

# EFEITO DO ALUMÍNIO SOBRE O CRESCIMENTO DE RAÍZES, PESO SECO DA PARTE AÉREA E RAÍZES DE DIFERENTES CULTIVARES DE SOJA (1)

HIPÓLITO ASSUNÇÃO ANTONIO MASCARENHAS (2), *Seção de Leguminosas*, CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2), *Seção de Arroz e Cereais de Inverno*, e SONIA MARIA PIERRO FALIVENE, *Seção de Leguminosas, Instituto Agrônomo*.

## RESUMO

Foram instalados dois experimentos preliminares, em solução nutritiva, para avaliar a tolerância da soja ao alumínio. No primeiro, foram testados os cultivares Cristalina e UFV-1, utilizando-se os teores 0, 5, 10 e 20mg/litro de Al. Esses níveis foram muito altos e reduziram drasticamente o comprimento das raízes primárias das plântulas após sete dias de crescimento. Com base nesses dados, outro experimento foi instalado, testando os cultivares Lee, Bragg, Cristalina e UFV-1, a 0, 1, 2 e 4mg/litro de Al. Os resultados mostraram que o comprimento das raízes primárias das plântulas foi melhor parâmetro do que o peso seco da parte aérea ou das raízes, para avaliar tolerância de soja ao alumínio. O nível de 1mg/litro na solução foi suficiente para separar os cultivares susceptíveis e tolerantes, enquanto os níveis de 2 e 4mg/litro causaram drástica redução do comprimento de raiz primária das plântulas de todos os cultivares. Nessas condições, 'Lee' e 'Cristalina' mostraram ser tolerantes, enquanto o 'Bragg' se apresentou intermediário e o 'UFV-1' foi o mais susceptível entre eles. Os cultivares tolerantes revelaram tendência de acumular menores teores de Al na parte aérea, em comparação com os demais.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde 1970 a produção e o consumo de soja têm aumentado consideravelmente no Brasil. A taxa de aumento de rendimento não

(1) Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, em Curitiba (PR), de 17 a 24 de julho de 1983. Recebido para publicação a 14 de janeiro de 1983.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

tem acompanhado o ritmo de expansão da cultura. Um dos fatores limitantes na produção de soja é a acidez do solo. Ótima produtividade de soja requer solos que permitam melhor desenvolvimento do sistema radicular, sem restrições físico-químicas.

Medições realizadas em soja por INFORZATO & MASCARENHAS (4) demonstraram que, em nossas condições, as raízes dessa espécie se restringem à camada superficial do solo. ADAMS & LUND (1) em algodão, e SARTAIN (6), em soja, demonstraram que o alumínio limita a penetração das raízes no subsolo. Dessa maneira, as plantas não podem explorar os nutrientes e a água disponível em maior profundidade, havendo, portanto, maiores riscos de perdas por venaricos.

Devido ao seu sistema de aplicação, o calcário dificilmente fará a correção do alumínio tóxico no subsolo, a partir de 30cm de profundidade. Uma alternativa válida para garantir maior produtividade de soja seria a seleção de cultivares tolerantes ao alumínio.

O objetivo básico deste trabalho é a identificação de cultivares de soja tolerantes ao Al, empregando-se solução nutritiva.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Experimento I

O método utilizado constitui no seguinte:

Sementes de soja dos cultivares UFV-1 e Cristalina foram semeados no germinador com umidade e temperatura controladas para assegurar um desenvolvimento uniforme das plântulas.

Após esse período, as raízes estavam iniciando a emergência e nove plântulas de cada cultivar foram transferidas para telas de náilon que contactavam as soluções nutritivas nas quatro vasilhas de plástico com capacidade de 8,30 litros.

A concentração da solução foi a seguinte:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0,4mM;  $\text{MgSO}_4$  0,2mM;  $\text{KNO}_3$  0,4mM;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  43,5 $\mu\text{M}$ ;  $\text{MnSO}_4$  0,2 $\mu\text{M}$ ;  $\text{CuSO}_4$  0,03 $\mu\text{M}$ ;  $\text{ZnSO}_4$  0,08 $\mu\text{M}$ ;  $\text{NaCl}$  3 $\mu\text{M}$ ;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  0,01 $\mu\text{M}$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  1 $\mu\text{M}$  e  $\text{FeCl}_3$  10 $\mu\text{M}$ . O fósforo foi omitido para evitar possível precipitação do alumínio. Adicionou-se, em cada uma das quatro vasilhas, respectivamente, 0, 5, 10 e 20mg/litro de alumínio na forma de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

O nível da solução na vasilha plástica foi suficiente para tocar a parte inferior da tela de náilon, de maneira que as radículas emergentes tivessem um pronto suprimento de nutrientes.

O pH da solução foi ajustado diariamente para 4,0 com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N. A solução foi aerificada continuamente nas vasilhas plásticas colo-

cadras em banho-maria com temperatura de  $30 \pm 1$  °C. O experimento foi mantido com luz artificial durante todo o período, tendo-se o cuidado de variar a posição das vasilhas contendo plântulas dentro do banho-maria para evitar crescimentos irregulares devido a uma maior ou menor intensidade luminosa. As plântulas desenvolveram-se nessas condições por dez dias.

Após esse período, as nove plântulas de cada um dos dois cultivares submetidos ao crescimento nas quatro soluções tratamentos, foram cuidadosamente removidas das telas de náilon e, o comprimento da raiz primária de cada plântula, medido em milímetro. A parte aérea foi separada das raízes de cada plântula, sendo os dois componentes levados a estufa com aproximadamente 60 °C para secar; após cinco dias, foram determinados os respectivos pesos secos em miligrama.

## 2.2 Experimento II

Foram avaliados quatro cultivares de soja, a saber: Bragg, Lee, Cristalina e UFV-1. O 'Lee' foi utilizado em virtude de sua tolerância ao alumínio (6).

O método adotado foi semelhante ao do experimento anterior, com as seguintes modificações:

a) foram utilizadas as concentrações de alumínio de 0, 1, 2 e 4mg/litro, com duas repetições para cada solução tratamento;

b) colocaram-se nove plântulas de cada cultivar nas soluções-tratamento;

c) no segundo dia após a transferência, cortaram-se as raízes primárias para 20mm de três plantas e removeram-se os cotilédones de outras três, sendo que as restantes permaneceram intactas. No caso das plântulas que tiveram suas raízes cortadas, foi considerado no final do experimento (sete dias) o comprimento da maior raiz secundária formada.

Os dados foram obtidos de maneira semelhante aos citados no experimento I, e as partes aéreas dos diferentes cultivares, após a secagem, foram submetidas à análise química para macro e micronutrientes, conforme BATAGLIA et alii (2).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, observou-se uma aparente redução no tamanho da parte aérea das plantas, após cinco dias de desenvolvimento em soluções com diferentes concentrações de Al, clorose e encarquilhamento das folhas mais novas (voltadas para o centro da plântula) e diminuição geral no tamanho das folhas.

As raízes de soja, em condições de acidez e em presença do Al, mostraram descoloração e redução nas ramificações secundárias. Posteriormente, as extremidades das raízes tornaram-se enegrecidas (necróticas). O efeito de maior impacto, devido ao excesso de Al, consistiu na redução do tamanho e engrossamento do sistema radicular. HARTWELL & PEMBER (3) relataram que essa redução no sistema radicular provavelmente seja devido à inibição da divisão celular pelo Al. Hanh, citado por SAPRA et alii (5), em estudo similar, verificou que altas concentrações de Al provocavam morte das células meristemáticas nas raízes, resultando em redução do seu tamanho total.

Não houve diferenças significativas da matéria seca da parte aérea ou raízes para os cultivares Cristalina e UFV-1 quando foram submetidas às concentrações 5, 10 e 20mg/litro de Al. No entanto, o quadro 1 mostra que o comprimento de raízes primárias foi reduzido drasticamente no nível de 5mg/litro em relação ao tratamento controle (0mg/litro Al). Para o cultivar Cristalina, houve uma redução de 78% quando comparado com a testemunha, enquanto o UFV-1 mostrou uma redução da ordem de 64%. Nos níveis de 10 e 20mg/litro, houve redução de comprimento ainda maior, o que significa que as concentrações foram muito elevadas ou fortes para a soja.

Baseado nos dados acima mencionados, foi instalado outro experimento usando os cultivares Bragg, Lee, Cristalina e UFV-1 com os níveis de alumínio de 0, 1, 2 e 4mg/litro. Também foi estudada a influência de retirada de cotilédones depois da formação do unifoliato, ou cortando as raízes primárias em comparação com plântula normal na tolerância ao Al dos mesmos cultivares.

Pela figura 1, observa-se que o comprimento das raízes primárias dos cultivares em estudo, quando removidos os cotilédones ou cortadas as raízes primárias, sempre mostrou valores menores que os obtidos nas plântulas com cotilédones e raízes normais. O mesmo se observa para a matéria seca da parte aérea ou das raízes (Figuras 2 e 3).

QUADRO 1 — Efeito de níveis de Al sobre o comprimento da raiz primária de soja (média de nove plântulas) cultivada em solução nutritiva

Níveis de Al	Cultivares			
	Cristalina		UFV-1	
mg/litro	mm	%	mm	%
0	362	100	142	100
5	80	22	51	36
10	43	12	35	25
20	39	11	31	22

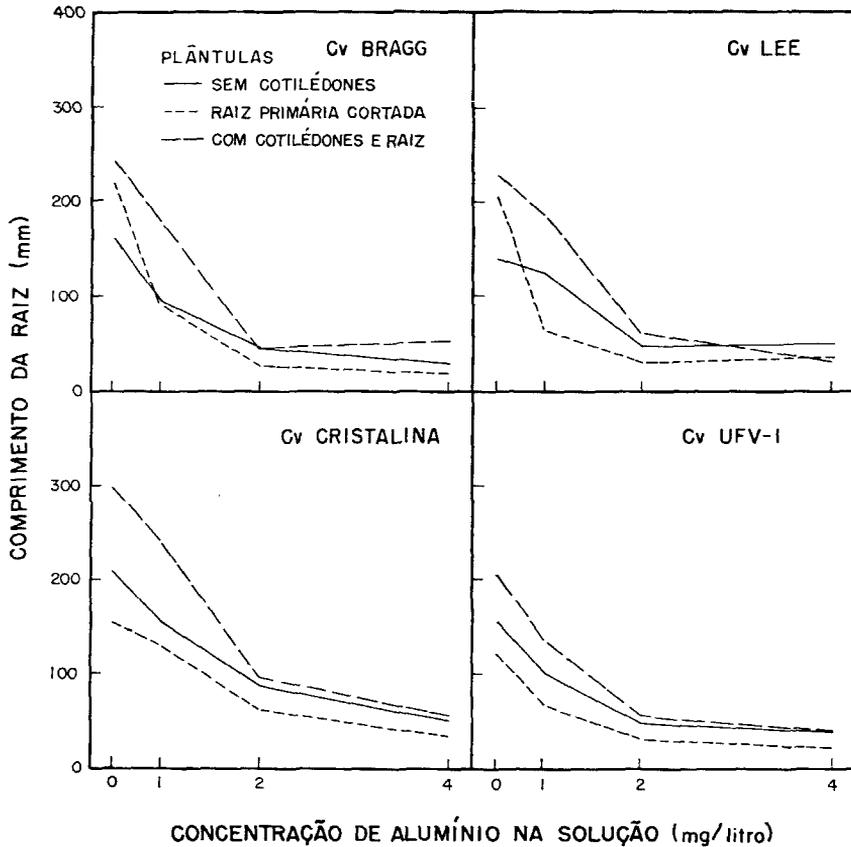


FIGURA 1 — Efeito da concentração de alumínio na solução nutritiva sobre o comprimento médio da raiz de uma plântula de soja após sete dias de crescimento em solução nutritiva.

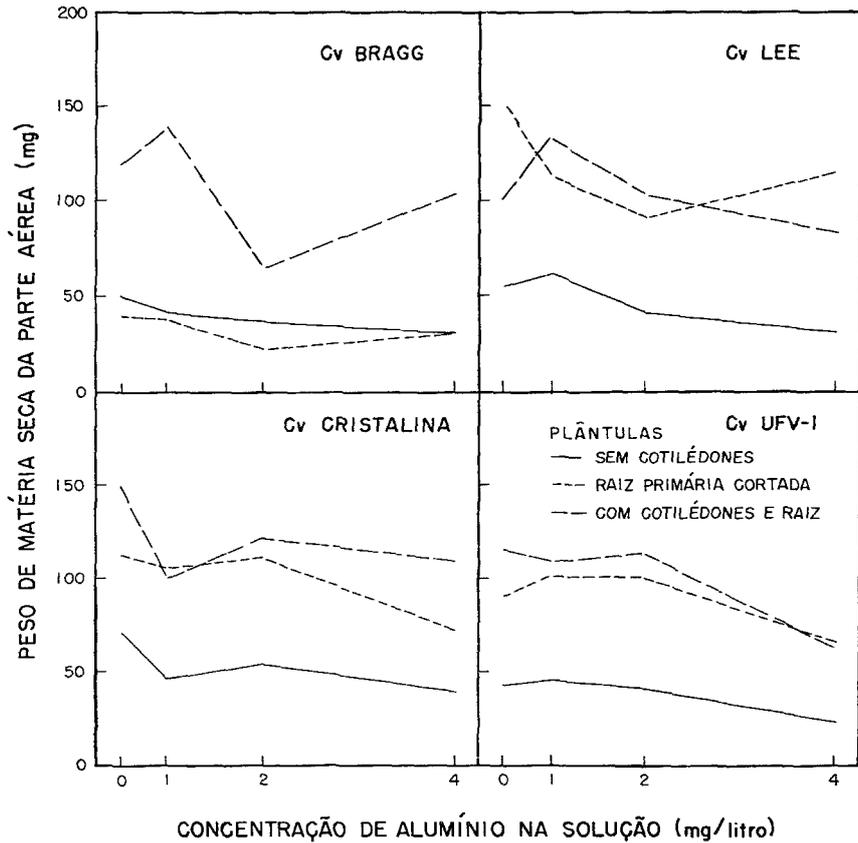


FIGURA 2 — Efeito da concentração de alumínio na solução nutritiva sobre a média de peso seco da parte aérea de uma plântula de soja após sete dias de crescimento em solução nutritiva.

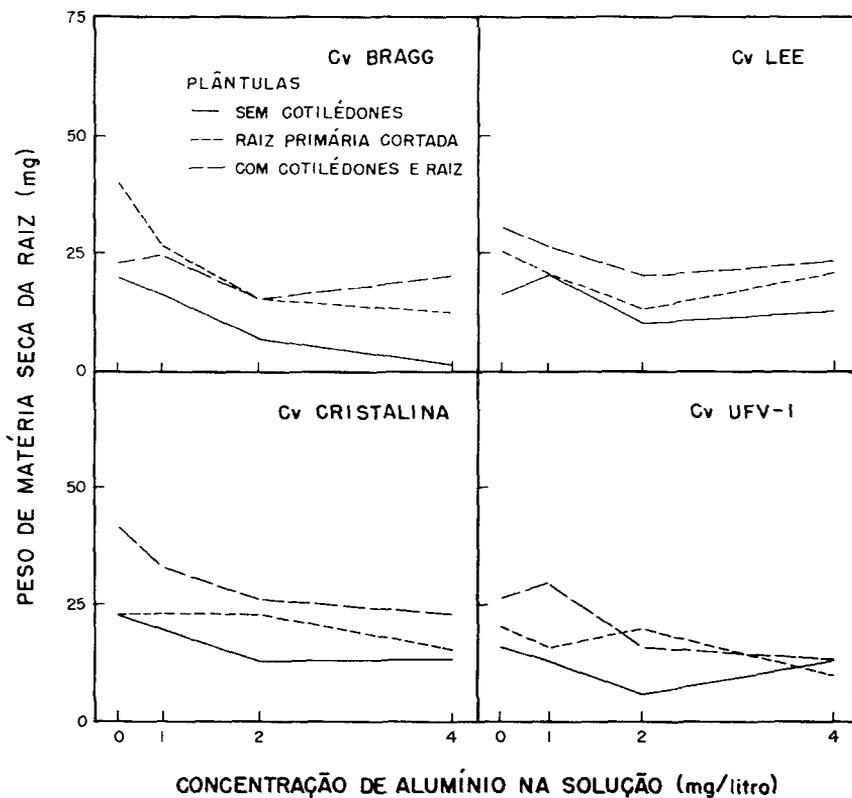


FIGURA 3 — Efeito da concentração de alumínio na solução nutritiva sobre a média de peso seco da raiz de uma plântula de soja após sete dias de crescimento em solução nutritiva.

A presença do alumínio na solução nutritiva provocou restrição no crescimento das raízes primárias das plântulas de soja, conforme se verifica na figura 1 e quadro 2. As doses mais elevadas, 2 e 4mg/litro de Al, causaram redução acentuada no desenvolvimento radicular em todos os cultivares, de magnitude tal que, nestas concentrações de alumínio, torna-se inviável a separação de cultivares tolerantes e susceptíveis. Já a presença de 1mg/litro de alumínio, pelo menor dano que causa, permite essa identificação. Nota-se, no quadro 2, clara tendência de o 'UFV-1' ser o mais sensível, o 'Bragg' apresentar um comportamento intermediário, e 'Lee' e 'Cristalina', serem os mais tolerantes dos quatro cultivares testados. SARTAIN (6) já tinha apontado essa tolerância do 'Lee'. Os dados da figura 2 e 3 evidenciam que tanto a matéria seca da parte aérea quanto da raiz não foram bons indicadores de toxicidade de alumínio.

Pelos dados do quadro 3, referentes aos teores de macro e micronutrientes, nota-se que, com a aplicação de níveis crescentes de Al, há um aumento no teor de Al e de K e diminuição de Ca e Mg na parte aérea, conforme também observado por SARTAIN (6). Os cultivares Lee e Cristalina, considerados como tolerantes, mostraram a tendência de acumular menores teores de Al na parte aérea, em comparação com 'Bragg' e 'UFV-1'.

QUADRO 2 — Efeito de níveis de Al sobre o comprimento da raiz primária de soja (média de nove plântulas) cultivada em solução nutritiva

Níveis de Al	Cultivares							
	Bragg		Lee		Cristalina		UFV-1	
mg/litro	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
0	245	100	228	100	301	100	207	100
1	180	73	189	83	246	82	134	65
2	44	18	66	29	94	31	53	26
4	49	20	32	14	57	19	35	17

QUADRO 3 — Teores de macro e micronutrientes da parte aérea dos cultivares Bragg, Lee, Cristalina e UFV-1

Cultivares	Níveis de Al	Parte aérea							
		Ca	Mg	K	Al	Zn	Cu	Fe	Mn
	mg/litro	%							
Bragg	0	0,61	0,42	3,54	188	85,6	14,2	103	13
	1	0,32	0,28	4,22	246	69,7	13,6	86	19
	2	0,26	0,24	4,56	400	87,3	13,4	206	21
	4	0,24	0,22	4,40	706	79,9	12,6	133	21
Lee	0	0,58	0,44	3,66	103	79,8	9,9	74	14
	1	0,28	0,29	4,36	154	61,8	7,2	64	16
	2	0,19	0,21	4,50	94	61,3	11,0	61	10
	4	0,18	0,21	4,20	133	68,0	15,8	44	13
Cristalina	0	0,61	0,37	3,13	33	69,7	9,8	38	13
	1	0,37	0,31	4,76	67	98,6	9,2	64	14
	2	0,21	0,22	4,41	142	53,4	9,4	61	36
	4	0,19	0,19	4,47	117	97,4	7,7	44	15
UFV-1	0	0,63	0,39	3,26	217	76,4	11,5	99	14
	1	0,31	0,25	3,32	366	96,2	9,6	106	19
	2	0,20	0,20	4,10	376	53,8	13,9	72	13
	4	0,20	0,20	4,86	462	64,3	12,1	79	12

## SUMMARY

## EFFECT OF ALUMINUM ON ROOT GROWTH, DRY MATTER WEIGHT OF THE ABOVE GROUND PARTS AND ROOTS OF SOYBEANS

Two experiments were conducted in nutrient solution to study the level of Al necessary to separate tolerant cultivars from the susceptible. In the first experiment the levels of Al were 0, 5, 10 and 20mg/l and two cultivars Cristalina and UFV-1 were studied. These levels were found to be too high as they had drastic effect on the primary roots after 7 days of transplanting. Based on this data another experiment was conducted using 0, 1, 2 and 4mg/l of Al and using cultivars Lee, Bragg, Cristalina and UFV-1. The results showed that the length of the primary root was the best parameter as compared with dry weight of the above ground parts and roots to evaluate tolerance of soybeans to Al. The level of 1mg/l was adequate to separate the susceptible from the tolerant and the levels of 2 and 4mg/l caused drastic reduction in the length of the primary root for all cultivars tested. The cultivars Lee and Cristalina showed to be tolerant, whereas Bragg intermediate and UFV-1 was the most susceptible among the four cultivars tested.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, F. & LUD, Z. F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. *Soil Science*, 101:193-198, 1966.
2. BATAGLA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 31p. (Circular, 87)
3. HARTWELL, B. L. & PEMBER, F. R. Presence of aluminum as a reason for differences in effect of so-called acid soils on barley and rye. *Soil Science*, 6:259-279, 1918.
4. INFORZATO, R. & MASCARENHAS, H. A. A. Estudo do sistema radicular da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em solo latossolo roxo adubado ou sem adubo. *Bragantia*, Campinas, 28:175-180, 1969.
5. SAPRA, V. T.; MEBRAHTO, T.; MUGWIRA, L. M. Soybean germplasm and cultivar aluminum tolerance in nutrient solution and Bladen Clay Loam Soil. *Agronomy Journal*, 74:687-690, 1982.
6. SARTAIN, J. B. Differential effects of aluminum on tops and soil growth, nutrient accumulation and nodulation of several soybean varieties. North Carolina University, 1974. 119p. (Tese de Ph.D.)