

TOLERÂNCIA DE PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA (*Vitis spp.*) À SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO^{1/}

José Carlos Frágua^{2/}
Flávio de Araújo Lopes do Amaral^{3/}
José Mário Braga^{3/}
Antônio Américo Cardoso^{4/}

I. INTRODUÇÃO

Os porta-enxertos emprégados na viticultura brasileira, em sua maioria, são oriundos da França, onde são selecionados para maior adaptabilidade a terrenos calcários. No Brasil, esse material vem sendo utilizado em terrenos de acidez elevada e, em muitos casos, altos teores de alumínio trocável (28).

A maioria dos trabalhos sobre nutrição de videira refere-se a vinhedos enxertados, mostrando o estado nutricional dos cultivares produtores através de análise foliar (5, 6, 14, 21, 22). Trabalhos só com porta-enxertos são raros (4, 27, 30, 31).

No Rio Grande do Sul, muitas vezes, a enxertia só pode ser realizada no segundo ano de plantio, devido ao fraco desenvolvimento dos porta-enxertos. Isso, provavelmente, deve-se a um pequeno desenvolvimento radicular, causado pela ação fitotóxica do alumínio trocável do solo, em prejuízo da nutrição normal dos porta-enxertos (15, 16). Os efeitos mais pronunciados do alumínio tóxico refletem-se na paralisação de crescimento e no engrossamento de raízes: as extremidades afetadas apresentam-se marrons, as raízes laterais são atrofiadas e grossas e deficientes em radicelas (11, 16, 25).

^{1/} Parte da tese apresentada à U.F.V., pelo primeiro autor, como parte das exigências do curso de Doutorado em Fitotecnia.

Aceito para publicação em 12-8-1988.

^{2/} EMBRAPA-CNPUV/BG. Cx. Postal 130. Bento Gonçalves, RS.

^{3/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

A precipitação de fosfatos, tanto na solução do solo quanto nas superfícies e espaços livres das raízes, e a redução da solubilidade do fósforo, além de outros fatores, afetam o crescimento radicular, impedindo a absorção normal de água, fósforo e outros nutrientes (2, 15, 17).

São raros os trabalhos relacionados com a influência do alumínio trocável do solo sobre a cultura da videira. Alguns pesquisadores referem-se a alguns efeitos do alumínio, mostrando que em algumas regiões de solo-ácido (Roussillon, na França) ocorre enfraquecimento das videiras, redução da área foliar, formação de sarmentos finos, débeis e atrofiados e sistema radicular afetado, podendo ocorrer até a morte das plantas (4, 20, 26).

Para as culturas anuais, são vários os trabalhos que mostram a diferença na tolerância ao alumínio entre cultivares. Estudos têm sido feitos para mostrar a capacidade das plantas para absorver fósforo na presença de altas concentrações de alumínio (17, 24) e a dificuldade da penetração e desenvolvimento de raízes em solos com altos teores desse elemento (9, 23).

O objetivo principal deste estudo foi verificar a reação de cinco porta-enxertos de videira a seis diferentes níveis de saturação de alumínio em amostras de solo provenientes de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico da região de Viçosa, MG, visando a obter dados sobre a diferença na tolerância ao alumínio trocável do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se amostras de solo provenientes de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, coletadas na camada de zero a 40 cm de profundidade. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos no arranjo fatorial 6x5 (seis níveis de saturação de alumínio e cinco cultivares de porta-enxertos de videira), com três repetições.

Para corrigir a fertilidade do solo, usou-se superfosfato triplo, na dose de 4,1g/4kg de solo, e cloreto de potássio, na dose de 0,44g/4kg de solo, quando as brotações estavam com mais de 10 cm de altura. Os micronutrientes foram adicionados quando as brotações estavam com mais de 20 cm de altura, segundo a indicação de ALVAREZ VENEGAS (1). Para a calagem, usaram-se carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, p.a., na relação estequiométrica de 4:1. Os cultivares usados foram 101-14, Kober 5 BB, SO4, 420-A e 161-49, em virtude de serem os mais utilizados na viticultura mundial, com características diferentes entre si (Quadro 1).

Foi usado o método descrito por SANTANA (32), com algumas modificações, nas seguintes etapas:

- Coleta de amostras de solo, peneiragem (malhas de 2mm) e secagem ao ar, para posterior análise, nos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, MG (Quadro 2).
- Adubação, para elevar o nível de fertilidade do solo.
- Incubação, com água a 80% da capacidade de campo por uma semana.
- Secagem das amostras e análises químicas para determinar a percentagem de saturação de alumínio (m), segundo a indicação de MUZILLI e KALCKMANN (29).
- Calagem, com a finalidade de obter cinco diferentes níveis de saturação de alumínio, deixando-se uma amostra do solo sem calagem.
- Incubação, com água a 80% da capacidade de campo, por 15 dias.

QUADRO 1 - Características dos porta-enxertos utilizados, de acordo com suas origens e sua resistência à alcalinidade

Origens (1)		Índice de Drouineau-Galet (2)
101-14	: Millardet e Grasset Ripária x Rupestris	9,0%
S04	: Seleção Oppenheim do Teleski nº 4 : Ripária x Berlandieri	17,0%
Kober 5 BB: Teleski	Berlandieri x Ripária	20,0%
420-A: Millardet e Grasset	Berlandieri x Ripária	20,0%
161-49	: Couderc Ripária x Berlandieri	20,0%

(1) Segundo FERNANDEZ - CANO (13).

(2) Segundo GALET (21).

— Análises químicas das amostras, até a estabilização dos valores (pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ e Al⁺⁺⁺ trocáveis) (Quadro 3).

— Distribuição de quatro quilogramas das amostras, dos diferentes tratamentos, em recipientes plásticos.

— Plantio de estacas com, aproximadamente, 20 cm de comprimento (de três a quatro gemas), deixando-se apenas a primeira gema sem regar, para facilitar a emissão de raízes, cobrindo-as com o próprio solo de cada vaso.

— Rega com água destilada até 80% da capacidade de campo, duas vezes ao dia. Este procedimento foi repetido até o aparecimento de brotos quando a adição de água passou a ser suficiente para o desenvolvimento das brotações.

— Tutoramento das plantas conduzidas num sistema semelhante ao de espaldeiras.

— Registro de todas as anormalidades surgidas, como deformações e mudança de coloração das folhas, sintomas de deficiência de alguns nutrientes, segundo CRISTENSEN *et alii* (10), CONRADIE (12) e FREGONI (19).

— Coleta de dados, através de medição de altura das plantas, coleta das folhas (separação do limbo e dos pecíolos), coleta dos caules, lavagem das folhas e caules com água desmineralizada, secagem ao ar e secagem em estufa (com ventilação forçada), a 65-70°C, até peso constante. As raízes foram lavadas com água corrente comum e com água desmineralizada, colocadas em proveta volumétrica de um litro, para medir o volume das raízes, pelo processo de deslocamento de água, e, em seguida, secas ao ar e em estufa.

— Secagem das amostras e moagem em moinho de facas Wiley, com peneira de 40 malhas.

— Mineralização, pelo processo nitroperclórico. No mineralizado foram determinados: fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺⁺) e magnésio (Mg⁺⁺), segundo BRAGA (7,8). O alumínio foi determinado por fotometria (BRAGA)*.

* Informação pessoal.

QUADRO 2 - Análise física e química da amostra do material proveniente de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrofíco¹

Análise física

Análise química

Areia grossa	19,0 %	Al ⁺⁺⁺	1,7 meq/100 cm ³ solo
Areia fina	11,0 %	Ca ⁺⁺	0,2 meq/100 cm ³ solo
Silte	14,0 %	Mg ⁺⁺	0,0 meq/100 cm ³ solo
Argila	56,0 %	K ⁺	28 ppm
Classificação textural	Argila	P	2 ppm
Capacidade de campo	31,42%	M. orgânica	5,21%
		pH(água 1:2,5)	4,3
		m(% sat. Al ⁺⁺⁺)	86,3%

¹ Análises realizadas pelos laboratórios do Departamento de Solos da U.F.V.

QUADRO 3 - Níveis finais de saturação de alumínio, após 15 dias de incubação das amostras de Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico. U.F.V., Viçosa, 1981

Níveis	Valores de "m" (% Al ⁺⁺⁺) ¹
N ₁	0,0
N ₂	5,6
N ₃	14,7
N ₄	25,1
N ₅	44,8
N ₆	86,3

Al^{+++}

$^1 / m = \frac{\text{Al}^{++} + \text{Ca}^{+++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+}{\text{trocáveis em meq/100 cm}^3}$, cátions

As características analisadas foram:

- aspectos gerais da parte aérea (deformação e indícios de deficiências nutricionais);
- altura das plantas;
- volume de raízes;
- peso da matéria seca de folhas, pecíolos, caules e raízes; e,
- teores de P, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e Al⁺⁺⁺, nas folhas, caules e raízes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção do porta-enxerto 161-49, os demais exigiram um certo teor de alumínio para alcançarem maior altura, decrescendo, depois, com o aumento da percentagem de saturação de alumínio, destacando-se o Kober 5 BB dos demais (Quadros 4 e 5).

Ficou evidenciada a necessidade de certo teor de alumínio para a obtenção de maior peso médio da matéria seca da parte aérea. Os porta-enxertos Kober 5 BB e SO4 destacaram-se dentre os demais (Quadros 4 e 5). A grande diferença entre os três níveis de saturação de alumínio mais baixos e os três mais elevados pode ser atribuída ao efeito indireto do alumínio, que, ao inibir o crescimento radicular, limitou a área de absorção de nutrientes das raízes e o volume de solo explorado, fato também considerado por SANTANA (32).

O cultivar 420-A foi o único a alcançar os maiores valores de peso da matéria seca das raízes na ausência do alumínio. Pelo Quadro 4, verifica-se que essa característica não foi bom parâmetro, visto que as relações morfológicas ocorridas limitaram muito esse efeito. O comprimento das raízes seria mais indicado. Contudo, pelo fato de se ter trabalhado com solos, os dados não seriam tão confiáveis, o que confirma o dito por SANTANA (32).

Os cultivares 161-49 e 420-A tiveram maiores valores para o volume de raízes na ausência do alumínio, ao passo que os outros necessitaram de certo teor de alumínio para atingirem o maior volume de raízes (Quadro 4). O cultivar Kober 5

QUADRO 4 - Efeitos de seis níveis de saturação de alumínio sobre os cinco porta-enxertos de videira. (Médias de três repetições). U.F.V., Viçosa, 1982

Cultivar	Trata mento	Altura da planta	Parte aérea	Peso da matéria seca	Volume de raízes
		(cm)	-----	g	----- (ml)
S04	N ₁	154,7	13,7	6,6	15,0
	N ₂	156,0	16,4	9,3	11,7
	N ₃	186,7	21,0	9,1	28,3
	N ₄	18,3	2,5	0,6	4,2
	N ₅	62,0	6,7	3,9	15,0
	N ₆	29,7	3,1	0,9	5,0
101-14	N ₁	28,0	2,7	2,3	11,7
	N ₂	60,3	9,4	7,6	18,3
	N ₃	78,0	10,5	7,7	20,0
	N ₄	21,7	2,1	4,4	20,0
	N ₅	58,3	6,1	4,2	19,2
	N ₆	21,3	2,1	0,7	5,0
420-A	N ₁	96,3	8,8	4,3	21,7
	N ₂	118,7	11,2	3,7	16,7
	N ₃	52,0	5,2	2,9	11,7
	N ₄	41,7	4,3	2,4	16,7
	N ₅	22,7	2,9	0,6	4,2
	N ₆	12,3	1,8	0,5	3,3
161-49	N ₁	122,3	9,9	3,8	23,3
	N ₂	81,0	11,9	4,6	15,0
	N ₃	87,7	9,1	4,6	16,7
	N ₄	20,7	2,5	0,6	3,3
	N ₅	18,3	2,3	0,6	6,7
	N ₆	49,3	3,7	1,6	7,7
Kober 5 BB	N ₁	184,3	15,2	4,7	13,3
	N ₂	190,7	17,0	5,7	18,3
	N ₃	196,0	21,0	8,6	23,3
	N ₄	126,3	12,6	5,7	18,3
	N ₅	96,7	7,8	3,2	14,2
	N ₆	149,0	11,5	4,2	15,0

BB foi o que alcançou maior valor médio, enquanto o 161-49 e o 420-A foram os de menores valores médios para essa característica.

Nos Quadros 6 e 7 pode-se observar que aos menores teores de alumínio nas folhas correspondem os maiores teores de P, K, Ca e Mg, com pequenas variações. O S04 destacou-se dentre os demais absorvendo mais alumínio, enquanto o 161-49 foi o que apresentou menor absorção desse elemento, embora não diferisse significativamente dos cultivares 101-14, 420-A e Kober 5 BB (Quadro 6). Possivelmente, como foram coletadas antes de completado o ciclo vegetativo, as plantas absorveram alumínio e o excretaram na forma de quelatos, hipótese exposta por Harris (1961), citado por FOY (16).

Para teores de alumínio nos caules, só houve efeito significativo em relação aos cultivares cuja tendência foi irregular, com relação a essa característica, à

QUADRO 5 - Valores médios dos resultados obtidos para os porta-enxertos de videiras (Média de três repetições).
U.F.V., 1982

Características	Cultivares			
	S04	101-14	420-A	161-49
Altura da planta	101,2b	44,6c	57,3c	63,2bc
Peso da matéria seca da parte aérea	10,5a	5,5b	5,7b	6,6b
Peso da matéria seca das raízes	5,1ab	4,5ab	2,4	2,6b
meq Al ⁺⁺⁺ /100g folhas	0,24a	0,14b	0,11b	0,08b
meq Al ⁺⁺⁺ /100g caules	0,15ab	0,14ab	0,16a	0,09b
% P nas folhas	0,28a	0,25a	0,09b	0,22a
% P nas folhas	0,20a	0,18a	0,07b	0,19a
% K ⁺ nos caules	0,53a	0,40ab	0,29b	0,46a
% K ⁺ nas raízes	0,07a	0,07a	0,05ab	0,05ab
% Ca ⁺⁺ nas folhas	1,09bc	1,01c	1,26ab	1,28a
% Ca ⁺⁺ nos caules	0,41a	0,37ab	0,27c	0,46a
% Ca ⁺⁺ nas raízes	0,84ab	0,54c	0,96a	0,78ab
% Mg ⁺⁺ nas folhas	0,14b	0,15b	0,21a	0,16b
% Mg ⁺⁺ nos caules	0,13ab	0,16a	0,09c	0,16a
% Mg ⁺⁺ nas raízes	0,26ab	0,17b	0,22ab	0,33a

Letras iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 6 - Efeito de seis níveis de saturação de alumínio sobre os teores de Al, P, K, Ca e Mg, pela análise química dos porta-enxertos. (Média de três repetições). U.F.V. Viçosa, 1982

Tratamento	Folhas				Caules				Raízes				
	Al ⁺⁺⁺	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Culti-var	meq/100g	(%)	(%)	(%)	meq/100g	(%)	(%)	(%)	meq/100g	(%)	(%)	(%)	(%)
S04	N	0,24	0,28	1,38	0,16	0,18	0,25	0,61	0,39	0,42	0,28	0,07	0,97
	N	0,27	0,31	0,99	0,15	0,15	0,21	0,44	0,41	0,14	0,77	0,03	0,38
	N	0,27	0,27	1,24	0,13	0,13	0,16	0,45	0,40	0,16	0,97	0,25	0,34
	N	0,29	0,21	1,70	0,16	0,10	0,10	0,49	0,36	0,09	1,67	0,29	0,38
	N	0,18	0,33	1,95	0,08	0,15	0,19	0,28	0,62	0,14	0,76	0,09	0,18
	N	0,17	0,26	1,00	0,96	0,10	0,17	0,58	0,59	0,08	0,22	0,08	0,26
	N	0,19	0,24	1,35	1,12	0,18	0,17	0,13	0,34	0,28	0,15	0,87	0,12
	N	0,15	0,27	1,34	1,03	0,14	0,06	0,14	0,34	0,41	0,19	0,83	0,27
	N	0,15	0,28	1,03	0,93	0,14	0,19	0,19	0,57	0,46	0,21	0,77	0,02
	N	0,14	0,25	1,49	1,18	0,17	0,17	0,17	0,32	0,30	0,15	0,62	0,22
	N	0,17	0,29	1,15	0,82	0,12	0,15	0,29	0,35	0,46	0,16	0,78	0,08
	N	0,08	0,19	1,36	0,95	0,12	0,15	0,15	0,29	0,30	0,10	1,84	0,25
101-14	N	0,12	0,10	1,11	1,46	0,28	0,12	0,11	0,28	0,26	0,12	0,85	0,35
	N	0,15	0,11	1,29	1,61	0,26	0,12	0,08	0,32	0,26	0,09	0,01	0,24
	N	0,12	0,06	1,19	1,28	0,19	0,17	0,05	0,27	0,31	0,10	1,05	0,25
	N	0,10	0,09	1,92	1,31	0,21	0,08	0,08	0,35	0,22	0,08	0,85	0,08
	N	0,08	0,08	1,19	1,03	0,17	0,16	0,06	0,31	0,34	0,08	2,07	0,05
	N	0,11	0,07	1,31	0,88	0,12	0,16	0,07	0,23	0,20	0,05	2,20	0,06
420-A	N	0,12	0,10	1,11	1,46	0,28	0,12	0,11	0,28	0,26	0,12	0,85	0,35
	N	0,15	0,11	1,29	1,61	0,26	0,12	0,08	0,32	0,26	0,09	0,01	0,24
	N	0,12	0,06	1,19	1,28	0,19	0,17	0,05	0,27	0,31	0,10	1,05	0,25
	N	0,10	0,09	1,92	1,31	0,21	0,08	0,08	0,35	0,22	0,08	0,85	0,08
	N	0,08	0,08	1,19	1,03	0,17	0,16	0,06	0,31	0,34	0,08	2,07	0,05
	N	0,11	0,07	1,31	0,88	0,12	0,16	0,07	0,23	0,20	0,05	2,20	0,06
161-49	N	0,10	0,29	1,01	1,22	0,15	0,17	0,29	0,45	0,55	0,20	0,77	0,34
	N	0,03	0,14	1,02	1,24	0,16	0,10	0,14	0,55	0,58	0,19	1,49	0,05
	N	0,05	0,32	1,48	1,50	0,17	0,08	0,19	0,59	0,59	0,18	1,07	0,33
	N	0,06	0,13	1,52	1,46	0,21	0,10	0,15	0,48	0,42	0,12	1,57	0,23
	N	0,12	0,14	1,78	1,04	0,16	0,06	0,10	0,25	0,32	0,09	1,16	0,17
	N	0,09	0,29	2,04	1,23	0,13	0,04	0,27	0,45	0,31	0,07	1,35	0,15
Kober	N	0,11	0,35	1,44	1,59	0,31	0,10	0,20	0,52	0,35	0,15	0,97	0,22
5 BB	N	0,13	0,29	1,38	1,47	0,24	0,05	0,16	0,39	0,34	0,12	0,98	0,25
	N	0,14	0,26	1,09	1,26	0,22	0,16	0,09	0,47	0,40	0,13	1,09	0,26
	N	0,16	0,28	1,30	1,42	0,24	0,18	0,16	0,39	0,34	0,10	0,94	0,21
	N	0,12	0,25	1,53	1,10	0,18	0,20	0,14	0,34	0,28	0,07	1,36	0,25
	N	0,20	0,13	1,45	1,30	0,16	0,10	0,08	0,32	0,24	0,05	1,20	0,26

QUADRO 7 - Efeito de seis níveis de Al⁺⁺⁺ sobre o teor de alumínio e sobre a soma das percentagens de P, K, Ca e Mg encontradas na parte aérea (folhas + caules) e raízes de videira. (Média de três repetições)

	Tratamento	Parte aérea		Raízes	
		Al ⁺⁺⁺ (meq/100g)	P + K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (%)	Al ⁺⁺⁺ (meq/100g)	P + K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (%)
SO4	N ₁	0,37	4,38	0,42	1,70
	N ₂	0,42	3,81	0,77	1,59
	N ₃	0,40	3,96	0,97	1,69
	N ₄	0,39	4,14	1,67	1,44
	N ₅	0,37	5,07	0,76	1,50
	N ₆	0,34	3,54	2,11	0,66
101-14	N ₁	0,36	3,79	0,87	1,29
	N ₂	0,21	3,99	0,83	1,10
	N ₃	0,32	3,81	0,77	0,97
	N ₄	0,29	4,03	0,62	1,17
	N ₅	0,32	3,64	0,78	0,90
	N ₆	0,23	3,46	1,84	0,73
420-A	N ₁	0,24	3,72	0,85	1,97
	N ₂	0,27	4,02	1,01	1,76
	N ₃	0,29	3,45	1,05	1,59
	N ₄	0,31	4,26	0,85	1,44
	N ₅	0,24	3,26	2,07	1,06
	N ₆	0,27	2,93	2,20	1,06
161-49	N ₁	0,27	4,16	0,77	2,62
	N ₂	0,13	4,02	1,49	1,45
	N ₃	0,13	5,02	1,07	1,63
	N ₄	0,16	4,49	1,57	1,26
	N ₅	0,18	3,84	1,16	0,75
	N ₆	0,13	4,79	1,35	0,73
Kober	N ₁	0,21	4,91	0,97	1,51
5 BB	N ₂	0,18	4,39	0,98	1,17
	N ₃	0,30	3,92	1,09	1,28
	N ₄	0,34	4,23	0,94	1,26
	N ₅	0,32	3,89	1,36	1,08
	N ₆	0,30	3,73	1,20	1,17

exceção do porta-enxerto 161-49, que mostrou tendência de decréscimo no teor de alumínio nos caules com o aumento do nível de saturação do elemento (Quadro 6).

Houve tendência de aumento da concentração de alumínio nas raízes com o aumento do nível de saturação de alumínio no solo, com pequenas variações. Enquanto o 420-A foi o porta-enxerto que apresentou maior retenção de alumínio nas raízes, o Kober 5 BB foi o que mostrou maior uniformidade nos resultados (Quadros 6 e 7).

Apensas os porta-enxertos SO4 e 420-A diferiram estatisticamente na capacidade de absorver fósforo na presença de alumínio em excesso. Observa-se que, à medida que aumentou o nível de saturação de alumínio no solo, houve tendência de diminuição no teor de fósforo nas folhas (Quadro 6). Dos dois cultivares, o 420-A

absorveu menor quantidade e o SO4 a maior.

Embora, segundo FOY e BROWM (17), as plantas tivessem diferido entre si na absorção do fósforo, na presença de alumínio em excesso, somente os porta-enxertos SO4 e 420-A mostraram essa diferença, estatisticamente. Pode-se observar que, à medida que aumentou o nível de saturação de alumínio no solo, houve tendência de diminuição no teor de fósforo nas folhas (Quadro 6). O cultivar 420-A foi o de menor absorção de fósforo, e o SO4 o de maior absorção, embora só diferisse significativamente do 420-A.

Não houve tendência lógica na diminuição dos teores de fósforo nos caules com o aumento da saturação de alumínio no solo. O cultivar de maior acúmulo de fósforo nos caules foi o SO4, e o de menor acúmulo o 420-A (Quadro 6). Dados de Ragland e Coleman (1962), Randall e Vose (1963) e Mac Lean e Chiasson (1966), citados por SANTANA (32), levam a inferir que, às vezes o alumínio pode induzir a absorção de fósforo, o que, neste estudo, ficou evidenciado, por não ter havido o bloqueio do fósforo nas raízes.

Não houve grandes diferenças nos teores de fósforo nas raízes entre os cultivares: os menores ocorreram no Kober 5 BB, e os maiores no 420-A (Quadro 6).

Devido ao alto teor de matéria orgânica do solo usado (5,21%), o fósforo, possivelmente, participou pouco da complexação e precipitação do alumínio, ficando esse efeito para os ácidos orgânicos da matéria orgânica e dos exsudatos das raízes. Essa hipótese está de acordo com as informações de Jones (1961), citado por FOY e BROWN (17), e de Struthers e Sieling (1950) e Drake e Steckel (1955), citados por FOY (16). Com isso, maior teor de fósforo foi liberado para as plantas.

Embora os cultivares não tivessem apresentado efeito significativo da percentagem de potássio nas folhas, o 161-49 foi o que mais reteve potássio nas folhas, e o de menor retenção foi o 101-14 (Quadro 6), o que mostrou coerência com os dados de BERNARD *et alii* (3) para o cultivar 161-49. BOUBALS (4) salientou que alguns porta-enxertos absorvem mais facilmente o potássio do que o magnésio, e vice-versa. Neste ensaio, a parte aérea mostrou maiores teores de potássio, enquanto as raízes retiveram mais magnésio.

Não houve tendência lógica na diminuição do teor de potássio nos caules com o aumento da saturação de alumínio, verificando-se que os maiores valores concentraram-se nos três primeiros níveis de saturação, de modo geral (Quadro 6). O porta-enxerto SO4 foi o de maior retenção de potássio nos caules, ao contrário do 420-A.

Comparados aos teores de potássio das folhas e caules, os teores das raízes mostraram-se extremamente baixos, o que pode sugerir fraca retenção desse elemento no sistema radicular (Quadro 6). Os cultivares SO4 e 101-14 foram os que mais retiveram potássio nas raízes, ao contrário do Kober 5 BB.

Embora não tivesse havido semelhança entre os teores de cálcio nas folhas e os níveis de saturação de alumínio no solo, verificou-se que os maiores valores dessa característica ocorreram com os menores níveis de saturação (Quadro 6). Dados semelhantes foram encontrados por PEREIRA *et alii* (30) com os cultivares Kober 5 BB e 101-14.

O 101-14 foi o que menos acumulou cálcio nas folhas, não diferindo apenas do SO4. O Kober 5 BB foi o de maior retenção, embora não diferisse significativamente do 420-A e do 161-49.

A percentagem de cálcio nos caules apresentou tendência semelhante à do cálcio nas folhas (Quadro 6). Os dados apresentados por PEREIRA *et alii* (30)

também se mostraram semelhantes aos conseguidos com os porta-enxertos Kober 5 BB e 101-14.

Os valores médios de percentagem de cálcio nas raízes foram superiores aos dos caules, porém inferiores aos das folhas (Quadro 6). O cultivar 420-A foi o que mais acumulou cálcio nas raízes, sem diferir significativamente do SO4 e do 161-49, enquanto o 101-14 foi o de menor acúmulo, só não diferindo significativamente do Kober 5 BB. Isso pode ser explicado pela ação da matéria orgânica do solo na complexação do alumínio, com liberação de mais cálcio para as plantas, conforme sugerido por SANTANA (32).

Os cultivares Kober 5 BB e 420-A foram os que apresentaram os melhores resultados de percentagem de magnésio nas folhas, embora sem semelhança entre os valores (Quadro 6).

O Quadro 5 mostra os valores da percentagem de magnésio nos caules, observando-se que não houve semelhança de dados. Contudo, os porta-enxertos 101-14, 161-49 e SO4 foram os que apresentaram os maiores valores ao passo que o 420-A e o Kober 5 BB foram os de menores valores.

Embora não tivesse ocorrido semelhança entre os dados, os maiores valores de percentagem de magnésio nas raízes corresponderam aos menores níveis de saturação de alumínio. Verifica-se também que esses valores foram os maiores quando comparados com os teores de magnésio nas folhas e nos caules (Quadro 6).

O 161-49 apresentou os maiores teores para essa característica, diferindo significativamente apenas do 101-14, que apresentou os menores valores.

As deformações foliares foram das características que mais se acentuaram, caracterizando-se por redução de tamanho do limbo, formato de leque, bordos repicados e seio peciolar muito aberto, seguidos de clorose, a partir de 25,1% de saturação de alumínio no solo (N4). Também ocorreu queda de folhas deformadas, pela abscisão de pecíolos, fato mais ligado à deficiência de cálcio, principalmente nos níveis mais elevados de saturação de alumínio, conforme mostrado por FOY *et alii* (18) e ARMIRGER (2).

Com 44,8 e 86,3% de saturação de alumínio, foram mais sérios os danos às raízes, que ficaram bem escuradas, mais curtas e mais grossas.

De modo geral, os resultados referentes aos porta-enxertos Kober 5 BB e 101-14 não diferem muito dos resultados obtidos por PEREIRA *et alii* (30), com relação à absorção de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Com níveis mais baixos de saturação de alumínio, a calagem pode ter eliminado o efeito fitotóxico do elemento, mas fez surgir alguns sintomas de deficiência de fósforo, induzidos, provavelmente, pelo excesso de cálcio, conforme também observaram Okruzko *et alii* (1962) e Hourican *et alii* (1961), citados por SANTANA (32).

A ausência do bloqueio total de fósforo pelo alumínio pode ser explicada pelo alto teor de matéria orgânica e baixos valores de pH do solo, o que foi também levado em consideração por Bartlett e Riego (1972), citados por SANTANA (32).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estudados os efeitos do alumínio trocável do solo na reação de cinco cultivares de porta-enxertos de videira, num Latossolo Vermelho-Amarelo, a seis níveis de saturação de alumínio.

De modo geral, foi verificada a seguinte tendência de tolerância diferenciada dos cultivares, em relação aos melhores resultados, em escala decrescente: Kober 5 BB, SO4, 161-49, 101-14 e 420-A. Com relação aos níveis de saturação, a melhor

resposta foi apresentada pelos cultivares quando era baixo o conteúdo de alumínio no solo (em geral, no nível $N_3 = 14,7\%$ de Al^{+++}). Verificou-se também que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os quatro primeiros níveis (de 0,0 a 25,1% de Al^{++}), enquanto os maiores efeitos ocorreram com 44,8 e 86,3% de Al^{+++} .

Para os níveis mais baixos de saturação de alumínio, o calcário pode ter eliminado o efeito fitotóxico do elemento, apesar de mostrar alguns sintomas de deficiência de fósforo, induzidos pelo excesso de cálcio. O elevado teor de matéria orgânica do solo pode ter diminuído a solubilização do alumínio, principalmente com maior saturação.

O sintoma visual que melhor caracterizou o efeito fitotóxico do alumínio foi a deformação (folhas de tamanho reduzido, formato de leque, margens serrilhadas e seio peciolar muito aberto) e queda das folhas, provocada pela abscisão do pecíolo. Acima de 44,8% de saturação de alumínio, as raízes apresentaram-se muito escuras, grossas e curtas no final do experimento.

5. SUMMARY

(ROOTSTOCK GRAPE CULTIVAR TOLERANCE TO ALUMINUM SATURATION)

The effect of six levels of soil exchangeable aluminum (Al) on the behaviour of five rootstock cultivars of grape (*Vitis* spp.) was studied under greenhouse conditions.

The exchangeable Al caused different plant responses among the cultivars. The sequence of cultivars from higher to lower Al tolerance was: Kober 5 BB, SO4, 161-49, 101-14 and 420-A. The best response of the cultivars was observed when some small Al content was present in the soil (in general, at the third level — 14.7% Al^{3+}). No significant difference was observed for the first four levels tested (from 0.0 to 25.1% Al^{3+}), while the major negative effects occurred at 44.8 and 86.3% Al^{3+} . For the lower levels of Al saturation, the plants showed symptoms of phosphorus deficiency, apparently induced by calcium excess from the lime applied. The high soil organic matter content probably caused a decrease in the Al solubility, mainly for the higher levels of Al saturation tested.

The Al toxicity caused a foliar deformation, characterized by small fan-shaped leaves, with edges quite serrated and petiolar sinus very opened with subsequent fall of the leaves. For Al saturation higher than 44.8%, the roots were very dark, thick and with small growth by the end of the experiment.

6. LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ VENEGAS, V.H. *Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais*. Viçosa, U.F.V., 1974. 125 p. (Tese de Mestrado).
2. ARMIRGER, W.H.; FOY, C.D., FLEMING, A.L. & CALDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. *Agronomy Journal*, 60:67-70, 1968.
3. BENARD, P.; JOURET, C. & FLANZY, M. Influence des portegreffes sur la composition minérale des vins. *Ann. Technol. Agric.*, 12:277-285, 1963.

4. BOUBALS, D. Obtention de nouveaux porte greffes favorables à la qualité. *Bulletin de L.O.I.V.*, 50:321-330, 1977.
5. BOVAY, E. Diagnostic foliaire la vigne et action du porte-greffe sur l'alimentation du chasselas. *Revue Romande d'Agric., de Vitic et d'Arboriculture*. 15:35-37, 1959.
6. BOVAY, E. & GALLARY, R. Étude comparative par la méthode du diagnostic foliaire de l'alimentation de divers porte-graftes de chasselas sur deux sols différentes. *Rev. Romande d'Agric. de Vitic. et d'Arbor.* 10:85-88, 1956.
7. BRAGA, J.M. *Avaliação da Fertilidade de Solos (Análise Química)*. I Parte. Viçosa, Imprensa Universitária, 1980. p. 21-27, 73-79.
8. BRAGA, J.M. *Avaliação da Fertilidade do Solo (Análise Química)*. II Parte. Viçosa, Imprensa Universitária, 1980, p. 1-5, 31-33.
9. CAMARGO, C.E. de O. & OLIVEIRA, O.F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. In: REUNIÃO NORTE BRASILEIRA DE PESQUISA DO TRIGO IV, Curitiba, 1980. Anais, Curitiba, 15 p.
10. CHRISTENSEN, L.P.; KASIMATIS, A.N. & JENSEN, F.L. *Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley*. Berkley, University of California, 1978. 40 p.
11. CLARKSON, D.T. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. *Plant Physiology*, 41:165-172, 1966.
12. CONRADIE, W.J. *Leaf analysis of deciduous fruit trees and grapevines summer rainfall area*. Pretoria, Department of Agricultural, 1980. 2 p.
13. FERNANDES, CANO - L.H. Los porta injertos en viticultura. I.N.I.A. 4:1-31. 1975.
14. COOK, J.A. & LIDER, L.A. Mineral composition of bloomtime grape petiole in relation to rootstock and scion variety behaviour. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 84:243-254, 1964.
15. FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerance of plant species and varieties in acid soils. *Ciência e Cultura*, 28:150-155, 1976.
16. 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, 1974. p. 601-42.
17. FOY, C.D. & BROW, J.C. Toxic factors in acid soils: II Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28:27-32, 1964.
18. FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & ARMIRGER, W.H. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. *Agronomy Journal*, 61:505-511, 1969.

19. FREGONI, M. *Nutrizione e fertilizzazione della vite*. Bologna, Edagricole, 1980. 418 p.
20. GALET, P. Editorial par P. Galet. *La France Viticole*, 10:3-11, 1978.
21. GALLO, J.R. & OLIVEIRA, A.S. de. Variações sazonais na composição mineral de folhas de videira e efeitos do porta-enxerto e da presença de frutos. *Bragantia*, 19:883-889, 1960.
22. GALLO, J.R. & RIBAS, W.C. Análise foliar de diferentes combinações enxerto-cavalo, para dez variedades de videira. *Bragantia*, 21:397-410, 1962.
23. HOWARDS, D.D. & ADAMS, F. Calcium requirement for penetration of subsoils by primary cotton roots. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 29:558-562. 1965.
24. JONES, L.H. Aluminum uptake and toxicity in plants. *Plant and Soil*, 13: 297-310, 1961.
25. LANCE, J.C. & PEARSON, R.W. Effect of low concentration of aluminum on growth and water and nutrient uptake by cotton roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 33:95-98, 1969.
26. MARCELIN, H. La vigne dans sols acides Roussillon. *Bulletin Technique des Pyrénées-Orientales*, 82:53-55, 1977.
27. MARTINS, J.W. *A seca e os porta-enxertos de videira*. Porto Alegre, S.I.P.A., 1947. 33 p. (Circular n.º 123).
28. MOHR, W. *O teor de cálcio e a acidez dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, S.I.P.A., 1949. 40 p. (Circular n.º 73).
29. MUZILLI, O. & KALCKMANN, R.E. Análise de assistência - Interpretação de resultados e determinação de níveis críticos. I - Determinação de níveis críticos da acidez. *Agronomia*, 1:1-18, 1971.
30. PEREIRA, F.M.; HIROCE, R.; IGUE, T. & OLIVEIRA, J.C. Pegamento, desenvolvimento e extração de macronutrientes de cinco diferentes porta-enxertos de videira. *Bragantia*, 35:XLVII-LIV, 1976.
31. POUGET, R. Obtention de nouveaux porte-greffes favorables à la qualité-la résistance à la chlorose et à la maîtrise de la vigueur. *Bulletin de L'O.I.V.*, 50: 387-397, 1977.
32. SANTANA, M.B. *Interação alumínio-fósforo em um solo ácido do Sul da Bahia*. Viçosa, U.F.V., 1976. 50 p. (Tese de Mestrado).