

TOLERÂNCIA DE PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA AO ALUMÍNIO DO SOLO¹

JOSÉ CARLOS FRÁGUAS²

RESUMO - Onze porta-enxertos e duas cultivares americanas de videira (*Vitis* spp) foram avaliadas mediante níveis de saturação por Al no solo (Cambissolo Húmico álico), objetivando alcançar a tolerância diferenciada ao Al. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, com seis tratamentos completamente casualizados e quatro repetições, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS, no período de 1987 a 1990. As características avaliadas foram: altura das plantas, comprimento das raízes, peso da matéria seca da parte aérea e das raízes e teores de P, K, Ca e Mg em folhas e raízes. Diante dos acréscimos ou aumentos verificados em cada característica (variação %) e por cultivar, foi possível estabelecer a tolerância diferenciada das cultivares. O teor de K na parte aérea não foi afetado pelos níveis de saturação por Al, enquanto os teores de Ca e Mg foram os mais afetados. O teor de P teve um comportamento estável entre os níveis de saturação por Al. As cultivares Isabel e Cunningham apresentaram diferença na tolerância ao Al do solo; a Cunningham teve melhor comportamento. Os porta-enxertos R99, Rupestris du Lot e Kober 5BB, juntamente com Isabel, foram os mais sensíveis ao Al, e P1103, 101-14 e 196-17Cl foram os mais tolerantes.

Termos para indexação: *Vitis*, nutrição mineral, toxidez, tolerância ao alumínio.

TOLERANCE TO SOIL ALUMINUM BY GRAPEVINE ROOTSTOCKS

ABSTRACT - Eleven grapevine rootstocks were evaluated through Al saturation levels in samples of the Cambissol Humic soil, to settle a differentiated tolerance by Al. The work was conducted in greenhouse with six randomized treatments, whose characteristics used were: plant height, root length, dry weight of aerial and root portions, and concentration of P, K, Ca and Mg in the leaves and roots. Through of the increase and/or decrease observed in each characteristic (variation %), it was possible to evaluate a differentiated tolerance of cultivars. The responses of K were not affected by the Al saturation levels. The Ca and Mg were the most affected by Al. P showed a stable behavior in relation to the Al saturation levels. The American cultivars, Cunningham and Isabel, showed difference in the tolerance to the soil Al. The most sensible grapevine rootstocks were R99, Rupestris du Lot and Kober 5BB, as well as Isabel, while P1103, 101-14 and 196-17Cl were the most tolerant to the soil Al.

Index terms: *Vitis*, mineral nutrition, toxicity, aluminum tolerance.

INTRODUÇÃO

O uso de porta-enxertos na viticultura já é uma prática bastante generalizada. Vários estudos quanto ao comportamento dos porta-enxertos frente a diferentes fatores, como resistência à filoxera,

nematóides, seca, excesso de umidade, solos calcários, têm sido realizados. No entanto, poucos são os trabalhos desenvolvidos para avaliar a resposta dos porta-enxertos aos efeitos prejudiciais de solos ácidos, como do Al, por exemplo.

No Brasil, em particular no Rio Grande do Sul (maior produtor de uvas e vinhos), a maioria dos vinhedos estão localizados em solos ácidos com elevados teores de Al trocável. Para a maioria dos solos da região vitícola na Serra Gaúcha, o pH (água) e o Al trocável apresentam uma variação de 4,3 a 6,5 e 0,17 a mais de 5,4 cmol/L, respectivamente,

¹ Aceito para publicação em 8 de dezembro de 1998.

² Eng. Agr., D.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), Rua Livramento, 515, Caixa Postal 130, CEP 95700-000 Bento Gonçalves, RS. E-mail: fraguas@lavras.uemg.br

segundo o levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul (Brasil, 1973). Lopes (1983), analisando solos de regiões brasileiras de cerrados, encontrou variações de 4,3 a 6,2 (mediana de 5,0) relativas ao pH; 0,08 a 2,40 cmol_c/L (mediana de 0,56) em relação ao Al; 0,04 a 6,81 cmol_c/L (mediana de 0,25) quanto ao Ca, e 0,0 a 2,02 cmol_c/L (mediana de 0,09) relativas ao Mg. A saturação por Al (m%) nesses solos teve uma variação de 1,1% a 89,4%, com mediana de 59,0%. Ressalta-se que a viticultura, principalmente no que diz respeito a uvas de mesa, tem-se expandido nas regiões dos cerrados brasileiros. Na Serra Gaúcha, o fato é agravado pela dificuldade de incorporação dos fertilizantes e dos corretivos da acidez, em face das fortes declividades do relevo, e da elevada pedregosidade do solo. Foy (1988) e Miyasaka et al. (1991) ressaltam que a toxidez do Al é um importante fator limitante do crescimento das plantas, além de não ser, às vezes, economicamente corrigível com as práticas convencionais da calagem. Uma alternativa razoável é a criação ou seleção de plantas com boa tolerância ao Al.

Os efeitos adversos do Al em diferentes culturas são bastante estudados (Conradie, 1983; Foy, 1988; Cambraia, 1989; Wright, 1989). O Al é o metal mais abundante e o terceiro elemento mais comum na crosta terrestre. Quando o solo torna-se mais ácido, formas fitotóxicas do Al são liberadas para a solução do solo em níveis que afetam o desenvolvimento radicular e, por conseguinte, das plantas. Assim, a toxidez do Al é o principal fator limitante para o cultivo das plantas em solos ácidos. O sintoma inicial (primário) e mais drástico da toxidez do Al é a inibição da elongação das raízes. No entanto, não é raro a dificuldade de separar as reações primárias, relacionadas com a inibição do crescimento radicular, das reações secundárias que surgem com esses danos, como inibição da absorção de água e nutrientes (Kochian, 1995). Tem sido demonstrado que o ápice da raiz, por acumular mais Al que os tecidos maduros, é o sítio primário da ação inibidora do Al no crescimento radicular (Delhaize & Ryan, 1995; Kochian, 1995). Ao penetrar no espaço livre aparente do sistema radicular, o Al tende a se ligar a grupos carboxílicos da parede celular formando

cargas positivas ou grupamentos que podem adsorver ou precipitar fosfatos inorgânicos, além de provocar distúrbios generalizados sobre o metabolismo do P, do N, do Ca e de outros nutrientes (Cambraia, 1989). Os sintomas da toxidez do Al nas plantas, além dos do sistema radicular, são variados, e representados por sintomas de deficiência de Ca, P, N, Mg e outros, bem como da interação de um ou mais sintomas (Foy, 1988; Fráguas, 1996). Segundo Furlani & Furlani (1991) e Kochian (1995), uma planta tolerante ao Al consegue desenvolver seu sistema radicular em profundidade e explorar maior volume de solo em busca de água e nutrientes, resultando em maior vigor para a planta. A planta tolerante ao Al apresenta maior conteúdo em P e outros nutrientes. Várias hipóteses têm sido propostas para explicar as diferenças em tolerância ao Al, tais como: variação do pH da rizosfera, o mecanismo da absorção e translocação do Al, a complexação do Al em compostos orgânicos, as interações com os nutrientes e a capacidade de trocas de cátions das raízes (Furlani & Furlani, 1991).

Delhaize & Ryan (1995) e Kochian (1995), comentam haver considerável variabilidade na tolerância ao Al dentro de algumas espécies, o que tem sido usado por melhoristas no desenvolvimento de cultivares tolerantes a esse elemento.

Apesar de os principais sintomas situarem-se nas raízes (inibição da divisão e alongamento celular), muitos outros podem surgir na parte aérea, auxiliando na identificação do efeito fitotóxico na videira (Fráguas et al., 1989; Fráguas & Tersariol, 1993). Conradie (1983) salienta o fato de que pouco estudo tem sido realizado para quantificar os efeitos prejudiciais dos solos ácidos à videira. Marcelin (1974) verificou pouco desenvolvimento da videira e redução no crescimento radicular, em solos com baixo pH (<5,0), relacionando-os à presença de Al nos solos. Para Conradie (1983), vários fatores são responsáveis pela redução do vigor da videira em solos ácidos, mas, geralmente, o mais importante é a presença de Al trocável em níveis tóxicos. O estudo da tolerância diferenciada dos porta-enxertos ao Al pode ajudar na criação de cultivares mais tolerantes aos solos ácidos (Marcelin, 1974; Fregoni, 1980; Conradie, 1983).

O objetivo do trabalho foi o de verificar o comportamento de porta-enxertos de videira na presença do Al fitotóxico no solo, com o propósito de selecioná-los quanto à tolerância diferenciada a esse elemento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de solo pertencente à classe de Cambissolo Húmico álico, unidade de mapeamento Farroupilha, conforme descrição em Brasil (1973), coletadas próximo a Caxias do Sul, RS. Essas amostras serviram para os três experimentos conduzidos nos períodos de outubro a março nos ciclos vegetativos de 1987/88, 1988/89 e 1989/90. Cada experimento continha seis níveis de saturação por Al (m%), para cada uma das cinco cultivares utilizadas (porta-enxertos e produtoras diretas de videira), com quatro repetições, perfazendo cento e vinte vasos com 5,0 kg de solo, cada. Os preparos dos níveis de saturação por Al, em cada experimento, foram os seguintes: do solo coletado foram pesadas seis porções de 100 kg, que foram secadas ao ar, e analisadas (Tabela 1), para se fazer as correções com carbonato de cálcio e de magnésio, na proporção de 4:1 (Ca:Mg). Para reduzir a saturação por Al a zero (m=0,0%), a quantidade de carbonato de cálcio foi obtida por $2 \times \text{Al}^{3+}$ (trocável), correspondendo ao N1. Foram utilizadas 315,96 g de CaCO_3 e 78,99 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3/100$ kg de solo (1987/88); 369,92 g de CaCO_3 e 92,48 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3/100$ kg de solo (1988/89); 400,74 g de CaCO_3 e 100,18 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ (1989/90). Para os demais quatro níveis de m (N2, N3, N4 e N5), utilizou-se uma equação para estimar a quantidade necessária dos carbonatos, que foi a seguinte: $Y=3,356408 - 0,1360109 m + 0,0029317 m^2 - 0,0000246 m^3$ ($r^2=0,99$), onde Y representa a quantidade de CaCO_3 p.a., e m, a porcentagem de saturação por Al desejada. Essa

equação foi obtida pela incubação prévia de 20 amostras do mesmo solo, com doses crescentes de carbonato de cálcio p.a., durante dois meses, utilizando água deionizada, atingindo 80% da capacidade de campo (c.c.). Os resultados foram: 87,27 g de CaCO_3 e 21,82 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3/100$ kg de solo (N2); 62,11 g de CaCO_3 e 15,53 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3/100$ kg de solo (N3); 48,17 g de CaCO_3 e 12,04 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3/100$ kg de solo (N4); 39,77 g de CaCO_3 e 9,94 g de $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3/100$ kg de solo (N5). Esses valores foram estimados para a obtenção de 10, 20, 30 e 40% de saturação por Al. O N6 foi formado com o solo original (sem correção do Al). Após homogeneizadas as amostras, dos seis níveis de saturação por Al, foram colocadas para incubação em sacos de plástico, com água deionizada, também a 80% c.c., por dois meses. Em seguida, as amostras foram novamente secadas ao ar, e analisadas, para a obtenção dos níveis de saturação alcançados (Tabela 2). Com as amostras secas, prepararam-se os vasos com 5,0 kg de solo, para os respectivos níveis de m. A fertilidade do solo para N, P_2O_5 e K_2O foi corrigida para alcançar os níveis indicados para a videira por Siqueira et al. (1987).

As cultivares utilizadas em cada experimento foram as seguintes: 1987/1988 - R99, Kober 5BB, Rupestris du Lot, 196-17CI e Isabel (*Vitis labrusca*); 1988/89 - 101-14, Solferino, 196-17CI, IAC 766 e Cunningham (*Vitis bourquina*); 1989/90 - Riparia Gloire, 196-17CI, Golia, 106-8 e P1103. As cultivares americanas, Isabel e Cunningham, foram incluídas neste estudo, por serem utilizadas como porta-enxerto por alguns viticultores. Deve-se ressaltar que o porta-enxerto 196-17CI foi incluído nos três períodos de avaliação por tratar-se de material recém-introduzido da França e sem informações sobre sua adaptação às condições regionais. Sua avaliação final se fez com os dados de 1989/90, quando já tinha completado dois anos no campo.

TABELA 1. Características químicas das amostras do solo Cambissolo Húmico álico, utilizado nos três períodos experimentais. Bento Bonçalves, RS. 1996¹.

Período	pH	Índice SMP	P	K	Ca	Mg	Al	M.O.	m ²
			----- (mg/L) -----		----- (cmol/L) -----			----- (%) -----	
1987/88	4,5	4,8	2,5	65	1,5	0,3	4,1	2,7	67,5
1988/89	4,2	4,5	3,0	43	0,8	0,3	4,8	3,0	79,9
1989/90	4,3	4,4	4,0	71	1,1	0,6	5,2	3,5	73,4

¹ Método descrito por Tedesco et al. (1985).

² Saturação por Al: $m = (100 \times \text{Al}^{3+}) / (\text{Al}^{3+} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+)$.

Os trabalhos foram conduzidos em casa de vegetação na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), em Bento Gonçalves. Foram utilizadas estacas de porta-enxertos, oriundos da coleção da Embrapa-CNPUV, com três gemas (20 cm de comprimento, aproximadamente), enraizadas em caixas de areia e transplantadas para os vasos, quando as brotações alcançaram 10 a 15 cm de altura. Os níveis de saturação por Al foram aleatorizados com quatro repetições, para melhor representatividade dos dados. Por se tratar de uma cultura perene (maior adaptação às condições edafoclimáticas), as análises foram feitas sobre várias características de vigor e do estado nutricional, para uma melhor avaliação do comportamento geral dos porta-enxertos. Assim, avaliou-se o comprimento das raízes, a altura das plantas, o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes (medidas de vigor) e a concentração de P, K, Ca e Mg nas folhas e raízes (reflexo no estado nutricional). Como dados complementares foram registrados os sintomas que caracterizassem algum distúrbio fisiológico, como: deformações foliares e radiculares, e sintomas de deficiência de nutrientes, que foram comparados aos descritos por Christensen et al. (1978), Fregoni (1980) e Nogueira & Fráguas (1984). As coletas de caules, folhas e raízes, bem como a medições da altura das plantas e do comprimento das raízes, foram feitas quando os sintomas estavam bem evidentes e, em alguns porta-enxertos, no início da queda das folhas. Nas análises químicas dos nutrientes, o material foi secado a 65-70°C, em estufa com ventilação forçada, durante 72 horas. Para a medição do comprimento de raízes utilizou-se a metodologia descrita por Tennant (1975), ao passo que nas análises químicas seguiram-se as orientações de Tedesco et al. (1985).

Em face das características genéticas inerentes a cada cultivar, as avaliações não foram feitas por confronto

entre elas. O procedimento adotado foi o de avaliar o efeito da ação fitotóxica do Al em cada cultivar e em cada uma das características descritas acima, segundo Fráguas & Tersariol (1993). Isso foi feito comparando-se a variação percentual de cada característica estudada, registrada entre a ausência do Al no solo (N1) e o seu teor mais elevado (N6), segundo o modelo: variação (%) = $(N6 - N1)/N1 \times 100$. Para a avaliação final (análise conjunta dos três experimentos), adotou-se uma escala de pontuação, que variou de 20 a 260 pontos (em intervalos de 20), para a ponderação sobre as variações ocorridas por característica em cada cultivar. Assim, a cultivar que forneceu o melhor comportamento em dada característica (menor redução ou maior acréscimo), recebeu 260 pontos, enquanto a de pior desempenho (maior redução ou menor acréscimo) recebeu 20 pontos. No caso específico da concentração de P nas raízes, foi considerada como de pior comportamento a cultivar que mais reteve o elemento nas raízes, sugerindo que o Al possa reduzir a absorção ou a translocação desse nutriente para a parte aérea. Quanto ao Ca, K e Mg, considerou-se de melhor desempenho a cultivar que menos reteve esses elementos nas raízes. Tais critérios estão de acordo com os utilizados por Foy (1988) e Oliveira & Rena (1989), em relação às concentrações de nutrientes nas plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 registra os resultados das variações obtidas em cada característica avaliada nos três experimentos (ciclos vegetativos). Em relação ao comprimento das raízes, as cultivares P1103 e 101-14 apresentaram os melhores resultados; não tiveram seus sistemas radiculares afetados pelo alto teor

TABELA 2. Saturação por Al e respectivos pH obtidos após a calagem e incubação de amostras do solo Cambissolo Húmico álico, nos três períodos avaliados. Bento Gonçalves, RS. 1996.

Níveis de saturação por Al	Porcentagem de saturação por Al (m%)			pH (água 1:1)		
	1987/88	1988/89	1989/90	1987/88	1988/89	1989/90
N1	0,0	0,0	0,0	5,8	5,7	5,7
N2	8,2	9,8	15,3	5,4	5,3	5,2
N3	14,0	20,9	23,9	5,2	4,9	5,1
N4	22,2	37,6	36,8	4,9	4,7	4,8
N5	47,3	44,7	41,7	4,6	4,5	4,6
N6	67,5	79,9	73,4	4,5	4,2	4,3

de Al fitotóxico, o que concorda com o descrito por Furlani & Furlani (1991) e Kochian (1995), de que a planta tolerante ao Al consegue desenvolver seu sistema radicular. Miyasaka et al. (1991), Delhaize & Ryan (1995) e Kochian (1995) comentam que uma hipótese da tolerância ao Al é o mecanismo de quelatização e precipitação do Al por ácidos orgânicos, seja no interior da planta ou na rizosfera, o que evita a redução do crescimento das raízes. Já as cultivares Rupestris du Lot e R99 apresentaram as maiores reduções quanto a essa característica.

Com relação à altura das plantas, o efeito mais depressivo do Al foi para a cultivar Rupestris du Lot, enquanto a cultivar 101-14 apresentou o melhor resultado. As cultivares R99 e IAC 766, embora tivessem sido afetadas negativamente pelo Al em seu comprimento radicular, não transferiram tal comportamento para a parte aérea, ocorrendo aumento na presença do Al. Esse fato está ligado à translocação de nutrientes para a parte aérea, proporcionando melhor desenvolvimento às plantas (Foy, 1988; Cambraia, 1989).

Quanto aos resultados obtidos em relação ao peso da matéria seca da parte aérea e das raízes, as cultivares P1103, 101-14, Solferino e 196-17CI apresentaram os melhores comportamentos. As maiores reduções ocorreram com as cultivares Rupestris du Lot, Isabel, Kober 5BB e R99. Conradie (1983), avaliando a cultivar Chenin Blanc sobre 15 porta-enxertos, em solos com pH 4,1, 5,0 e 6,0, não obteve bom desempenho com a cultivar 101-14, enquanto as cultivares R99 e P1102 foram consideradas de bom comportamento nos solos ácidos, e a cultivar Rupestris du Lot, com comportamento ruim. Himelrich (1991) obteve uma redução de 47,7% e 46,9% nos pesos da matéria seca dos ramos e raízes, respectivamente, bem como de 46,6% no volume das raízes, referente ao porta-enxerto Kober 5BB em solo ácido (pH = 4,8) e com elevado teor de Al, o que confirma o comportamento desse porta-enxerto neste trabalho.

Em relação às concentrações dos nutrientes nas folhas, verificou-se que quanto ao P os melhores resultados foram com as cultivares IAC 766, P1103, 196-17CI e Cunningham, enquanto a cultivar 101-14 mostrou ser pouco eficiente na absorção desse nutriente, na presença de alto teor de Al, inclusive

TABELA 3. Variação (%) obtida em cada cultivar e características analisadas em relação à ausência de Al (N1) contra o máximo de Al no solo (N6), referente aos três períodos avaliados. Bento Gonçalves, RS, 1996.

Características	R99	Kober 5BB	Rupestris du Lot	196-17CI	Isabel	IAC 766	Solferino	101-14	Cunningham	P1103	Riparia Gloire	106-8	Golia
Altura da planta	+48,28	-12,80	-71,05	+118,18	-50,41	+45,76	+342,11	+400,00	-29,17	+118,89	+73,08	+21,43	+32,00
Comprimento radicular	-33,25	-28,03	-46,70	+16,36	+27,11	-2,79	+6,42	+66,39	-16,37	+81,91	+36,95	+12,72	+2,41
Peso da matéria seca da parte aérea	-20,44	-29,73	-73,81	+111,05	-54,92	+19,47	+108,87	+171,36	-20,20	+200,84	+47,01	+9,79	+12,43
Peso da matéria seca de raízes	-41,48	-8,33	-49,86	+62,73	-10,00	-1,59	+32,75	+42,68	-28,69	+103,74	-4,48	+35,78	+11,15
Teor de P nas folhas	-40,91	-11,11	-27,27	+7,69	-9,09	+25,00	-50,00	-60,09	+7,69	+16,67	0,00	-27,78	-27,78
Teor de K nas folhas	+93,65	+48,28	+21,85	+5,71	+33,33	+114,13	+29,92	+160,49	+52,22	+61,21	+29,83	+21,05	+45,67
Teor de Ca nas folhas	-31,55	-41,03	-31,48	-29,74	-7,88	-65,22	-79,87	-45,97	-44,98	-63,75	-62,03	-61,22	-50,36
Teor de Mg nas folhas	-57,14	-79,69	-16,00	-18,92	-75,61	-54,75	-62,50	-62,50	-46,77	-39,71	-39,81	-15,38	-40,00
Teor de P nas raízes	-18,75	-11,76	-23,81	-5,56	-16,67	0,00	-11,11	-11,11	+8,33	+15,38	-5,00	0,00	-21,74
Teor de K nas raízes	-32,18	-46,53	-41,35	-30,59	-41,30	-42,86	-15,85	-15,85	+5,81	+11,76	-25,00	-26,76	-10,49
Teor de Ca nas raízes	-71,59	-72,92	-73,86	-68,35	-60,87	-57,98	-57,78	-57,78	-52,00	-60,00	-61,10	56,36	-57,14
Teor de Mg nas raízes	-59,09	-72,73	-54,55	-42,86	-53,12	-46,88	-44,00	-44,00	-17,27	-35,00	-41,67	-54,10	-50,00

com sintomas de deficiência mais evidente. O comportamento da cultivar 101-14 em relação ao P, coincide com o encontrado por Conradie (1983), no estudo com a cultivar Chenin Blanc, em solo ácido.

Quanto ao K foliar, não se verificou redução em relação ao Al fitotóxico. Isso confirma os resultados obtidos por Fráguas et al. (1989) e Fráguas & Tersariol (1993). As cultivares 101-14, IAC 766 e R99 foram as que apresentaram os melhores resultados, e as cultivares R99 e 101-14 confirmaram sua habilidade de absorção de K, conforme já considerado por Fregoni (1980). Entre as cultivares avaliadas, 196-17CI apresentou a menor absorção de K.

Os maiores efeitos depressivos provocados pelo Al, em relação aos nutrientes avaliados, foram observados em relação ao Ca e o Mg nas folhas. As maiores reduções de Ca nas folhas ocorrem nas cultivares Solferino, IAC 766 e P1103. Já as cultivares Isabel, 196-17CI e Rupestris du Lot tiveram os menores efeitos depressivos. Quanto ao Mg, as cultivares Kober 5BB, Isabel, Solferino e 101-14 foram as que tiveram as maiores reduções nas folhas, na presença de alto teor de Al. A cultivar R99 mostrou maior redução na absorção do Mg do que na absorção do Ca, o que é muito importante para o provável surgimento do dessecamento do cacho (devido à maior absorção de K), conforme indicado por Fregoni (1980). Os resultados encontrados quanto à concentração foliar em P, K, Ca e Mg, foram similares aos obtidos por Fregoni & Bavaresco (1984) nas cultivares Kober 5BB, Rupestris du Lot, Riparia Gloire e 101-14, nos solos ácidos da Itália.

Quanto aos teores de nutrientes nas raízes, repetiu-se a influência do Al na absorção do Ca e do Mg, com maior efeito sobre o Ca. Quanto ao P, os efeitos foram menos acentuados, apresentando as cultivares Rupestris du Lot (-23,81%) e Golia (-21,74%) como as menos afetadas, e as cultivares P1103 (+15,38%) e Cunningham (+8,33%) como as mais afetadas. Esses resultados indicam a grande eficiência das cultivares de videira no uso do P, aliada à pouca exigência nutricional (Fregoni, 1980), principalmente relacionando-se aos dados de altura das plantas e crescimento das raízes (reflexo do vigor da planta), pouco afetados pelo Al.

Em relação ao K, embora onze cultivares tenham registrado uma redução média de 29,99% de seu teor nas raízes pela ação do Al, confirmou-se a boa translocação do K para a parte aérea (aumento nos teores foliares). Somente as cultivares P1103 (+11,76%) e Cunningham (+5,81%) acusaram aumento deste nutriente nas raízes, sem terem a maior translocação para as folhas.

Os resultados referentes à concentração de Ca nas raízes indicaram uma redução média de 61,7%, com a cultivar Rupestris du Lot apresentando a maior redução (73,9%), e a cultivar Solferino, a menor (51,7%). Quanto ao Mg, a redução média foi de 48,2%, tendo a cultivar Kober 5BB apresentado a maior redução (72,7%), e a cultivar Cunningham, a menor (17,3%).

No caso da redução na absorção de P, Ca, Mg e K, pelo Al, existem várias hipóteses. Uma delas é que ao afetar o crescimento das raízes, além dos efeitos na estrutura das células, diminui drasticamente o volume das radículas responsáveis pela absorção de água e nutrientes (efeito primário). Outra hipótese é a interação que ocorre do Al com os íons de P, K, Ca e Mg. É possível que as reduções nas absorções desses nutrientes estejam ligadas ao efeito inibitório do Al sobre a ATPase para os cátions e a fixação de P nas raízes (Al - fosfatos), no espaço livre aparente e dentro de células corticais ou epidérmicas. Também o deslocamento do Ca pelo Al, em sítios críticos de união no apoplasto, que causa instabilidade nas membranas das células das raízes, prejudicará o normal desenvolvimento das raízes e a absorção de água e nutrientes. Essas e outras hipóteses podem ser as causas da toxidez do Al em relação à absorção e transporte de nutrientes, conforme explicações de Foy (1988), Oliveira & Rena (1989), Delhaize & Ryan (1995) e Kochian (1995).

A avaliação final, baseada nas pontuações conferidas às reduções ou acréscimos alcançados pelas cultivares (Tabela 4), identificou uma tolerância diferenciada ao Al entre os porta-enxertos empregados neste trabalho. Tais diferenças devem ser consideradas quando da escolha de cultivares para trabalhos de melhoramento (criação de cultivares) e para instalação de um vinhedo.

TABELA 4. Pontuação e classificação alcançada pelas cultivares em relação aos níveis de Al avaliados (N1-N6), em cada característica, nos três períodos avaliados, Bento Gonçalves, RS, 1996.

Características	R99	Kober 5BB	Rupestris du Lot	196-17CI	Isabel	IAC 766	Solferino	101-14	Cunningham	P1103	Riparia Gloire	106-8	Golia
Altura da planta	160	80	20	200	40	140	240	260	60	220	180	100	120
Comprimento radicular	40	60	20	180	200	100	140	240	80	260	220	160	120
Peso da matéria seca da parte aérea	80	60	20	220	40	160	200	240	100	260	180	120	140
Peso de matéria seca de raízes	40	100	20	240	80	140	180	220	60	260	120	200	160
Teor de P nas folhas	100	160	140	220	180	260	60	40	220	240	200	120	120
Teor de K nas folhas	220	160	60	20	120	240	100	260	180	200	80	40	140
Teor de Ca nas folhas	200	180	220	240	260	40	20	140	160	60	80	100	120
Teor de Mg nas folhas	120	40	240	220	60	140	80	100	160	200	200	260	180
Teor de P nas raízes	220	180	260	120	200	80	140	160	60	40	100	80	240
Teor de K nas raízes	100	60	60	120	80	40	180	200	240	260	160	140	220
Teor de Ca nas raízes	60	40	20	80	120	160	260	180	240	140	100	220	200
Teor de Mg nas raízes	40	20	80	200	120	160	60	180	260	240	220	100	140
Total de pontos	1.380	1.120	1.160	2.060	1.500	1.660	1.660	2.220	1.820	2.380	1.840	1.640	1.900
Classificação	10 ^o	12 ^o	11 ^o	3 ^o	9 ^o	7 ^o	7 ^o	2 ^o	6 ^o	1 ^o	5 ^o	8 ^o	4 ^o

De modo geral, as cultivares americanas, Isabel e Cunningham, se mostraram com tolerância diferenciada ao Al, ou seja: a cultivar Cunningham apresentou os melhores resultados, superando os porta-enxertos Solferino, IAC 766, 106-8, R99, Rupestris du Lot e Kober 5BB, além da cultivar Isabel.

Os dados obtidos permitiram estabelecer a seguinte seqüência decrescente de tolerância ao Al do solo: P1103 > 101-14 > 196-17CI > Golia > Riparia Gloire > Cunningham > IAC 766 = Solferino > 106-8 > Isabel > R99 > Rupestris du Lot > Kober 5BB. Marcelin (1974) e Fregoni (1980) classificaram a cultivar 196-17CI como uma das mais tolerantes a solos ácidos, e as cultivares R99 e Rupestris du Lot, como das mais sensíveis à acidez do solo, o que foi verificado neste trabalho.

Os efeitos negativos do Al nas cultivares avaliadas foram comprovados, também, por diversos sintomas na parte aérea e raízes, tais como: cloroses com pontuações marrons nas margens das folhas, que podem formar manchas maiores e necrosar; cloroses com características de múltiplas deficiências de nutrientes como P, Ca e Mg; cloroses tardias (mais para o final dos ciclos vegetativos) em um ou ambos os lados dos limbos, que podem ser confundidos com certos sintomas de viroses, ou lesões causadas por herbicidas; necroses nas margens das folhas (clorose com posterior seca dos tecidos); deformações foliares como o enrolamento das margens para baixo; formação de folhas pequenas, de coloração marrom, semelhante a ataque de ácaros; enrugamento do limbo foliar; diminuição do sistema radicular; formação de raízes curtas, grossas e escuras nas extremidades; emissão de novas raízes que não completam o desenvolvimento. Essas sintomatologias foram registradas por Fráguas (1996).

CONCLUSÕES

1. As cultivares Riparia Glorie, Cunningham, IAC 766, Solferino e 106-8 situam-se na faixa média de tolerância ao Al do solo.
2. As cultivares P1103, 101-14, 196-17CI e Golia se apresentam com boa adaptação a solos ácidos.
3. As cultivares Isabel, Rupestris du Lot, Kober 5BB e R99 situam-se na faixa de mais sensíveis ao Al do solo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim técnico, 30).
- CAMBRAIA, J. Mecanismos de tolerância à toxicidade de alumínio em plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FISILOGIA VEGETAL, 2., 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBFV, 1989. p.85-92.
- CHRISTENSEN, L.P.; KASIMATIS, A.N.; JENSEN, F.L. **Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley**. Berkeley: Univ. of California, Division of Agricultural Sciences, 1978. 40p.
- CONRADIE, W.J. Liming and choice of rootstocks as cultural techniques for vines in acid soils. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v.4, n.2, p.39-44, 1983.
- DELHAIZE, E.; RYAN, P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.107, p.315-321, 1995.
- FOY, C.D. Plant adaptation to acid, aluminum - toxic soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.19, n.7/12, p.959-987, 1988.
- FRÁGUAS, J.C. **Sintomatologia da toxidez do alumínio em porta-enxertos de videira**. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPV, 1996. 20p. (Embrapa-CNPV. Circular técnica, 20).
- FRÁGUAS, J.C.; AMARAL, F.A.L. do; BRAGA, J.M.; CARDOSO, J.A. Tolerância de porta-enxertos de videira (*Vitis* spp.) à saturação de alumínio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.36, n.203, p.13-26, 1989.
- FRÁGUAS, J.C.; TERSARIOL, A.L. Comportamento de porta-enxertos de videiras em relação a níveis de saturação de alumínio no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.8, p.897-906, ago. 1993.
- FREGONI, M. **Nutrizione e fertilizzazione della vite**. Bologna: Edagricole, 1980. 418p.
- FREGONI, M.; BAVARESCO, L. Recherches sur la nutrition de la vigne dans les sols acides en Italie. **Progrès Agricole et Viticole**, Montpellier, v.101, n.3, p.64-72, 1984.
- FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C. Tolerância a alumínio e eficiência a fósforo em milho e arroz: características independentes. **Bragantia**, Campinas, v.50, n.2, p.331-340, 1991.
- HIMERLRICH, D.G. Growth and nutritional responses on nine grape cultivars to low soil pH. **Hortscience**, Alexandria, v.6, n.3, p.269-271, 1991.
- KOCHIAN, L.V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.46, p.237-260, 1995.
- LOPES, A.S. **Solos sob "Cerrado"**. Características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162p.
- MARCELIN, H. La vigne dans les sols acides de Roussillon. **Progrès Agricole et Viticole**, Montpellier, v.91, n.18, p.570-576, 1974.
- MIYASAKA, S.C.; BUTA, J.G.; HOWELL, R.K.; FOY, C.D. Mechanism of aluminum tolerance in snapbeans. Root exudation of citric acid. **Plant Physiology**, Rockville, v.96, p.737-743, 1991.
- NOGUEIRA, D.J.P.; FRÁGUAS, J.C. Nutrição da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.117, p.29-47, set. 1984.
- OLIVEIRA, L.E.M. de; RENA, A.B. Influência do alumínio sobre o comportamento nutricional de cultivares de mandioca em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.9, p.1119-1130, set. 1989.
- SIQUEIRA, O.J.F. de; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1987. 100p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985, 190p. (Boletim técnico, 5).
- TENNANT, D. A teste of modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, Oxford, v.63, n.3, p.995-1001, 1975.
- WRIGHT, R.J. Soil aluminum toxicity and plant growth. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.20, n.15/16, p.1479-1497, 1989.