

NUTRIÇÃO MINERAL DE SERINGUEIRA. IX. ALUMÍNIO NO SUBSTRATO AFETANDO O DESENVOLVIMENTO, A SINTOMATOLOGIA DE TOXICIDADE E A CONCENTRAÇÃO EM SERINGUEIRA (*Hevea* spp)

N. Bueno*
H.P. Haag**
J.P. Pereira*
I.J.M. Viégas*

RESUMO: Com o propósito de comparar os efeitos de doses crescentes de alumínio sobre o desenvolvimento de plantas de seringueira e distinguir o grau de tolerância do grau de toxicidade desse elemento sobre a planta, conduziu-se um experimento usando-se separadamente solução nutritiva de BOLLE-JONES (1957) e soluções de doses de alumínio que se constituíram de 0, 5, 10, 15, 20 e 25ppm de alumínio, em que as plantas passaram vinte e quatro horas na solução nutritiva (sem alumínio) e vinte e quatro horas nas soluções de alumínio correspondentes aos tratamentos acima. As plantas foram coletadas e separadas em raiz, caule, folhas dos verticilos inferiores e folhas do último verticilo. Determinaram-se os acúmulos de alumínio e as concentrações em função das doses de alumínio em cada parte da planta. Os sintomas visuais de toxicidade de alumínio foram identificados e descritos. Concluiu-se que: - o desenvolvimento de plantas de seringueira é afetado a partir

* Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê EMBRAPA. Manaus, AM.

** Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP.

de 15ppm de alumínio na solução; - Sinais de excesso de alumínio aparecem primeiro no sistema radicular. Na parte aérea, é difícil identificar efeito tóxico de alumínio dado a sua semelhança com sintomas visuais de deficiência de fósforo; - A seringueira é planta acumuladora e tolerante à presença de concentrações de alumínio no substrato inferior a 15ppm. Níveis superiores de alumínio provocam distúrbios nutricionais na planta.

Termos para indexação: seringueira, *Hevea*, alumínio, toxicidade

MINERAL NUTRITION OF RUBBER TREE. IX. ALUMINUM
AFFECTING THE GROWTH OF YOUNG RUBBER PLANT
(*Hevea* spp)

ABSTRACT: In Brazil mostly all rubber tree, under natural and cultivated conditions occurs on soil containing high levels of toxic aluminum. A study on the rubber tree behavior in relation to aluminum is necessary and urgent. In order to: - Study the effects of five levels of aluminum in the substrate on the growth of young rubber trees; - Describe visual symptoms of the aluminum toxicity on the leaves; - Evaluate the tolerance of rubber plant to aluminum; Young rubber plants were cultivated in BOLLE-JONES (1957) nutrient solution, modified for iron supply. A separate solution of aluminum was prepared by dissolving a thin aluminum foil with HCl 1N. From these stock solution the following solutions were prepared: none, 5, 10, 15, 20 and 25ppm of aluminum. The plants remained for 24 hours in nutrient solutions and another 24 hours in the aluminum solutions. These procedure was carried out during 95 days. Both solutions - nutrient and aluminum - were replaced every week. After 95 days, the plants were harvested and divided into top whorl, 2nd and 3rd whorls, stem and roots. The material was dried and analysed for aluminum by routine methods in the laboratory.

The authors concluded: - The growth of the rubber plants was affected when the concentration of aluminum was 15ppm or more in the solution. - Clear cut symptoms of the aluminum toxicity was noted in the roots. The root tip and lateral roots became thockened and turned brown. - The rubber plant grows well in presence of less than 15ppm of aluminum.

Index terms: rubber-tree, *Hevea*, aluminum, toxicity symptoms.

INTRODUÇÃO

As informações sobre o comportamento da seringueira com relação a tolerância à alumínio são escassas no Brasil e nos países líderes de produção de borracha natural.

Um aspecto importante a salientar, diz respeito às características dos solos, em particular o aspecto químico, para onde foram direcionadas as primeiras tentativas de implantação de seringais de cultivo no Brasil. O suporte de informações técnicas disponível à época, indicava sucesso nas regiões de clima quente e úmido, onde normalmente as áreas recém-desmatadas apresentam níveis consideráveis de nutrientes minerais e baixas concentrações de alumínio trocável após a queimada, em relação à área não queimada, BRINKMANN & NASCIMENTO (1973), SANCHEZ (1981), SANCHEZ & BRANDY (1982), MANARINO *et alii* (1982), SANCHEZ *et alii* (1983) e CERRI *et alii* (1985). Essa condição transitória não impôs à prática cultural, a necessidade de gerar suficientes informações técnicas decorrentes da pesquisa, para dar sustentação capaz de superar as limitações impostas pelo retorno a curto prazo de nutrientes oriundos da queimada da floresta. Trata-se de um quadro que, associado a outros fatores, têm provocado o insucesso da heveicultura nas regiões dos trópicos úmidos do Brasil.

É que os solos onde se cultiva a seringueira neste País, como em outras partes do mundo são, em geral, ácidos, de baixa fertilidade natural, apresentando alta porcentagem de saturação de alumínio e elevada concentração de alumínio trocável conforme dados de SOONG & LAU (1977), CHAN (1977), VIEIRA (1981) e HAAG *et alii* (1986). Estas condições adversas comprometem de pronto qualquer programa de nutrição que não seja calcado em pesquisas.

De outro lado, a heveicultura encontra-se atualmente em franca expansão territorial, tendo ultrapassado as fronteiras das regiões tradicionais de cultivo (Amazônia e sul da Bahia), atingindo parte do Estado do Maranhão, o Estado de São Paulo (litoral e planalto), o litoral do Estado do Espírito Santo, os cerrados dos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Zona da Mata do Estado de Pernambuco e região dos lagos do Estado do Rio de Janeiro. Apesar de os solos dessas regiões apresentarem alguns problemas com relação a alumínio e inclusive pH, a seringueira vem se desenvolvendo satisfatoriamente, mostrando ser uma planta capaz de absorver nutrientes juntamente com esse elemento, desde que ele não se encontre em nível tóxico na solução do solo, enquadrando-se entre aquelas acumuladoras de alumínio segundo os critérios discutidos por GOODLAND (1971).

A importância do alumínio na nutrição da seringueira ainda está pouco explicada e compreendida e tem sido frequentemente obscurecida. O elemento é pouco ou nada estudado nos solos cultivados com a *Hevea* no mundo. Entretanto, o conhecimento de sua interação com a planta é fundamental, porque a crescente demanda de borracha natural nos mercados interno e externo e os altos preços alcançados pelo produto no País além de terem estimulado o aumento da área plantada - via de regra em solos ricos em alumínio - vêm incrementando o plantio de clones melhorados, com alta exigência nutricional. Isto supõe basicamente que o uso de fertilizantes para o aumento da produtividade é de particular

interesse e que o conhecimento do potencial do solo e das exigências da planta é essencial para o uso racional de fertilizantes.

Para muitas culturas já são conhecidos os efeitos deletérios do alumínio, quando em altas concentrações no substrato e esse elemento tem sido identificado como um dos principais fatores limitantes do crescimento e da produção de diversas espécies cultivadas em solos altamente intemperizados na região tropical, GOODLAND (1971), FOY (1974), FOY (1984) e MARSCHNER (1986). Por outro lado, segundo os mesmos autores, em baixas concentrações ele pode de alguma maneira, favorecer o crescimento, produção bem como proporcionar efeitos favoráveis em espécies e genótipos tolerantes.

O presente trabalho foi realizado com os seguintes objetivos:

- Estudar o desenvolvimento das plântulas submetidas aos níveis de alumínio;
- Detectar a sintomatologia do excesso de alumínio em seringueira;

Determinar se a seringueira é tolerante ou não a níveis crescentes de alumínio disponível.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes clonais ilegítimas de seringueira (*Hevea* spp), coletadas em uma área de plantio comercial de pés francos no município de Poloni, no planalto paulista.

O substrato foi umedecido diariamente e a emergência das plantas teve início no oitavo dia após a semeadura. Foram descartadas as mudas que emergiram nos 14 dias após o início da germinação.

As plantas selecionadas passaram por um período de pré-crescimento em vermiculita, até que aos quarenta

e dois dias, o primeiro fluxo de folhas atingisse a completa maturação com a gema apical em estado de dormência.

As plantas foram coletadas do substrato de vermiculita, lavadas as raízes com jato de água de torneira e em seguida imersas em água desmineralizada para completa limpeza. Após esse procedimento o material foi selecionado procurando-se uniformizar ao máximo o estado através da escolha de plântulas que apresentassem parte aérea e sistema radicular nas mesmas condições de crescimento. Nestas circunstâncias as plantas foram transferidas para vasos com capacidade para oito litros com solução nutritiva segundo BOLLE-JONES (1957), diluída para duas vezes em água desmineralizada, onde permaneceram por quatro semanas com arejamento constante. A solução foi renovada a cada duas semanas. Após este período de aclimação as raízes foram lavadas com jato de água de torneira e imersas em água desmineralizada.

A solução estoque de alumínio foi preparada a partir de folhas de alumínio dissolvidas em solução de HCl 1N.

Nesta fase as plantas passaram vinte e quatro horas na solução nutritiva (sem alumínio) e vinte e quatro horas nas soluções de alumínio correspondentes aos tratamentos. Antes da transferência de um substrato para o outro, as raízes foram lavadas com jato de água de torneira e imersas em água desmineralizada para completa limpeza. Este período durou de 13/08/1985 a 18/11/1985 e soluções (nutritiva e de alumínio) foram renovadas semanalmente. O índice de pH da solução nutritiva variou entre 4,0 e 5,0.

Aos noventa e cinco dias após a instalação as plantas foram coletadas. Feita a colheita, as plantas foram separadas em folhas do último verticilo, folhas dos verticilos inferiores, caules e raízes, sendo então lavadas, cada parte individualmente com água de torneira e quatro vezes com água desmineralizada. As diferentes partes de cada planta isoladamente, foram acondicionadas

em saco de papel e colocadas em estufa de circulação forçada com temperatura de 69°C-70°C por cerca de 72 horas consecutivas. Depois de seco o material foi pesado. As concentrações de alumínio foram determinadas segundo PERKIN-ELMER (1976).

O efeito dos tratamentos foi medido através do crescimento das plantas, tendo por base a altura, tomada a partir do coleto até a gema apical, o diâmetro do caule a 5cm do colo, a produção de matéria seca, a concentração e o acúmulo de alumínio nas diferentes partes da planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura das Plantas, Diâmetro do Caule e Produção de Matéria seca

Os dados obtidos, assinalados na Tabela 1, caracterizam a influência dos tratamentos no desenvolvimento das plantas, refletindo seus efeitos diretamente no comprimento e diâmetro do caule e na produção de matéria seca.

Houve resposta aos tratamentos para todas as variáveis. Verifica-se que na ausência de alumínio ocorre um melhor crescimento das plantas, determinado pelas medidas de altura, tomada do coleto ao ápice e do diâmetro do caule, tomado a 5cm do colo, enquanto nota-se uma redução nesses parâmetros à medida que aumentam as doses de alumínio. Os resultados divergem daqueles encontrados por SANTANA *et alii* (1977) e LAU (1979), que trabalharam com seringueira em solução nutritiva.

Uma justificativa para esta ocorrência é dada pelo fato de que no presente experimento, as soluções nutritivas e de concentrações de alumínio foram renovadas semanalmente. Contudo, as plantas submetidas a níveis crescentes de alumínio passavam vinte e quatro horas nas respectivas soluções. Então, efetivamente estas eram renovadas a cada quatro dias, significando um fluxo

Tabela 1. Influência das doses de alumínio sobre a altura das plântulas (AP), diâmetro do caule (DC) e pesos da matéria seca das folhas do último verticilo (PUV), das folhas dos verticilos inferiores (PVI), do caule (PC), das raízes (PR) e total (PT)

Doses de Al^{3+} (ppm)	AP (cm)	DC (cm)	PUV (g/pl)	PVI (g/pl)	PC (g/pl)	PR (g/pl)	PT (g/pl)
0	107,5a*	0,89a	7,10a	5,42a	6,80a	6,45abc	25,77a
5	88,0ab	0,78ab	5,38ab	4,52ab	7,75a	7,27ab	24,93a
10	84,5ab	0,67ab	5,13ab	4,00b	8,30a	7,88a	25,30a
15	75,0b	0,64b	4,68b	3,70b	7,50a	6,97ab	22,85a
20	69,5b	0,63b	3,88b	-	4,87a	4,58bc	13,32b
25	61,5b	0,63b	3,37b	-	4,58a	3,40c	11,35b
Tukey (5%)	31,8	0,22	2,05	1,42	4,07	3,20	6,69
C.V. (%)	17,45	14,15	18,85	15,30	27,21	23,38	14,44

* Médias seguidas de letras não comuns nas colunas representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

contínuo deste elemento. A técnica usada reflete as reais condições de cultivo da seringueira, especialmente na Amazônia, onde não é usado qualquer procedimento para amenizar possíveis problemas causados por alumínio ou por suas interações, a não ser o aproveitamento passageiro e quase sempre danoso, induzindo desordem nutricional, resultante da queima da floresta recém desmatada, que antecede a implantação dos seringais de cultivo. Deste modo, é assegurado às raízes um maior acesso aos elementos fornecidos, com menor probabilidade de ocorrência de interações entre o alumínio e os nutrientes do que nos métodos tradicionais usados, garantindo assim, maior eficiência nos seus efeitos, além de outras causas que possam ter ocorrido para que esta situação se verificasse.

Observou-se que ocorreu uma queda acentuada na produção de matéria seca quando o nível de alumínio aumentou de 0,0ppm para 25ppm, o que parcialmente está de acordo com os resultados observados por LAU (1979), que utilizou três solos cauliniticos da Malásia, ricos em gibsitita e goetitita, por isso mesmo apresentando altos valores de alumínio trocável, como é o caso do Inceptsol, com valor de alumínio trocável da ordem de 2,61 meq/100g de solo, do Ultisol apresentando 3,31 meq/100g de solo de alumínio trocável e do Oxisol com 3,46 meq/100g de solo de alumínio trocável.

Ainda que os valores dos coeficientes de variação apresentados na Tabela 1, pareçam relativamente altos, o que é justificável pela alta variabilidade genética da seringueira, especialmente em se tratando de material multiplicado via sexuada, vê-se que concentrações de alumínio na solução em níveis superiores a 10ppm causou sérios prejuízos ao desenvolvimento das plântulas.

A fim de pormenorizar o estudo do desenvolvimento das plantas efetuou-se a análise de regressão com os desdobramentos dos graus de liberdade de tratamentos e, para altura, registrada em função das doses de alumínio, a equação que melhor se ajustou foi a linear,

apresentada juntamente com a reta correspondente, na Figura 1A, onde visualiza-se que o alumínio afetou drasticamente essa variável. Observa-se os efeitos quadráticos de doses de alumínio no desenvolvimento das plantas em diâmetro do caule e na produção de matéria seca, assinaladas nas Figuras 1B, 2A, 2B, 2C, 2D e 2E, e as respectivas equações, mostrando que, enquanto para o diâmetro do caule ocorreu uma queda abrupta com o aumento da concentração de alumínio de 0ppm para 25ppm de alumínio, para produção de matéria seca total, na Figura 2E, a limitação só é sensível a partir da dose de 10ppm de alumínio, o que sugere que o elemento em doses baixas pode, de algum modo favorecer uma melhor formação da planta.

Embora o alumínio não seja considerado um elemento essencial, e ainda que se desconheça os mecanismos pelos quais em baixas concentrações ele possa algumas vezes induzir um aumento no crescimento ou produzir outros efeitos desejáveis, FOY (1974, 1984) e MARSCHNER (1986) discutem várias possibilidades de explicação para o fato, incluindo para condições de solo: 1) aumentando a solubilidade e disponibilidade do ferro em solos calcáreos (através da hidrólise do alumínio e baixando o pH); 2) corrigindo ou prevenindo deficiência de ferro (pela liberação do ferro absorvido em sítios metabolicamente inativos dentro da planta); 3) bloqueando sítios na parede celular carregados negativamente e assim promovendo a absorção de fósforo; 5) retardando a deterioração das raízes em baixas concentrações de cálcio pelo crescimento lento e prevenção absoluta da diminuição do cálcio do meio; 6) alterando a distribuição de reguladores de crescimento nas raízes; 7) prevenindo toxicidade por cobre e manganês; 8) servindo como fungicida; 9) reduzindo o crescimento indesejável do ápice de porta-enxertos ricos em nitrogênio.

As consequências da presença de concentrações de alumínio no substrato em níveis superiores a 10ppm está registrada na Figura 3. Ajustou-se regressão linear para a variação na altura das plantas, peso da matéria

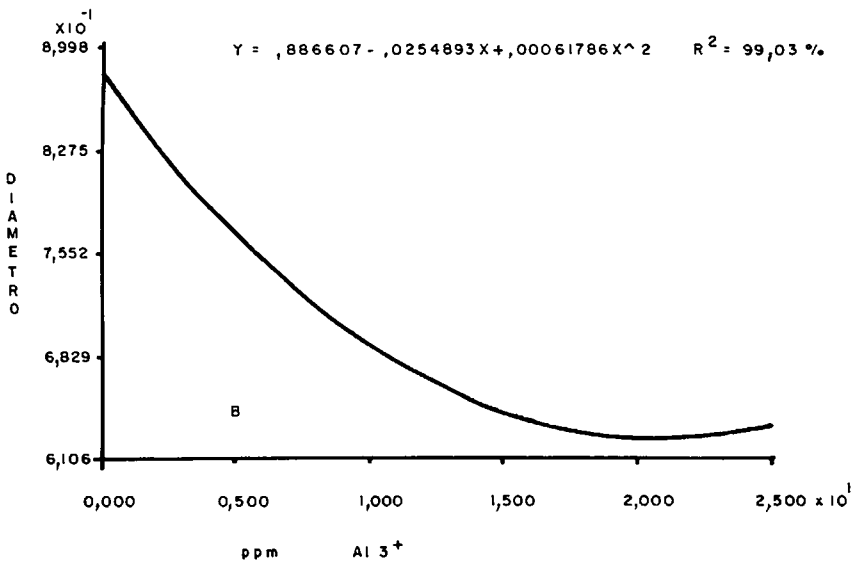
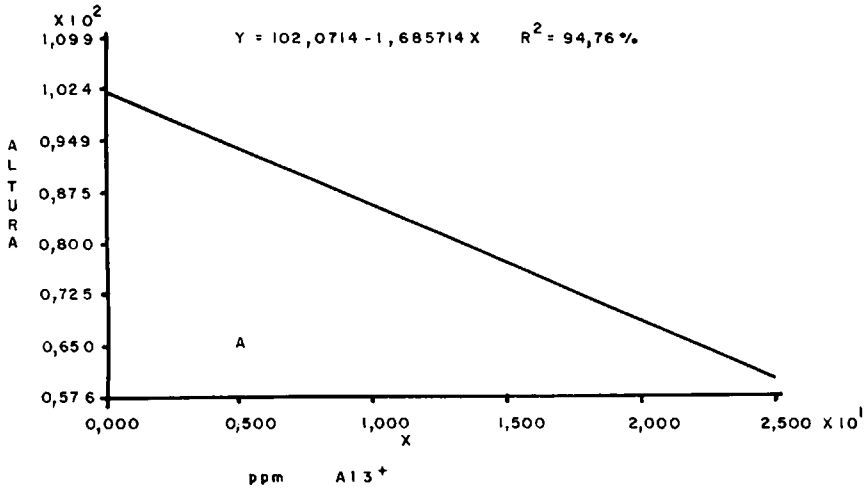


Fig. 1. Influência das doses de alumínio sobre: A - altura das plântulas e B - diâmetro do caule

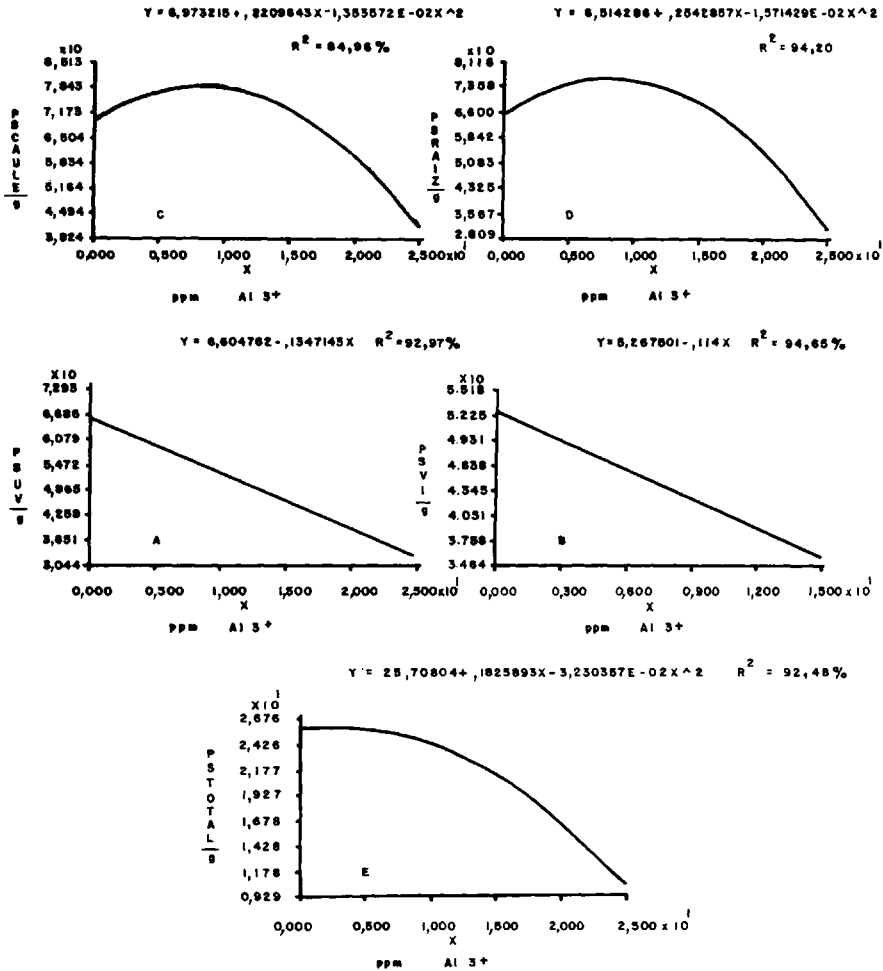


Figura 2. Distribuição da matéria seca entre: A - folhas do último verticilo, B - folhas dos verticilos inferiores, C - caule e D - raízes e E - produção total de matéria seca, em função das doses de alumínio

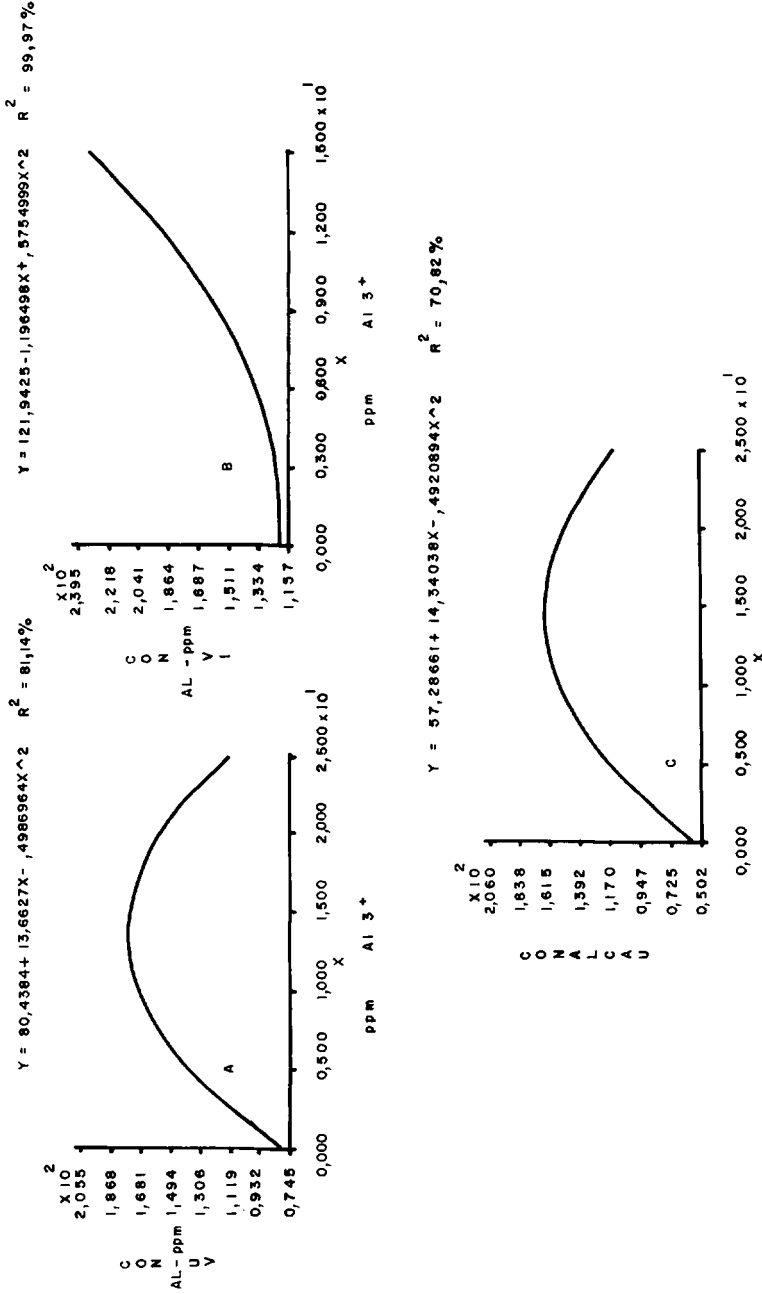


Fig. 3. Concentração de alumínio A - nas folhas do último verticilo, B - nas fo-lhas dos verticilos inferiores, C - no caule

seca das folhas do último verticilo e peso da matéria seca das folhas dos verticilos inferiores, sendo representada juntamente com as retas correspondentes nas Figuras 1A, 2A e 2B. Por outro lado, a equação de regressão que melhor se ajustou à variação do diâmetro do caule, peso da matéria seca do caule, peso da matéria seca de raiz e peso da matéria seca total em função das doses de alumínio foi quadrática, assinalada, juntamente com as curvas correspondentes, nas Figuras 1B, 2C, 2D e 2E. Pela Figura 1B percebeu-se que o alumínio limita o desenvolvimento radial das plântulas e que este prejuízo alcançou o seu máximo na dose de 20ppm desse elemento, quando o ponto de mínimo foi de 0,62cm, e isto importa um prejuízo de cerca de 40% em relação às plântulas que se desenvolveram na ausência de alumínio.

Alumínio

Concentração

A concentração de alumínio, com base no peso da matéria seca, em função das doses desse elemento é mostrado na Tabela 2. Nota-se que ocorreu uma variação na concentração em função dos tratamentos, para todas as variáveis estudadas, e que mesmo na ausência de alumínio houve uma considerável concentração desse elemento nas plantas. Uma explicação plausível para o fato é que as próprias sementes continham cerca de 14ppm, conforme observações de HAAG*.

Por outro lado, MENGEL & KIRKBY (1982) explicam que usualmente plantas superiores contêm cerca de 200ppm de alumínio na matéria seca. Observa-se ainda um aumento progressivo nas folhas do último verticilo, enquanto, a partir da dose de 20ppm de alumínio na solução as folhas dos verticilos inferiores caíram rapidamente. Os dados mostram ainda que apesar de o tratamento

*HAAG, H.P., E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP. Comunicação pessoal, 1987.

Tabela 2. Influência das doses de alumínio na concentração e no acúmulo de alumínio no último verticilo (UV), nos verticilos inferiores (VI), no caule (C), nas raízes (R) e no acúmulo total (T), nas plântulas

Doses de Al ³⁺ (ppm)	Concentração de alumínio (ppm)				Acúmulo de alumínio (µg/planta)				
	UV	VI	C	R	UV	VI	C	R	T
0	93,15b	121,57b	76,60b	116,53b	662,82ab	657,92ab	542,80b	764,20b	2627,64c
5	102,69b	131,44b	83,98b	1017,57a	641,37ab	597,52b	550,05b	7345,55a.	9143,50a
10	110,90ab	166,43b	149,90ab	389,99b	757,10a	663,30ab	1158,18ab	3159,85b	5438,68b
15	150,80ab	233,85a	198,85a	318,90b	890,10a	855,22a	1525,55a	2160,65b	5431,53b
20	156,62ab	-	139,32ab	265,20b	610,78ab	-	675,65b	1287,68b	2574,10c
25	199,55a	-	102,77b	239,35b	345,40b	-	460,33b	724,70b	1530,43b
Tukey (5%)	93,15	46,16	80,24	386,00	391,21	255,95	760,47	2817,65	2529,85
C.V. (%)	30,23	13,45	28,81	43,85	26,69	17,58	41,20	48,65	24,94

Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

correspondente a 5ppm de alumínio ter apresentado o maior valor de concentração desse elemento na raiz, a translocação para a parte aérea foi prejudicada, quando comparada por exemplo com os tratamentos 10ppm de alumínio ou 15ppm de alumínio. Percebe-se ainda que a concentração nas folhas inferiores é maior do que aquela encontrada nas folhas superiores e que são elevadas as concentrações nas raízes.

Para plantas em geral, segundo FOY (1984), o excesso de alumínio interfere na divisão celular das raízes, aumenta a rigidez da parede celular pela ligação de pectinas, reduz a produção de DNA, diminui a respiração das raízes, interfere na ação das enzimas que governam a fosforilação de açúcares e precipitação de polissacarídeos da parede celular, além de perturbar a absorção, transporte e uso de vários nutrientes como P, K, Ca, Mg e Fe.

As considerações de MARSCHNER (1986) são no sentido que os mecanismos fisiológicos dos efeitos tóxicos do alumínio sobre o crescimento das raízes ainda não estão completamente esclarecidos e cita Clarkson (1966) e Morimura *et alii* (1978) que descreveram a inibição da divisão celular do meristema apical das raízes como um efeito primário do alumínio.

Ajustou-se regressão quadrática para todas as variáveis estudadas, sendo apresentada juntamente com a curva correspondente nas Figuras 3A, 3B, 3C, verificando-se que nas folhas do último verticilo ocorreu um ponto de máximo com 1925,5ppm de concentração na dose de 13,6ppm de alumínio na solução, acusando uma queda na concentração a partir deste ponto, como se observa na Figura 3A. Na Figura 3B percebe-se que a concentração de alumínio nas folhas dos verticilos inferiores aumentou com o incremento desse elemento na solução. No caule a concentração atingiu o ponto de máximo na concentração de alumínio na dose de 15ppm de alumínio na solução, conforme é visto na Figura 3C. Não se ajustou nenhuma regressão para a variação da concentração de alumínio nas raízes, pois não houve diferenças signifi-

cativas para este tipo de variação.

Acúmulo

As variações na quantidade total de alumínio e nas diversas partes das plantas em função das doses estudadas são apresentadas na Tabela 2. Detecta-se que o acúmulo total de alumínio pelas plantas alcançou níveis elevados, destacando-se as doses, 5, 10 e 15ppm de alumínio, acompanhando a concentração. GOODLAND (1971) propõe uma classificação geral para as plantas em relação ao alumínio, considerando-as como não acumuladoras e acumuladoras, sendo as primeiras subdivididas em sensitivas e tolerantes, enquanto as segundas são agrupadas em facultativas e obrigatórias, explicando, contudo, ser difícil separar as não acumuladoras tolerantes das acumuladoras facultativas. Por outro lado, o autor argumenta que o metabolismo das plantas acumuladoras difere do comum, inferindo ser possível que elas ainda que absorvendo alumínio e nutrientes ao mesmo tempo possuam um mecanismo capaz de separar e tornar inócua o alumínio.

Citando Naidoo *et alii* (1978), MARSCHNER (1986) indica que a acumulação de alumínio é especialmente no núcleo das células das raízes e que neste caso o efeito pode ser resultado da injúria a esse órgão, que funciona como sensor a estresses ambientais. Ainda segundo MARSCHNER (1986) são três os principais mecanismos envolvidos na tolerância a alumínio pelas plantas: 1) rejeição na absorção (plantas excludentes); 2) inativação nas raízes (plantas excludentes/includentes) e 3) acumulação nos ramos.

Os resultados da análise de regressão do acúmulo de alumínio com as respectivas equações de regressão estão nas Figuras 4A, 4B, 4C e 4D, nas quais verifica-se que a seringueira é uma planta só tolerante a níveis razoáveis de alumínio, uma vez que a acumulação diminuiu a partir de 10ppm de alumínio. Reforçando a idéia de tolerância, observada pela Figura 4 que a seringueira satisfaz o terceiro mecanismo postulado por MARSCHNER (1986).

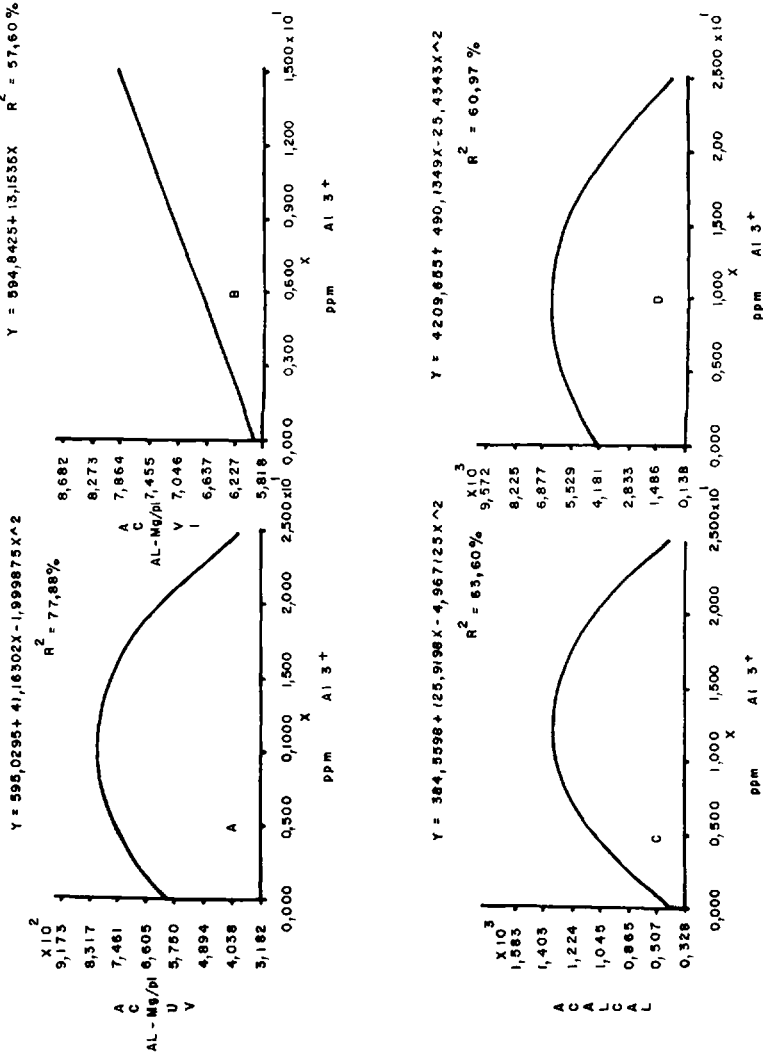


Fig. 4. Acúmulo de alumínio: A - nas folhas do último verticilo, B - nas folhas dos verticilos inferiores, C - acúmulo total de alumínio na planta, em função das doses de alumínio

CONCLUSÕES

O desenvolvimento da seringueira é afetado a partir de 15ppm de alumínio no substrato.

A seringueira é acumuladora e tolerante à presença de concentrações de alumínio inferiores a 15ppm no substrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRINKMANN, W.L.F. & NASCIMENTO, J.C.do. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region of Central Amazonia. *Acta Amazônia*, Manaus, 3(1):55-61, 1973.
- BOOLE-JONES, E.W. Copper, its effects on the growth of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). *Plant and Soil*, The Hague, 10(2):150-78, 1957.
- CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 9(1):1-4, 1985.
- CHAN, H.Y. Soil classification. In: PUSHPARAJAH, E. & AMIN RRIM, L.L., ed. *Soils under Hevea and their management in Peninsular Malaysia*. Kuala Lumpur, 1977. p.57-74.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.K., ed. *The plant root and its environment*. Arlington, University Press of Virginia, 1974. p.601-42.
- FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminum, and manganese toxicities in acid soil. In: ADAMS, F., ed. *Soil acidity and liming*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1984. p.57-97.
- GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., São Paulo, 1971. São

- Paulo, Edgard Blücher, 1972. p.44-60.
- HAAG, H.P.; BUENO, N.; PEREIRA, J.da P. Exigências minerais em uma cultura de seringueira. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DE SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO, Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.33-82.
- LAU, C.H. Rates of extraction of potassium and aluminum from five Malaysian soils by a cation exchange resin. *Journal of Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, 27(3):104-13, 1979.
- MANARINO, R.P.; VOLKOFF, B.P.; CERRI, C.C. Comparação dos húmus de capoeira e de floresta natural em latossolos amarelos da Região Amazônica, Brasil. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., Piracicaba, CENA, 1982. Anais. São Paulo, PROMOCET, 1982. p.51-7.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. Hohenheim, BRD, University of Hohenheim. Institute of Plant Nutrition, 1986. 674p.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 3.ed. Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.
- PERKIN-ELMER, coord. *Revision of analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Norwalk, 1976.
- SANCHEZ, P.A. *Suelos del tropico*. Características y manejo. Costa Rica, IICA, 1981. 660p.
- SANCHEZ, P.A. & BANDY, D.E. Suelos de la Amazonia y su manejo para producción continua de cultivos. *Suelos Ecuatoriales*, Bogota, 12(2):301-15, 1982.
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.M.; BANDY, D.E. Soil fertility dynamics, after cleaning a tropical rain forest in Peru. *Journal of Soil Science Society of America*, Madison, 47(6):1171-78, 1983.
- SANTANA, M.B.M.; CABALA-ROSAND, F.P.; VASCONCELOS FILHO,

A.P. Fertilidade dos solos ocupados com seringueira no sul da Bahia e grau de tolerância dessa cultura ao alumínio. *Revista Theobroma*, Itabuna, 7:125-32, 1977.

SOONG, N.K. & LAU, C.H. Physical and chemical properties of soil. In: PUSHPARAJAH, E. & AMIN RRIM, L.L., ed. *Soils under Hevea and their management in Peninsular Malaysia*. Kuala Lumpur, 1977. p.25-56.

VIEIRA, L.S. O solo e a cultura da seringueira (*Hevea* spp). *FCAP. Informe Didático*, Belém, (2), 1981.

Entregue para publicação em: 27/04/88

Aprovado para publicação em: 30/07/88