosphorus on root surface and cell wall material. *Plant Soil*, v. 27, p. 347-356, 1967.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. *The plant root and its environment* Virginia, Charlottesville: Univ.Press, 1974. p. 601-42.
- FOY, C.D., FLEMING, A.L. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. In: ROAD, S.S. *Crop tolerance to suboptimal land conditions* Madison: ASA, 1978. cap. 14, p. 301-316.
- FOY, C.D., CHANEY, R.L., WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann Rev Plant Physiol*, v. 29, p. 511-566, 1978.
- FURLANI, P.R. Efeito fisiológico do alumínio em plantas. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 1989, Piracicaba. *Anais ...* Campinas, Cargill, 1989. 148 p. p. 73-90.
- HANSON, W.D., KAMPRATH, E.J. Selection for Aluminum tolerance in soybeans based on seedling root growth. *Agron J*, v. 17, p. 581-586, 1979.
- HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Adv Agron*, v. 37, p. 249-315, 1984.
- HELYAR, K.R. Effects of aluminum and manganese toxicities on legume growth. In: ANDREW, C.S. & KAMPRATH, E.J. *Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils*. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 203-32.
- HOWELER, R.H., CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to aluminum toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. *Agron J*, v. 68, p. 551-555, 1976.
- KAMINSKI, J. Acidez do solo e a fisiologia das plantas. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 1989, Santa Maria, RS. *Anais ...* Santa Maria, Imprensa Universitária, UFSM, 1989. 224 p. p. 39-61.
- MCCORMICK, L.H., BORDEN, F.Y. The occurrence of aluminum phosphate precipitate in plant roots. *Soil Sci Soc Am Proc*, v. 38, p. 931-934, 1974.
- SCHERER, E.E. *O tremoço e seu cultivo no estado de Santa Catarina* Florianópolis: EMPASC, 1982. 20 p. Boletim Técnico 14.
- TEDESCO, M.J., VOLKWEIS, S.J., BOHNEN, H. *Análises de solo, planta e outros materiais* Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- TENNANT, D. A test of modified lime intersect method of estimating root length. *Journal Appl of Ecology*, v. 63, p. 995-1000, 1975.