

TOLERÂNCIA DOS CAFEEIROS CONILON E CATUAÍ À TOXIDEZ CAUSADA PELO ALUMÍNIO E MANGANÊS¹

Renato Ribeiro Passo²
Hugo Alberto Ruiz²

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as principais áreas de produção de café estão localizadas em solos ácidos que apresentam alumínio trocável em quantidade suficientemente elevada para afetar o crescimento normal dos cafeeiros. Nesses solos, verifica-se, também, eventualmente, presença de concentrações tóxicas de manganês.

O alumínio, quando presente nos solos em forma solúvel, além de causar efeito tóxico para as plantas, compete com outros cátions, como cálcio, magnésio e potássio, pelos mesmos sítios de adsorção no complexo de troca, implicando em perda desses nutrientes por lixiviação (3). O efeito tóxico do alumínio é geralmente notado em raízes de plantas antes que qualquer sintoma possa ser evidenciado na parte aérea (10). As raízes submetidas ao meio com alumínio se apresentam curtas, engrossadas, quebradiças e com coloração anormal, geralmente com manchas escuras, com maior afetação nas extremidades das raízes. A diminuição da superfície específica do sistema radicular influencia negativamente a absorção de nutrientes (7). Os sintomas de toxidez do alumínio são também associados à deficiência de fósforo (6) e à reduzida absorção e translocação de cálcio (5, 8). A diminuição da acidez para valores de pH

¹ Aceito para publicação em 16.06.1994.

² Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG (Bolsista do CNPq).

acima de 5,2 precipita o alumínio, tornando-o não-tóxico para as plantas (5).

A disponibilidade do manganês, avaliada pela concentração da forma divalente do cátion, depende do potencial de oxirredução, da atividade biológica e do pH do solo. Há uma relação inversa entre o pH e os teores de manganês trocável e em solução: o aumento de uma unidade de pH faz com que a concentração do Mn^{2+} na solução diminua cerca de 100 vezes (3, 13). A toxidez do manganês manifesta-se pela diminuição da massa seca da parte aérea, evidenciando-se, nas folhas mais jovens, por uma clorose marginal e por alguns pontos necróticos no limbo (14). Ao contrário do que acontece com o alumínio, as raízes são afetadas somente em casos mais severos, adquirindo uma coloração castanha (3), a qual ocorre após as folhas terem sido injuriadas (2). Aumentando-se a concentração de manganês no solo, pode ocorrer deficiência de ferro nas plantas (12). O incremento da concentração de cálcio na zona radicular pode diminuir a absorção e, conseqüentemente, o efeito tóxico do manganês, pois os dois cátions competem pelo mesmo sistema de absorção (4). A calagem, diminuindo a acidez dos solos, provoca a transformação progressiva do manganês para formas insolúveis (11).

Numerosos trabalhos têm sido realizados visando avaliar os efeitos de teores elevados de alumínio e manganês sobre diversas culturas, incluindo-se a do cafeeiro. Entretanto, a maior parte desses estudos, em geral, se concentraram em variedades de *Coffea arabica* e não de *Coffea canephora*, e esta tem sido extensamente cultivada, principalmente em regiões de menor altitude. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a resposta de cultivares de *Coffea canephora* e *Coffea arabica* aos efeitos decorrentes da acidez do solo estudando-se, em solução nutritiva, a tolerância diferencial dos cafeeiros Conilon e Catuaí aos baixos valores de pH e às concentrações elevadas de alumínio e manganês.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, e as plântulas de *Coffea canephora* Pierre, cultivar Conilon, e *Coffea arabica* L., cultivar Catuaí, foram obtidas pela semeadura em caixa com areia lavada, com aplicação periódica de solução nutritiva (SN). Ao atingirem o estágio "orelha de onça", duas mudas de cada variedade foram transplantadas para vasos de 10 litros. Os tratamentos, dispostos em delineamento em blocos casualizados com seis repetições, consistiram em SN pH 5,5; SN pH 4,0; SN pH 4,0 + 300 mg/l de Al ($AlCl_3 \cdot 6 H_2O$); SN pH 4,0 + 20 mg/l de Mn ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$); e SN pH 4,0 + 300 mg/l de Al + 20 mg/l de Mn (14, 15), configurando arranjo fatorial de 2 x 5. A solução nutritiva básica completa

foi a utilizada por PAVAN e BINGHAM (15), com baixa concentração de fósforo (0,93 mg/l) para minimizar eventuais precipitações de alumínio e manganês. O pH da solução nutritiva foi controlado diariamente, com ajuste para os valores correspondentes a cada tratamento. As soluções nutritivas foram trocadas semanalmente, para manter as concentrações de alumínio e manganês próximas aos valores preestabelecidos.

Decorridos 120 dias do transplântio, colheu-se uma planta de cada vaso e a outra, aos 170 dias, separando-se a parte aérea (PA) e as raízes (R). Os materiais foram lavados com água deionizada, secos a 75°C e pesados, determinando-se a massa seca da PA e R e a relação entre essas duas variáveis (PA/R).

Nas análises estatísticas, a soma dos quadrados para os tratamentos da análise de variância foi desdobrada, segundo um esquema de contrastes ortogonais, para avaliar o efeito do pH e das concentrações elevadas de alumínio e manganês, sobre os cafeeiros Conilon e Catuaí.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os cafeeiros Conilon e Catuaí diferenciaram-se quanto ao crescimento da PA, com vantagens para o segundo, mas não quanto à R (Quadros 1 e 2). Isso resultou numa maior relação PA/R para a variedade Catuaí (Contraste 1, Quadro 2). BRAGANÇA *et alii* (1), trabalhando com amostras de solo incubadas com sulfato de alumínio, em quantidade suficiente para atingir valores trocáveis de até 5 cmol_c/kg de Al, verificaram que o crescimento inicial do cafeeiro foi sensivelmente prejudicado pelo alumínio trocável. Também observaram que o cultivar Conilon foi mais sensível ao alumínio que o cultivar Catuaí.

No cafeeiro Conilon, o conjunto dos tratamentos, associado à pronunciada acidez (Contraste 2, Quadro 2) diminuiu de forma semelhante o crescimento da PA e R, efeito evidenciado pela inalterabilidade da PA/R. Essa diminuição no crescimento pode ser atribuída, exclusivamente, à presença do alumínio (Contraste 3, Quadro 2). JUSTE (9) afirmou que, quando ocorre presença de alumínio associado ao manganês, o primeiro tende a deprimir a absorção do segundo, prevalecendo os efeitos do alumínio. Entretanto, REES e SIDRAK (16), após estudarem a ação do alumínio e do manganês, isolada ou conjunta, concluíram que o efeito do alumínio na depressão da absorção do manganês foi variável, dependendo da espécie vegetal. Os efeitos tóxicos do alumínio sobre a PA ocorreram de forma mais acentuada aos 170 dias após o transplântio, como indicado pela significância da diminuição da PA/R (Contraste 3, Quadro 2).

O alumínio também foi o responsável pela diminuição generalizada

QUADRO 1 - Valores médios da massa seca da parte aérea (MSPA), da massa seca do sistema radicular (MSR) e da relação entre essas duas variáveis ($PA/R = MSPA/MSR$) para os diversos tratamentos aplicados

Tratamento	MSPA	MSR	PA/R
	g		g/g
120 dias após transplântio			
Conilon			
pH 5,5	9,06	2,76	3,28
pH 4,0	8,16	2,15	3,80
pH 4,0 + Al	2,24	0,68	3,29
pH 4,0 + Mn	6,32	1,77	3,57
pH 4,0 + Al + Mn	2,67	0,68	3,93
Catuaí			
pH 5,5	13,63	2,49	5,47
pH 4,0	13,51	1,91	7,07
pH 4,0 + Al	4,31	1,00	4,31
pH 4,0 + Mn	12,78	1,57	8,14
pH 4,0 + Al + Mn	5,08	1,34	3,79
170 dias após transplântio			
Conilon			
pH 5,5	25,41	5,13	4,95
pH 4,0	23,81	4,27	5,58
pH 4,0 + Al	5,10	1,28	3,98
pH 4,0 + Mn	17,16	2,94	5,84
pH 4,0 + Al + Mn	4,04	1,17	3,45
Catuaí			
pH 5,5	27,98	3,73	7,50
pH 4,0	33,92	3,94	8,61
pH 4,0 + Al	9,20	1,57	5,86
pH 4,0 + Mn	30,20	3,43	8,80
pH 4,0 + Al + Mn	10,95	1,99	5,50

da massa seca da PA e R do cafeeiro Catuaí (Contraste 7, Quadro 2). Neste caso, porém, houve efeito mais acentuado sobre o crescimento da PA, evidenciado pela diminuição da PA/R. Esse comportamento já foi

QUADRO 2 - Contrastes ortogonais analisados e seus valores numéricos em relação à massa seca da parte aérea (MSPA), à massa seca do sistema radicular (MSR) e à relação entre essas variáveis (PA/R= MSPA/MSR)

Treatment	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Conilon									
pH 5,5	1	-4	0	0	0	0	0	0	0
pH 4,0	1	1	-1	-1	1	0	0	0	0
pH 4,0 + Al	1	1	1	-1	-1	0	0	0	0
pH 4,0 + Mn	1	1	-1	1	-1	0	0	0	0
pH 4,0 + Al + Mn	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Catual									
pH 5,5	-1	0	0	0	0	-4	0	0	0
pH 4,0	-1	0	0	0	0	1	-1	-1	1
pH 4,0 + Al	-1	0	0	0	0	1	1	-1	-1
pH 4,0 + Mn	-1	0	0	0	0	1	-1	1	-1
pH 4,0 + Al + Mn	-1	0	0	0	0	1	1	1	1
120 dias após transplântio									
MSPA	-20,85**	-16,86**	-9,56**	ns	ns	-18,85**	-16,9**	ns	ns
MSR	ns	-5,76**	-2,57**	ns	ns	-4,13**	-1,14*	ns	ns
PA/R	-10,9**	ns	ns	ns	ns	ns	-7,11**	ns	ns
170 dias após transplântio									
MSPA	-36,78**	-51,52**	-31,83**	ns	ns	-27,66*	-43,97**	ns	ns
MSR	ns	-10,85**	-4,76**	ns	ns	ns	-3,82**	ns	ns
PA/R	-12,47**	ns	-3,99**	ns	ns	ns	-6,05**	ns	ns

* e **: significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

ns: não-significativo a 5%, pelo teste F.

verificado aos 120 dias do transplântio. PAVAN e BINGHAM (15), em experimentos de dois anos de duração em solução nutritiva, observaram diminuição progressiva do crescimento radicular das plantas e da produção de café (*Coffea arabica*), com o incremento da concentração até 0,888 mmol/l de Al. Entretanto, o aparecimento de sintomas foliares somente foi observado após prolongada exposição das plantas ao alumínio e com teores superiores a 300 mg/kg de Al na folha.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo de avaliar a resposta de cultivares de *Coffea* transplântadas para vasos de 10 litros e submetidas aos seguintes tratamentos: SN pH 5,5; SN pH 4,0; SN pH 4,0 + 300 mg/l de Al; SN pH 4,0 + 20 mg/l de Mn; e SN pH 4,0 + 300 mg/l de Al + mg/l de Mn, configurando um arranjo fatorial de 2 x 5. O pH da SN foi ajustado diariamente, procedendo-se à troca semanal da mesma. Decorridos 120 e 170 dias após o transplântio, as duas mudas que cresceram em cada vaso foram respectivamente colhidas, determinando-se, separadamente, a massa seca da parte aérea e do sistema radicular e a relação entre essas duas variáveis.

Observou-se que houve diminuição no crescimento da parte aérea e do sistema radicular nos cafeeiros Conilon e Catuaí em virtude, exclusivamente, do efeito tóxico do alumínio, nas doses de alumínio e manganês utilizadas e nos períodos decorridos até a colheita dos materiais. O cafeeiro Catuaí sofreu mais acentuadamente os efeitos da diminuição do crescimento da parte aérea a partir do ensaio encerrado com 120 dias de transplântio, enquanto o Conilon mostrou essa resposta somente na colheita realizada após 170 dias de transplântio.

5. SUMMARY

(CONILON AND CATUAÍ COFFEE TREES TOLERANCE TO TOXICITY CAUSED BY ALUMINUM AND MANGANESE)

A water culture greenhouse experiment was performed to compare aluminum and manganese toxicity in *Coffea canephora*, cultivar Conilon and *Coffea arabica*, cultivar Catuaí. Two seedlings of each cultivar were transplanted to ten-liter nutrient solution (NS) pots, with these characteristics: NS pH 5.5, NS pH 4.0, NS pH 4.0 + 300 mg Al/l, NS pH

4.0 + 20 mg Mn/l, NS pH 4.0 + 300 mg Al/l + 20 mg Mn/l. The experiment was performed with a 2 x 5 factorial arrange in a randomized complete block design.

One plant was taken out 120 days after transplantation and, 50 days later, the second one. The tops and roots were collected separately, dried and weighed. The relation between top dry weight and roots dry weight (T/R) was calculated. There was a decrease in tops and roots growth for Conilon and Catuaí coffee trees due to aluminum toxicity. At the first harvest, Catuaí's T/R decreased in the aluminum treatments, indicating that the greatest damage was suffered by the tops. This effect was registered for Conilon's T/R only at the 170 day harvest.

6. LITERATURA CITADA

1. BRAGANÇA, J. B.; MATIELLO, J. B. & FABRIS, E. J. Efeito do alumínio trocável do solo sobre o crescimento inicial do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em comparação com o Catuaí (*Coffea arabica*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambú, 1985. *Anais*, Rio de Janeiro, SEPRO/DEPET/DIPRO/IBC, 1985. p.112-114.
2. BROWN, J. C.; AMBLER, J. E.; CHANEY, R. L. & FOY, C. D. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M. & LINDSAY, W. L. (eds.). *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.389-418.
3. FAQUIN, V. & VALE, F. R. Toxidez de alumínio e manganês. *Inf. Agropec.*, 15(170):28-38, 1991.
4. FOY, C. D. Manganese and plants. In: FOY, C. D. (ed.). *Manganese*. Washington, National Academy of Sciences, 1973. p.51-76.
5. FOY, C. D. Effect of aluminum on plant growth. In: CARSON, F. W. (ed.). *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p. 565-600.
6. FOY, C. D. & BROWN, J. C. Toxic factors in acid soils. I. Characterization of aluminum toxicity in cotton. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27:403-407, 1963.
7. FURLANI, P. R. Toxicidade de alumínio e manganês em plantas. In: RAIJ, B.; BATAGLIA, O. C. & SILVA, N. M. (coord.). *Acidez e calagem no Brasil*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.78-86.
8. JOHNSON, R. E. & JACKSON, W. A. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28:381-386, 1964.
9. JUSTE, C. Actions toxiques des oligoéléments. *Ann. Agron.*, 21:549-571, 1970.
10. KERRIDGE, P. C.; DAWSON, M. D. & MOORE, D. P. Separation of degrees of aluminum toxicity in wheat. *Agron. J.*, 63:586-591, 1971.
11. KUPPER, A.; SACCHETTO, M. T. D. & RAIJ, B. Formas e níveis de manganês em alguns solos com e sem calagem. *Bragantia*, 27: XV-XVII, 1968.
12. LEE, C. R. Interrelationships of aluminium and manganese on the potato plant. *Agron. J.*, 64:546-549, 1972.
13. MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H. J. *Desordens nutricionais no cerrado*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1985. 136p.

14. PAVAN, M. A. & BINGHAM, F. T. Toxidez de metais em plantas. I. Caracterização de toxidez de manganês em cafeeiros. *Pesq. Agropec. Bras.*, 16:815-821, 1981.
15. PAVAN, M. A. & BINGHAM, F. T. Toxidez de alumínio em cafeeiros cultivados em solução nutritiva. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17:1293-1302, 1982.
16. REES, W.J. & SIDRAK, G.H. Interrelationships of aluminum and manganese toxicities toward plants. *Plant Soil*, 13:101-117, 1961.