

COMPORTAMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM PRESENÇA DO ALUMÍNIO¹

SANDRA DOS SANTOS S. NOGUEIRA², VIOLETA NAGAI³, MARIA LUIZA CARVALHO CARELLI⁴
e JOEL IRINEU FAHL⁵

RESUMO - Com o objetivo de avaliar o comportamento de cultivares dos porta-enxertos cítricos limão Cravo, limão Volkameriano, tangelo Orlando e tangerina Sunki, sob diferentes concentrações de alumínio, instalou-se um experimento em parcelas subdivididas, em casa de vegetação da Seção de Fisiologia do Instituto Agronômico de Campinas, com as doses de 0 ppm, 15 ppm, 30 ppm e 60 ppm de alumínio, na forma de $ALK (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ em solução nutritiva. Foram analisados os dados de crescimento e os teores de macro e micronutrientes nas folhas e raízes. Constatou-se que a presença de alumínio afetou significativamente o comprimento da raiz em todas as cultivares. A altura da planta e o peso de matéria seca de folhas e raízes foram afetados nas cultivares Sunki e Cravo. O aumento de doses de alumínio diminuiu a absorção de cálcio e fósforo pela folha em todas as cultivares e aumentou a de potássio. A cultivar Orlando apresentou, de maneira geral, melhor tolerância ao alumínio, sendo recomendada sua utilização em solos ácidos.

Termos para indexação: limão Cravo, limão Volkameriano, tangelo Orlando, tangerina Sunki, absorção diferencial de íons.

PERFORMANCE OF CITRUS ROOTSTOCKS IN THE PRESENCE OF ALUMINUM

ABSTRACT - With the objective of evaluating the performance of Rangpur lime, Volkameriano lemon, Orlando tangelo, and Sunki tangerine citrus rootstock cultivars, using different aluminum concentrations, an experiment was conducted in a split-plot design, in greenhouse of the Seção de Fisiologia do Instituto Agronômico de Campinas, SP, Brazil, with aluminum levels of 0 ppm, 15 ppm, 30 ppm and 60 ppm, as $ALK (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ in nutritive solution. Growth data and macro and micronutrient levels in leaves and roots were analysed. It was observed that the aluminum affected the root length of all cultivars. The plant height and the dry matter weight of leaves and roots of Sunki and Rangpur lime cultivars were negatively affected by aluminum. The increasing dosage of aluminum reduced the leaf absorption of phosphorus and calcium and increased the potassium for all cultivars. In general, the cultivar Orlando had a better tolerance for aluminum than the other cultivars, so it is suggested for citrus cultivation in acid soils.

Index terms: Rangpur lime, Volkameriano lemon, Orlando tangelo, Sunki tangerine, differential absorption of ions.

INTRODUÇÃO

A citricultura tem avançado em áreas de solos ácidos, de baixa fertilidade, com elevados teores de alumínio.

O alumínio é um elemento notadamente conhecido como fator responsável por distúrbios nutricionais em plantas cultivadas em solos ácidos, limitando seu crescimento e produção.

Existe grande variação na tolerância ao alumínio entre as plantas cultivadas e diferentes espécies. Essa variação é controlada geneticamente por diferentes genes, através de diferentes caminhos bioquímicos (Foy et al. 1978).

O efeito tóxico do alumínio manifesta-se na raiz, onde ocorre engrossamento, encurtamento e muitas vezes a coloração torna-se marrom, e na parte aérea, com redução no crescimento e na absorção de elementos essenciais (Foy et al. 1978).

Literatura bastante extensa tem mostrado o efeito do alumínio na nutrição e no desenvolvimento das plantas cultivadas. Dodge & Hiatt (1972) observaram que a habilidade diferencial entre cultivares, na presença do alumínio, associa-se com a absorção diferencial de ânions e cátions. Inúmeros pesquisadores têm observado que a presença do alumínio afeta a absorção de vários nutrientes (Foy 1974a, Ben et al. 1976, Foy & Fleming 1978, Foy et al. 1978, Gurrer 1979, Lau 1979, Alan & Adams 1979, e Duncan et al. 1980).

Em muitas espécies a tolerância ao alumínio está intimamente relacionada com a eficiência do uso do fósforo (Sartain 1974, Garcia & Leon 1978, Foy et al. 1978, Baumgartner et al. 1976 e Fox 1979).

Também está correlacionada com a absorção e o transporte do cálcio, que interage com o alumínio na superfície da raiz (Foy et al. 1972, Foy 1974a,

¹ Aceito para publicação em 10 de abril de 1989. Trabalho realizado na Seção de Fisiologia do Instituto Agronômico de Campinas.

² Enga. - Agra., Dra., Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13100 Campinas, SP.

³ Enga. - Agra., M.Sc. (IAC).

⁴ Enga. - Agra., Dra. (IAC).

⁵ Eng. - Agr., M.Sc. (IAC).

Foy 1974b, Awad et al. 1976, Edwards & Horton 1977 e Simpson et al. 1977).

A influência de porta-enxertos de citros na assimilação de nutrientes já foi estudada nos países do hemisfério norte (Bould 1970).

Nas regiões tropicais, onde a citricultura é de grande importância econômica, há falta de informações relativas ao comportamento de diferentes porta-enxertos quanto à assimilação de nutrientes e tolerância ao alumínio.

O objetivo do presente estudo foi verificar o comportamento de alguns dos porta-enxertos mais utilizados na citricultura brasileira em relação ao crescimento e à assimilação diferencial de nutrientes, sob diferentes concentrações de alumínio, com a finalidade de recomendar a utilização dos mesmos em solos ácidos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, em solução nutritiva, com plantas de citros, utilizando-se os seguintes porta-enxertos: limão Cravo, limão Volkameriano, tangelo Orlando e tangerina Sunki - cultivares mais empregadas na agricultura paulista. Por facilidade de expressão utilizaremos apenas os nomes diferenciais dos porta-enxertos: Cravo, Volkameriano, Orlando e Sunki.

Plantas de cada cultivar, com aproximadamente 15 cm de altura, foram colocadas em recipientes plásticos (20 cm de altura, 50 cm de largura e 67 cm de comprimento) com volume útil de 75 litros, contendo solução nutritiva de Stemberg, modificada por Foy (Furlani 1981). As concentrações de alumínio utilizadas foram 0 ppm, 15 ppm, 30 ppm e 60 ppm na forma de $ALK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. A solução foi renovada quinzenalmente e oxigenada permanentemente. O pH da solução de cada tratamento foi corrigido diariamente para o valor 4, com a adição de HCl 0,1N. A água destilada foi adicionada diariamente para completar o volume da solução, nos dias entre a renovação da mesma.

O experimento foi em parcelas subdivididas com os tratamentos das parcelas principais dispostos inteiramente ao acaso, com cinco repetições. Nas parcelas estudaram-se concentrações de alumínio e nas subparcelas, as cultivares. Cada subparcela consistiu em um recipiente plástico com doze plantas apoiadas em tampa de madeira com orifícios.

Após 120 dias as plantas foram retiradas da solução nutritiva, e medições de altura da planta e comprimento da raiz foram feitas. Em seguida, foram separadas folhas e raízes e tomadas amostras compostas de cada subparcela, para obtenção da matéria seca. Após a pesagem, o material foi moído e encaminhado ao laboratório para análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

O efeito de doses de alumínio foi estudado com o emprego de polinômios ortogonais, indicado para os níveis de 0, 1, 2, e 4, e a comparação múltipla entre médias das cultivares foi feita com o uso do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou interação significativa entre as doses de alumínio e as cultivares, em relação à altura da planta, peso da matéria seca de folhas e de raiz e teores de magnésio e zinco na folha e na raiz. Nestes casos foi estudado o efeito de doses de alumínio em cada cultivar (Tabela 3). Para as demais características avaliadas, não tendo ocorrido interação, as médias das cultivares foram comparadas independentes de doses de alumínio, e o efeito de doses de alumínio foi desdobrado nos componentes linear e quadrático (Tabelas 1 e 2).

Os dados de crescimento são bastante utilizados para avaliar o efeito do alumínio em plantas. O comprimento da raiz tem sido a característica mais sensível para medir a tolerância do alumínio entre cultivares de várias espécies (Foy et al. 1967, Reid et al. 1971, Howeller & Cadavid 1976 e Furlani 1981). Os resultados obtidos mostraram diminuição no comprimento da raiz, quando utilizadas doses de alumínio superiores a 15 ppm, em todas as cultivares; o componente linear foi negativo e significativo pelo teste F ao nível de significância de 5%, como pode ser observado na Tabela 2. O mesmo fato foi observado por Camargo & Felício (1984) com diferentes cultivares de trigo e triticale. Na comparação entre cultivares, a Sunki apresentou menor comprimento de raiz, em qualquer das doses estudadas, sendo estatisticamente diferente das demais; esta é uma característica intrínseca da cultivar (Tabela 1).

Quanto à altura da planta, o crescimento diminuiu significativamente com o aumento das doses de alumínio nas cultivares Sunki e Cravo, sendo este resultado um indicador de menor tolerância dessas cultivares ao elemento, como indicado na Tabela 3. Os resultados diferem dos encontrados por Fahl et al. (1982), que em cultivares de arroz não encontraram diferenças significativas na altura das plantas com referência às doses de alumínio na solução.

O peso da matéria seca das folhas não foi afetado por doses de alumínio apenas na cultivar Orlando, que se mostrou mais tolerante que as demais. O peso da matéria seca da raiz não foi afetado na cultivar Volkameriano; em Sunki e Cravo, o componente linear foi significativo e negativo, ou seja, o sistema radicular foi comprometido pelo aumento de doses de alumínio na solução, e na cultivar Orlando o componente quadrático foi significativo, sendo o peso seco máximo observado em torno de 30 ppm (Tabela 3).

Na comparação entre cultivares, com relação aos dados de crescimento, verificou-se que a cultivar Orlando foi a menos sensível e as cultivares Sunki e Cravo, as menos tolerantes ao alumínio.

É bastante conhecida a teoria da habilidade diferencial na absorção de cátions e ânions entre cultivares tolerantes e sensíveis ao alumínio, em várias

espécies cultivadas (Dodge & Hiatt 1972, Foy et al. 1974a e Foy et al. 1978). Este tipo de verificação tornou-se bastante útil em estudos de comparação de cultivares na presença de alumínio.

Na Tabela 1 são apresentados os teores médios de macro e micronutrientes na folha e na raiz dos quatro porta-enxertos cítricos, o que permite observar o

TABELA 1. Teores médios de macronutrientes (%) e micronutrientes (ppm) na folha e na raiz e comprimento de raiz de diferentes porta-enxertos de citros; coeficientes de variação relativos a parcelas CV(a) e subparcelas CV(b).

Cultivar de porta-enxerto	Macronutrientes (%)				Micronutrientes (ppm)				Comprimento (cm)	
	N	P	K	Ca	Fe	Mn	Cu	B		
FOLHA	Orlando	2,46 a	0,100 a	2,65 a	1,93 a	255,5 a	38,85 a	11,02 a	115,4 a	
	Volkameriano	2,13 b	0,080 c	2,64 a	1,52 b	222,3 b	35,80 b	11,19 a	90,85 b	
	Sunki	2,02 c	0,090 b	2,38 a	1,43 bc	267,1 a	30,80 c	10,72 a	85,20 b	
	Cravo	2,12 bc	0,095 ab	2,55 a	1,34 c	251,6 b	32,70 c	12,02 a	84,91 b	
CV(a)	16,28	20,30	13,76	13,56	25,98	17,29	26,70	27,63		
CV(b)	15,18	10,04	12,74	9,80	14,41	11,46	19,21	23,31		
RAIZ	Orlando	2,48 a	0,149 b	1,53 b	0,595 a	1453 b	124,9 b		124,35 a	20,00 a
	Volkameriano	2,19 b	0,158 ab	2,06 a	0,480 c	1471 b	157,0 a		118,20 ab	19,37 a
	Sunki	2,00 b	0,173 a	1,42 b	0,522 bc	1588 a	164,3 a		102,75 b	14,07 b
	Cravo	2,00 b	0,159 ab	1,83 a	0,556 ab	1412 b	101,2 c		114,85 ab	19,99 a
CV (a)	18,19	16,53	22,50	14,51	8,14	15,43		21,92	14,67	
CV (b)	12,51	15,28	14,52	15,06	6,43	15,83		23,90	16,76	

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades.

TABELA 2. Teores médios de macronutrientes (%) e micronutrientes (ppm) na folha e na raiz de porta-enxertos de citros e comprimento da raiz em diferentes doses de alumínio na solução.

Dose de alumínio (ppm)	Macronutrientes (%)				Micronutrientes (ppm)				Comprimento (cm)	
	N	P	K	Ca	Fe	Mn	Cu	B		
FOLHA	0	2,24	0,105	1,91	1,91	226,65	40,50	11,44	81,45	
	15	2,14	0,095	2,77	1,49	281,50	32,50	13,33	93,90	
	30	2,27	0,085	2,78	1,39	294,60	32,50	10,51	94,86	
	60	2,09	0,087	2,75	1,44	194,00	32,65	9,67	106,15	
	FL	ns	7,00*	39,30*	39,49*	5,19*	11,96*	8,02*	8,30*	
	FQ	ns	ns	39,16*	35,80*	26,59*	11,70*	ns	ns	
RAIZ	0	2,49	0,136	1,37	0,62	1434,2	234,95		121,40	19,27
	15	2,12	0,169	1,95	0,51	1444,0	111,85		118,95	20,15
	30	2,01	0,163	1,76	0,49	1574,0	106,10		118,40	18,53
	60	1,95	0,170	1,74	0,51	1470,0	94,70		101,40	15,46
	FL	16,91*	12,80*	ns	15,43*	ns	334,45*		6,93*	27,95*
	FQ	5,59*	6,71*	11,05	18,21*	8,57*	196,70*		ns	4,97*

FL = Teste F para o componente Linear.

FQ = Teste F para o componente Quadrático.

* = Significativo ao nível de 5%.

ns = Não significativo ao nível de 5%.

comportamento dos mesmos na presença e ausência do alumínio na solução nutritiva.

A cultivar Orlando absorveu maior quantidade de nitrogênio e cálcio, sendo os teores estatisticamente superiores às demais cultivares. Essa cultivar também apresentou maior teor de fósforo, porém não diferiu estatisticamente da cultivar Cravo.

Não houve diferença significativa entre cultivares quanto ao acúmulo de potássio na folha.

Em relação aos micronutrientes na folha, a cultivar Orlando absorveu melhor o boro, o manganês e

o ferro, não diferindo da Sunki quanto ao último elemento; não houve diferenças significativas entre cultivares quanto aos teores e cobre.

Na raiz, a cultivar Orlando acumulou mais nitrogênio e cálcio, e a Volkameriano, potássio. Quanto aos micronutrientes, a cultivar Sunki apresentou maior absorção de manganês, diferindo de Orlando e Cravo, e, em relação ao ferro, apresentou teores mais altos que as demais cultivares. A cultivar Orlando apresentou teores de boro estatisticamente superiores aos da Sunki.

TABELA 3. Teores médios de magnésio e zinco na folha e na raiz e das características de crescimento de cultivares de citros em diferentes doses de alumínio.

	Cultivar	Doses de alumínio				Resultados da prova de F		CV (a)	Cv (b)
		0	15	30	60	FL	FQ		
Mg (%) folha	Orlando	0,26	0,17	0,17	0,18	30,30*	45,45*		
	Volkameriano	0,17	0,17	0,17	0,17	ns	ns		
	Sunki	0,16	0,15	0,15	0,13	6,66*	ns		
	Cravo	0,16	0,15	0,14	0,13	643,93*	ns	13,7	9,8
Mg (%) raiz	Orlando	0,26	0,12	0,10	0,11	42,40*	38,00*		
	Volkameriano	0,34	0,11	0,08	0,08	130,30*	93,50*		
	Sunki	0,29	0,12	0,10	0,09	78,22*	36,60*		
	Cravo	0,31	0,10	0,08	0,08	99,60*	75,95*	36,2	12,5
Zn (%) folha	Orlando	47,90	34,58	28,48	23,80	50,58*	9,23*		
	Volkameriano	40,56	30,12	25,14	23,70	24,17*	7,61*		
	Sunki	33,78	27,60	26,48	20,36	15,74*	ns		
	Cravo	35,56	26,54	25,68	21,18	16,52*	ns	27,2	13,1
Zn (%) raiz	Orlando	250,68	200,52	145,70	126,84	70,43*	14,54*		
	Volkameriano	264,48	206,84	175,74	144,04	73,44*	7,60*		
	Sunki	264,12	208,62	180,42	147,46	68,72*	6,32*		
	Cravo	259,92	194,94	137,77	119,20	104,70*	18,94*	20,8	6,0
Altura planta (cm)	Orlando	18,97	21,56	22,33	17,31	ns	5,27*		
	Volkameriano	38,96	28,88	32,12	23,38	ns	ns		
	Sunki	26,02	24,72	21,08	20,22	7,92*	ns		
	Cravo	31,52	28,28	23,37	21,88	20,28*	ns	14,2	14,3
Peso seco folha (g)	Orlando	2,24	2,24	3,30	2,08	ns	ns		
	Volkameriano	7,86	4,80	4,86	2,92	51,94*	ns		
	Sunki	4,98	4,54	3,34	2,94	12,36*	ns		
	Cravo	4,98	3,88	2,38	2,10	22,54*	ns	25,7	27,4
Peso seco raiz (g)	Orlando	1,78	2,60	3,34	2,12	ns	6,97*		
	Volkameriano	5,16	3,62	4,60	3,12	ns	ns		
	Sunki	1,82	2,74	1,68	1,80	7,92*	ns		
	Cravo	3,08	3,32	2,30	2,14	20,28*	ns	32,1	34,5

(1) FL e FQ = Teste F para o componente linear e o componente quadrático, respectivamente.

CV(a) = Coeficiente de variação referente a parcela.

CV(b) = Coeficiente de variação referente a subparcela.

* = Significativo ao nível de 5%.

ns = Não significativo ao nível de 5%.

Na Tabela 2 observa-se o efeito de doses de alumínio na absorção de nutrientes nos casos em que a interação entre doses de alumínio e cultivares não foi significativa. Verificou-se que a absorção de nitrogênio pela folha não foi afetada pelas doses de alumínio utilizadas; o efeito sobre a absorção de fósforo foi linear negativo, ou seja, o aumento da dose na solução diminuiu linearmente a absorção desse elemento; a dose de 15 ppm já foi limitante para a absorção do cálcio, e a presença do alumínio na solução aumentou a absorção do potássio ocorrendo o máximo de 15 ppm. Tal comportamento foi observado também por Duncan et al. (1980) em sorgo e por Fahl et al. (1982) em arroz.

Quanto aos micronutrientes, observou-se que, com relação ao ferro, o componente quadrático foi significativo, com absorção máxima em torno de 30 ppm de alumínio, tanto na folha quanto na raiz. A maior absorção de boro na folha ocorreu na dose máxima estudada; no entanto, na raiz, à dose máxima correspondeu o menor acúmulo. Na folha e na raiz houve uma redução acentuada no teor de manganês na dose 15 ppm. As determinações de cobre na raiz foram prejudicadas.

Nas características para as quais a análise estatística mostrou interação entre cultivares e doses de alumínio (Tabela 3), observou-se que com a dose de 15 ppm de alumínio na solução ocorreu redução acentuada de absorção de magnésio na folha, na cultivar Orlando. Nas cultivares Sunki e Cravo, embora tenha ocorrido redução linear, as diferenças foram muito pequenas, e na cultivar Volkameriano não ocorreu diferença significativa entre médias. Quanto à absorção de magnésio na raiz, observou-se diminuição acentuada com adição de 15 ppm na solução, com queda levemente assintótica nos demais níveis, em todas as cultivares. Com relação ao zinco, foi significativa a diminuição dos teores na folha e na raiz, em todas as cultivares, com o aumento das doses de alumínio.

CONCLUSÕES

1. Em todas as cultivares estudadas, o comprimento da raiz diminuiu nas doses de alumínio mais elevadas (30 ppm e 60 ppm).

2. A presença do íon alumínio em doses crescentes na solução diminuiu a absorção de fósforo e cálcio na folha, aumentou a de potássio e não afetou a de nitrogênio, em todas as cultivares.

3. A cultivar Orlando, em presença do alumínio

na solução, apresentou desempenho superior às demais cultivares para várias características avaliadas.

REFERÊNCIAS

- ALAN, S.M. & ADAMS, W.A. Effects of aluminum on nutrient composition and yield of oats. **J. Plant Nutr.**, 1:365-75, 1979.
- AWAD, A.S.; EDWARDS, D.G.; MULHAIN, P.J. Effect of pH and phosphate on soluble soil aluminum and on growth and composition of kikuyu grass. **Plant Soil**, 45:531-42, 1976.
- BAUMGARTNER, J.G.; HAAG, H.P.; PERENCIN, D. Tolerance of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars to aluminum and manganese. **An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"**, 33:513-4, 1976.
- BEN, J.R.; MORELLI, M.; ESTEFANEL, V. Influência da calagem na toxidez de alumínio para plantas de cevada. **R. Centro Ci. Rurais**, 6(2):177-89, 1976.
- BOULD, C. The nutrition of fruit tree. In: LUCKWILL, L.C. & CUTTING, C.V., eds. **Physiology of the crops**. London, Academic Press, 1970. p.223-34.
- CAMARGO, C.E.O. & FELÍCIO, J.C. Tolerância de cultivares de trigo, triticales e centeio em diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, 43(1):9-16, 1984.
- DODGE, C.D. & HIATT, A.J. Relationship of pH to ion uptake imbalance by varieties of wheat (*Triticum vulgare* L.). **Agron. J.**, 64:476-7, 1972.
- DUNCAN, R.R.; DOBSON, J.B.; FISCHER, C.B. Leaf elemental concentration and grain yield of sorghum on acid soil. **Comm. Soil. Sci. Pl. Anal.**, 11:699-707, 1980.
- EDWARDS, J.H. & HORTON, B.D. Aluminum induced calcium deficiency in peach seedlings. **J. Am. Hort. Sci.**, 101:139-42, 1977.
- FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; DEUBER, R.; NOGUEIRA, S.S.S.; HIROCE, R. Influência do alumínio no crescimento e na nutrição mineral de cultivares de arroz. **R. bras. Ci. Solo**, 6(3):203-8, 1982.
- FOX, R.H. Soil pH, aluminum saturation and corn grain yield. **Soil Sci.**, 127(6):330-4, 1979.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. ed. **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974a. Cap. 20, p.601-42.
- FOY, C.D. Effects of soil calcium availability on plant growth. In: CARSON, E.W. ed. **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974b. Cap. 19, p.656-91.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Ann. Rev. Plant. Physiol.**, 29:511-66, 1978.
- FOY, C.D. & FLEMING, A.L. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. In: JUNG, G.A. ed. **Crop tolerance to**

- suboptimal land conditions.** Wisconsin, Madison, Am. Soc. of Agron., 1978. p.301-28.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; GERLOFF, G.C. Differential aluminum tolerance in two snap bean varieties. **Agron. J.**, **64**:815-8, 1972.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R.; ARMIGER, W.H. Characterizations of differential aluminum tolerances among varieties of wheat and barley. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, **31**::513-21, 1967.
- FURLANI, P.R. **Effects of aluminum on growth and mineral nutrition of sorghum genotypes.** Lincoln, NE, University of Nebraska, 1981. 136p. Tese Doutorado.
- GARCIA, O.A. & LEON, S.A. Reaction of 5 cocoa hybrids (*Theobroma cacao*) to toxicity produced by aluminum in nutrient solution on the plains of Colombia. **Rev. Inst. Colomb. Agrop.**, **13**:219-28, 1978.
- GURRIER, G. Absorption of mineral elements in presence of aluminium. **Plant Soil**, **51**(2):275-8, 1979.
- HOWELLER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening rice cultivars for tolerance to Al-toxicity in nutrient solutions as compared with field screening method. **Agron. J.**, **68**:551-5, 1976.
- LAU, C.H. Effect of potassium and aluminum treatments on growth and nutrient uptake of rubber (*Hevea*) seedlings and on soils. **J. Rubber Res. Inst. Malaysian**, **27**:92-103, 1979.
- REID, D.A.; FLEMING, A.L.; FOY, C.D. A method for determining aluminum responses of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-Toxic soil. **Agron. J.**, **63**:600-3, 1971.
- SARTAIN, J.D. **Differential effects of aluminum on top and root growth, nutrient accumulation and nodulation of several soybean varieties.** Raleigh, North Carolina State University, 1974. 98p. Tese Doutorado.
- SIMPSON, J.R.; PINKERTON, A.; LAZDOVOSKI, J. Effects of subsoil calcium on the root of some lucern genotypes. (*Medicago sativa* L.). **Aust. J. Agric. Res.**, **29**:629-38, 1977.