

Acúmulo de macronutrientes em porta-enxertos de videira cultivados em solução nutritiva com a adição de alumínio

Marco Antonio Tecchio^{1*}, Erasmo José Paioli-Pires², Hélio Grassi Filho³, Rubem Marcos de Oliveira Brizola¹, Maurilo Monteiro Terra² e Juliano Coruli Corrêa¹

¹Departamento de Produção Vegetal/Área Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, C.P. 237, 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Instituto Agronômico de Campinas, C.P. 28, 13001-970, Campinas, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Recursos Naturais/Setor Ciências do Solo, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: matecchio@laser.com.br.

RESUMO. Avaliou-se o comportamento dos porta-enxertos de videira IAC 313 'Tropical' e IAC 572 'Jales', submetidos a diferentes doses de alumínio em solução nutritiva. A condução do experimento foi realizada em condições de casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal/Área de Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônomicas – Unesp/Botucatu. Foram utilizados cinco doses de alumínio a saber: 0, 10, 20, 30 e 40 mg.L⁻¹. Realizaram-se coletas a cada 15 dias para obtenção dos dados de acúmulo de macronutrientes. O delineamento experimental adotado foi o de parcelas subdivididas, inteiramente casualizado e com 3 repetições. Pelos resultados obtidos, constatou-se que o porta-enxerto IAC 572 'Jales' apresentou maior acúmulo de macronutrientes quando submetido à dose de 10 mg Al L⁻¹ na solução, enquanto que o IAC 313 'Tropical' apresentou nessas condições, decréscimo no acúmulo de todos os macronutrientes, mostrando uma alta sensibilidade ao alumínio.

Palavras-chave: *Vitis spp.*, porta-enxertos, tolerância, alumínio, solução nutritiva.

ABSTRACT. Accumulation of macronutrients in grapevine rootstockss grown in nutrient solution with addition of aluminium. The objective of this study was to evaluate the response of the grapevine rootstocks IAC 313 'Tropical' and IAC 572 'Jales' in nutrient solution to different aluminum concentrations. The experiment was carried out in greenhouse conditions at Faculty of Agricultural Sciences – Unesp/Botucatu. Five aluminum levels was used: 0, 10, 20, 30 e 40 mg L⁻¹. The samples was colleted every 15 days to obtain data of nutrients contents. The experimental design was the subdivided split-plots, fully randomized and with 3 replicats. The results showed that rotstock IAC 572 'Jales' accumulata high content of macronutrients under level of 10 mg Al L⁻¹ in solution, while IAC 313 'Tropical', under the same condition, showed a decrease of all macronutrients content, showing high sensibility to aluminum.

Key words: *Vitis spp.*, rootstocks, aluminum tolerance, nutrient solution.

Introdução

A toxicidade de alumínio é considerada uma das principais causas dos desequilíbrios nutricionais que afetam o crescimento, desenvolvimento e produção de plantas cultivadas em solos ácidos (Foy, 1974). Dentre as inúmeras razões que podem justificar o menor crescimento das plantas em solos ácidos estão os efeitos do baixo pH, por si só, que é a toxicidade de H⁺; toxicidade de alumínio e/ou manganês; deficiência de elementos essenciais, incluindo fósforo, cálcio, magnésio, molibdênio, e, devido a lixiviação o nitrogênio e, às vezes, o boro (Edmeades *et al.*, 1995). A toxicidade de alumínio na parte aérea das plantas freqüentemente se assemelha aos sintomas de deficiência de cálcio e de fósforo como consequência da interação entre o alumínio e esses

elementos, afetando a absorção e o transporte (Foy, 1974; Pearson e Goheen, 1988). Em muitas espécies, a tolerância ao alumínio está intimamente relacionada com a habilidade das plantas em adquirir nutrientes na presença de alumínio, principalmente com relação ao fósforo e ao cálcio (Bennet *et al.*, 1986).

Inúmeros trabalhos têm sido realizados para verificar a tolerância diferencial entre as espécies cultivadas. Quanto ao acúmulo de nutrientes na presença de alumínio na solução, trabalhos realizados com citros (Santos, 1998), videira (Conradie, 1983; Fráguas e Tersariol, 1993; Fráguas, 1999; Alvarenga, 2001), cafeeiro (Pavan e Bingham, 1982; Braccini *et al.*, 1998), fumo (Rheinheimer *et al.*, 1994), feijoeiro (Massot *et al.*, 1991) e trigo (Huang *et al.*, 1992) mostraram que os resultados obtidos, na maioria dos casos, revelaram os efeitos prejudiciais do alumínio

ao desenvolvimento das plantas. No entanto, em algumas espécies de plantas, o alumínio pode estimular o crescimento ou produzir outros efeitos benéficos, havendo possibilidade de interferir em algumas reações no processo metabólico das plantas. Níveis moderados de alumínio podem ter um efeito benéfico principalmente no sistema radicular (Foy, 1974).

O cultivo da videira no Brasil encontra-se difundido em grande parte do território nacional. As regiões sul, sudeste e nordeste representam quase a totalidade da produção nacional, com características edafoclimáticas bastante diferenciadas, necessitando a adoção de técnicas culturais distintas para cada região. Além das regiões tradicionais de cultivo sul e sudeste, e mais recentemente o nordeste, outras regiões, como a centro-oeste, vêm apresentando, nos últimos anos, uma expansão no cultivo da videira. Os cerrados brasileiros constituem uma importante fronteira agrícola a ser explorada pela cultura da videira. Essa área de 1,8 milhões de km² sob vegetação de cerrado corresponde a 20% da área nacional, apresentando, além de elevada acidez, baixos teores de P, Ca, Mg, K, micronutrientes e elevados teores de alumínio trocável (Olmos e Camargo, 1976).

Alguns trabalhos que avaliaram a fertilidade dos solos em algumas regiões do país mostraram que uma considerável percentagem dos vinhedos está localizada em solos com baixa fertilidade, apresentando, com frequência, problemas de alta acidez, elevados teores de alumínio trocável e baixa capacidade de troca catiônica. No Estado de São Paulo, Gergoletti (1995), em um levantamento nutricional da videira 'Itália' na região de São Miguel Arcanjo, verificou que nas camadas de solo de 0-20 cm e 20-40 cm, 55% e 80% dos vinhedos, respectivamente, apresentaram valores de pH inferiores a 5,0 e, na maioria dos casos, com saturação por bases inferior a 50%. Na região de Jundiá, em um experimento similar, Costa (1998) observou que nas camadas de solo entre 0-20 cm e 20-40 cm, 16 e 63%, respectivamente, apresentaram valores de pH inferior a 5,0. Em Minas Gerais, na região de Caldas, Regina *et al.* (1998) constataram que 96,5% dos vinhedos analisados encontram-se em solos com níveis de acidez médio a elevado, sendo que, desse total, 59,65% apresentam o pH inferior a 5,0. No cerrado brasileiro, onde se observa uma expansão da viticultura, Lopes (1983) analisando solos da região, encontrou variações de 4,3 a 6,2 relativas ao pH, 0,08 a 2,40 cmol_c l⁻¹ em relação ao Al e a saturação por Al nesses solos variou entre 1,1% a 89,4%.

De acordo com Marcelin (1974) e Fregoni (1980), o porta-enxerto 196-17CL é considerado tolerante a solos ácidos e os porta-enxertos R99 e Rupestris du

Lot são mais sensíveis à acidez.

No Brasil, o comportamento dos porta-enxertos de videira aos efeitos prejudiciais do alumínio no solo foi avaliado por Fráguas *et al.* (1989), Fráguas e Tersariol (1993), Fráguas (1999) e Alvarenga (2001). Fráguas *et al.* (1989) obtiveram a seguinte escala em ordem decrescente de tolerância: Kober 5BB, SO4,161-49, 101-14 e 420A. Fráguas e Tersariol (1993) em uma avaliação geral, obtiveram seguinte tolerância diferenciada: R99 = Isabel > Kober 5BB > Rupestris du Lot > 196-17CI. Fráguas (1999) constatou que os porta-enxertos R99, Rupestris du Lot e Kober 5BB, juntamente com Isabel, foram os mais sensíveis ao Al. Por outro lado, P1103, 101-14 e 196-17CI foram os mais tolerantes. Alvarenga (2001) verificou que os porta-enxertos IAC 572 e 'Gravesac' foram os mais tolerantes ao alumínio e 'Kober 5BB' foi o mais sensível.

Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento dos porta-enxertos de videira IAC 313 'Tropical' e IAC 572 'Jales' em doses crescentes de alumínio em solução nutritiva, visto que esses porta-enxertos atualmente são os mais propagados na viticultura tropical brasileira e, até o momento, poucos estudos relacionados à tolerância ao alumínio desses cultivares foram desenvolvidos.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período 05/07/2001 a 03/02/2002, no Departamento de Produção Vegetal, área de Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônomicas-Unesp/Botucatu, Estado de São Paulo, em condição de casa de vegetação com temperatura ajustada a 25°C e umidade relativa do ar a 50%. Os levantamentos dos dados médios de temperatura e umidade relativa do ar foram realizados semanalmente, utilizando-se um termo-higrógrafo colocado a 2,0 m de altura, no centro da área experimental. As médias dos valores de temperatura e de umidade estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de temperatura, em °C, e umidade relativa do ar, em %, registrados durante a realização do experimento. FCA/Unesp, Botucatu, Estado de São Paulo, 2004.

Parâmetros	Meses							
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.
Temperatura	19,4	21,9	25,2	26,9	26,8	28,4	27,5	26,5
Umidade	58	47	54	59	56	62	65	58

Utilizaram-se os porta-enxertos IAC 313 'Tropical' e o IAC 572 'Jales', provenientes no Instituto Agrônomico de Campinas. O material de propagação utilizado foram estacas lenhosas com 2 gemas, tendo aproximadamente 15 cm de comprimento, previamente

enraizadas em caixas de madeira contendo areia e vermiculita na proporção 1:1. Visando favorecer o desenvolvimento dos porta-enxertos, foram realizadas 2 irrigações com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950) a 20% de sua concentração, aos 30 e 50 dias após o plantio dos porta-enxertos. O transplante das estacas para as caixas plásticas contendo a solução nutritiva foi realizado quando as plantas apresentavam uma altura de 10 cm, com 4 a 5 folhas, havendo uma seleção baseada no vigor, na sanidade e no tamanho dos porta-enxertos para homogeneizar os tratamentos.

As caixas plásticas utilizadas no experimento apresentavam um volume útil de 15 litros, com as dimensões internas de 50 cm de comprimento, 22 cm de largura e 17 cm de altura. Visando aumentar a reflexão da luz solar e diminuir o aquecimento da água, as caixas foram revestidas externamente com tinta betuminosa e posteriormente pintadas com tinta alumínio. Foram colocadas sobre as caixas plásticas tampas de madeira com 64 cm de comprimento e 30 cm de largura, sendo igualmente revestidas com tinta betuminosa e tinta alumínio.

Em cada caixa, colocaram-se 10 plantas, distanciadas 10 cm umas das outras, apoiadas sobre as tampas de madeira. A aeração da solução nutritiva foi realizada duas vezes ao dia, de manhã e à tarde, com duração de uma hora cada, sendo o ar conduzido às caixas através de tubos plásticos ligados a um compressor de ar. Antes da aplicação dos tratamentos, as plantas passaram por um processo de aclimação seguindo os critérios utilizados por Terra (1984). A composição da solução nutritiva seguiu as recomendações de Furlani e Furlani (1988) modificada por Santos (1998), sendo recomendada para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas, como a presença de alumínio.

Após a adição da solução nutritiva completa, em decorrência de deficiência de magnésio, houve a necessidade de triplicar sua concentração para 63 mg L⁻¹ solução. A composição da solução nutritiva encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição da solução nutritiva de acordo com Furlani e Furlani (1988) modificada por Santos (1998). FCA/Unesp, Botucatu, Estado de São Paulo, 2004.

Macronutrientes (mg L ⁻¹)						
N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S
147,9	18,0	1,0	86,1	140,0	21,0	17,6
Micronutrientes (mg L ⁻¹)						
Fe	B	Cu	Mn	Zn	Mo	Cl
5,0	0,5	0,02	0,5	0,05	0,001	19,5

Visando à homogeneização da altura das plantas, realizou-se uma poda no broto principal, deixando-o com 2 gemas. Vinte e dois dias após, selecionou-se apenas o broto mais vigoroso para ser conduzido em haste única. Quando os brotos apresentavam em

média 8 cm de altura e 4 a 5 folhas, realizou-se a troca da solução nutritiva para a aplicação dos tratamentos, que consistiram na adição de 5 doses de alumínio, a saber: 0, 10, 20, 30 e 40 mg de Al L⁻¹ na forma de AlCl₃ 6 H₂O. A partir dessa data, realizou-se a coleta de 2 plantas por caixa aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos.

Foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea das plantas, segundo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). Com base nos teores de nutrientes, realizou-se o cálculo do acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas.

Com relação à solução nutritiva, o pH e a condutividade elétrica foram medidos a cada dois dias, havendo também a reposição de água à medida que o nível da solução diminuía. Nos tratamentos sem e com alumínio, o pH da solução manteve-se na faixa de 6,0 a 6,5 e 4,0 a 4,4, respectivamente, não havendo necessidade de correção, pois houve poucas variações. A condutividade elétrica da solução foi usada como indicador para a troca da solução nutritiva quando atingia valores inferiores a 1,5mS cm⁻¹.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 3 repetições, em parcelas subdivididas, sendo cinco doses de alumínio na solução nutritiva aplicadas às parcelas e cinco épocas de coletas aplicadas às subparcelas. Cada caixa constituiu em uma repetição, na qual foram colocadas 10 plantas do mesmo porta-enxerto. Realizou-se análise de variância e para os dados significativos regressão polinomial para verificar o comportamento dos porta-enxertos nas diferentes doses de alumínio em cada época de coleta.

Resultados e discussão

Pelos resultados obtidos, constatou-se maior diferença entre os tratamentos nas coletas realizadas aos 45, 60 e, principalmente, aos 75 dias após a aplicação dos tratamentos, em função do maior tempo de exposição ao íon alumínio.

Acúmulo de nitrogênio

No porta-enxerto IAC 313 ‘Tropical’, o tratamento sem alumínio proporcionou o maior acúmulo de N parte aérea, havendo um decréscimo quadrático aos 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 1A). Reduções no acúmulo de N da parte aérea também foram obtidos por Santos (1998) com o porta-enxertos de citros citrumelo ‘Swingle’ e por Conradie (1983) em experimento realizado em solos ácidos com o porta-enxerto de videira 101-14 Mgt.

Para o porta-enxerto IAC 572 ‘Jales’, o maior acúmulo de N na parte aérea foi obtido com a dose de 10 mg de Al L⁻¹ na solução nutritiva, ajustando-se o

modelo de regressão quadrática aos 60 e 75 dias (Figura 1B). Em condições de solos ácidos, Conradie (1983) obteve um maior acúmulo de N na parte aérea nos porta-enxertos 140 Ruggeri, USVIT 8-7 e SO4, quando comparado com solos corrigidos. Alvarenga (2001) também observou que na média dos porta-enxertos de videira avaliados, o nível de 0% de saturação de alumínio no solo promoveu um menor teor de N na parte aérea das plantas quando comparado com os níveis mais elevados de saturação por alumínio no solo.

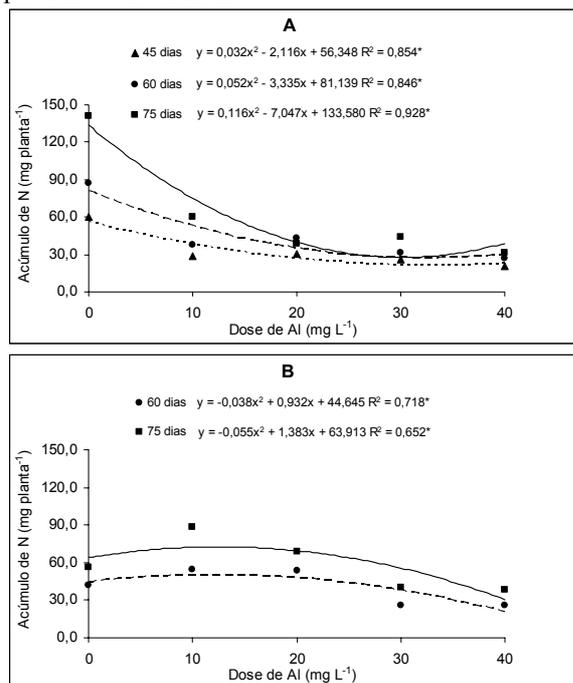


Figura 1. Resultados médios do acúmulo de nitrogênio na parte aérea dos porta-enxertos IAC 313 'Tropical' (A) e do IAC 572 'Jales' (B) em função de doses crescentes de alumínio nas diferentes épocas de coletas. FCA/Unesp, Botucatu, Estado de São Paulo, 2004.

Acúmulo de fósforo

Para o porta-enxerto IAC 313 'Tropical', 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos o modelo de regressão (Figura 2A) demonstrou que o tratamento sem alumínio na solução proporcionou um maior acúmulo de P na parte aérea, havendo, nas três coletas, um decréscimo quadrático desse parâmetro com o aumento das doses de alumínio na solução nutritiva. Resultados semelhantes foram obtidos por Conradie (1983) em porta-enxerto de videira 140 Ruggeri, Pavan e Bingham (1982) em caféiro, Rheinheimer *et al.* (1994) em plantas de fumo e Santos (1998) em porta-enxerto de citros citrumelo 'Swingle'.

De acordo com Calbo e Cambraia (1980), reduções no acúmulo de P na parte aérea com o

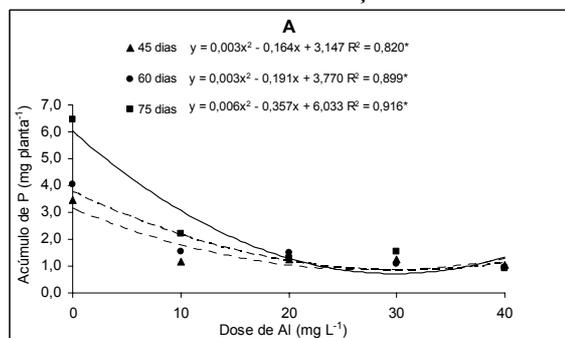
aumento da dose de alumínio na solução deveu-se à adsorção-precipitação do fósforo nas raízes, reduzindo a translocação desse nutriente para a parte aérea. Londoño e Valencia (1983) complementaram essa teoria afirmando que a maior parte do alumínio incorporado pelas raízes estava ligada aos sítios de adsorção na parede celular e sobre essas superfícies o fosfato se precipitaria.

Com relação ao porta-enxerto IAC 572 'Jales', verificou-se maior acúmulo de P na parte aérea somente aos 75 dias após a aplicação dos tratamentos, sendo o modelo de regressão quadrático significativo para explicar esse parâmetro (Figura 2B), mostrando um ligeiro aumento no acúmulo de fósforo até a dose de 10 mg de Al L⁻¹, seguido de um decréscimo nas doses mais elevadas. Conradie (1983), em condições de solo ácido, obteve maior acúmulo de P na parte aérea do porta-enxerto de videira 44-53 Malêgue, em relação às condições de solo com pH mais elevado.

Acúmulo de potássio

O porta-enxerto IAC 313 'Tropical' apresentou o maior acúmulo de potássio na parte aérea no tratamento sem alumínio na solução, aos 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos. Observou-se decréscimo quadrático desse parâmetro com o aumento da dose de alumínio (Figura 3A). Resultados similares foram obtidos por Conradie (1983) com os porta-enxertos de videira USVIT 8-7, SO4, 44-53 Malêgue e 101-14 Mgt e por Santos (1998) com o porta-enxerto de citros citrumelo 'Swingle'.

Para o porta-enxerto IAC 572 'Jales', o maior acúmulo de K na parte aérea foi obtido com a dose de 10 mg de Al L⁻¹ na solução. Em função do tempo de aplicação dos tratamentos ajustaram-se os modelos de regressão quadrático (Figura 3B). Resultados semelhantes foram obtidos por Fráguas (1999) em experimento realizado em condições de solo, no qual obteve maiores concentrações de K na parte aérea nos tratamentos com níveis de saturação por alumínio mais elevados. Pavan e Bingham (1982), em experimento realizado com caféiro, também obtiveram uma maior absorção de K com a adição de baixas doses de alumínio na solução.



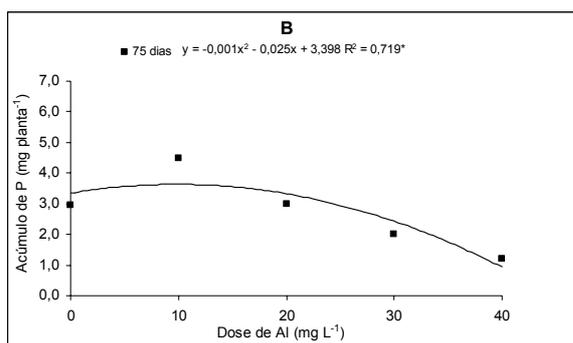


Figura 2. Resultados médios do acúmulo de fósforo na parte aérea dos porta-enxertos IAC 313 ‘Tropical’ (A) e do IAC 572 ‘Jales’ (B) em função de doses crescentes de alumínio nas diferentes épocas de coletas. FCA/Unesp, Botucatu/SP, 2004.

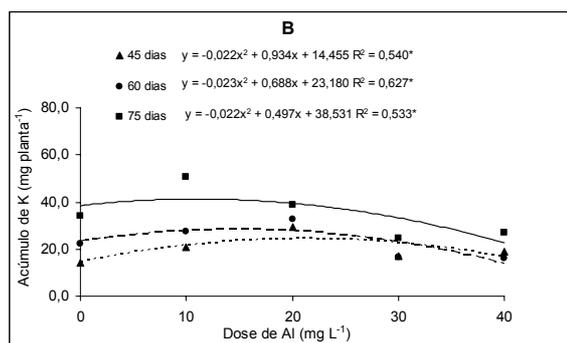
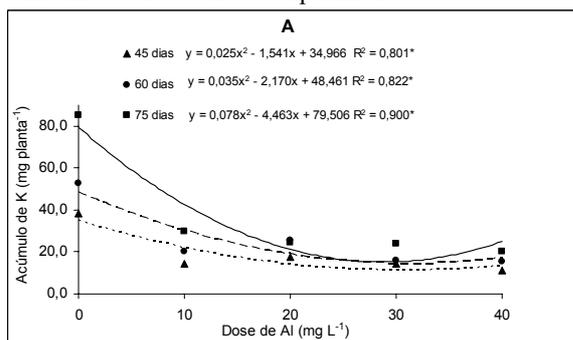


Figura 3. Resultados médios do acúmulo de potássio na parte aérea dos porta-enxertos IAC 313 ‘Tropical’ (A) e do IAC 572 ‘Jales’ (B) em função de doses crescentes de alumínio nas diferentes épocas de coletas. FCA/Unesp, Botucatu/SP, 2004.

Acúmulo de cálcio

No porta-enxerto IAC 313 ‘Tropical’, nas coletas realizadas aos 45, 60 e 75 dias, o maior acúmulo de cálcio na parte aérea ocorreu no tratamento sem alumínio na solução, havendo um decréscimo quadrático desse parâmetro com o aumento da dose de alumínio (Figura 4A). Esses resultados corroboram os obtidos por Santos (1998) em porta-enxerto de citros, Rheinheimer *et al.* (1994) em plantas de fumo e Braccini *et al.* (1998) em cafeeiro. Alvarenga (2001), em experimento com porta-enxertos de videira, obteve decréscimo no teor de Ca na parte aérea das plantas à medida que elevou o nível de saturação de alumínio no solo.

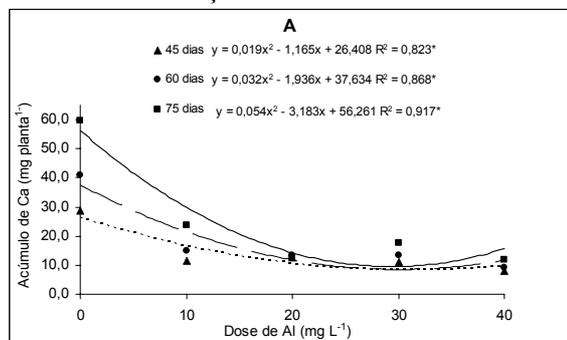
De acordo com Massot *et al.* (1991), a toxicidade de alumínio foi associada com um baixo teor de cálcio na parte aérea das plantas de feijoeiro, fato também observado neste experimento.



Em relação ao porta-enxerto IAC 572 ‘Jales’, notou-se que, aos 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos, da dose zero até 10 mg de Al L⁻¹ na solução, houve um ligeiro aumento no acúmulo de Ca na parte aérea, havendo, em seguida, um decréscimo nas doses mais elevadas de alumínio (Figura 4B). A tolerância desse porta-enxerto pode estar relacionada com a maior habilidade de absorver e transportar o cálcio na presença de alumínio. Esses resultados estão de acordo com os de Huang *et al.* (1992) em plantas de trigo, os quais obtiveram resultados com a mesma tendência.

Acúmulo de magnésio

O porta-enxerto IAC 313 ‘Tropical’ apresentou maior acúmulo de magnésio na parte aérea na ausência de alumínio na solução. Como pode ser visto na figura 5A, nas coletas realizadas aos 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos, houve um decréscimo quadrático do acúmulo de magnésio na parte aérea. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Santos (1998) com o porta-enxerto cítrico citrumelo ‘Swingle’, e por Fráguas e Tersariol (1993) e Fráguas (1999), que obtiveram reduções na concentração de magnésio na parte aérea em todos os porta-enxertos de videira estudados em condições de alto nível de saturação de alumínio no solo.



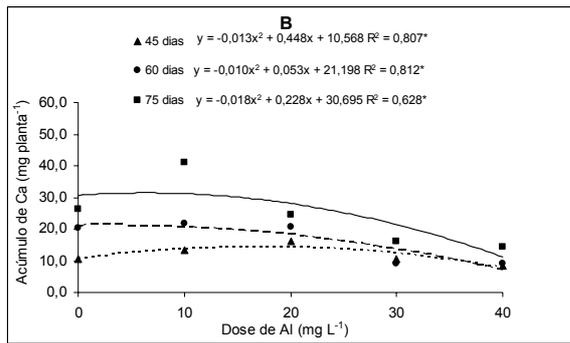


Figura 4. Resultados médios do acúmulo de cálcio na parte aérea dos porta-enxertos IAC 313 'Tropical' (A) e do IAC 572 'Jales' (B) em função de doses crescentes de alumínio nas diferentes épocas de coletas. FCA/Unesp, Botucatu/SP, 2004.

A redução na absorção de magnésio na presença de alumínio na solução possivelmente ocorreu em função do alumínio bloquear o canal iônico responsável pela absorção do magnésio, devido à semelhança entre o raio iônico desses íons. Resultados com a mesma tendência foram constatados por Huang *et al.* (1992).

Quanto ao porta-enxerto IAC 572 'Jales', o acúmulo de magnésio na parte aérea, nas coletas realizadas aos 60 e 75 dias, ajustou-se ao modelo de regressão quadrático (Figura 5B). Observou-se que pequenas variações no acúmulo de magnésio ocorreram até a dose de 10 mg de Al L⁻¹ solução. Nas demais doses de alumínio, houve decréscimo no acúmulo de magnésio. A habilidade em absorver e transportar o magnésio para a parte aérea na presença de baixas doses de alumínio na solução pode ser considerada como mecanismo de tolerância ao alumínio apresentado por esse porta-enxerto. Conradie (1983) obteve, no porta-enxertos de videira 44-53 Malêgue, concentrações mais elevadas de magnésio na parte aérea em condições de solos ácidos quando comparado com solos corrigidos. Alvarenga (2001), em experimento realizado em condições de solo, também observou que o porta-enxerto de videira RR 101-14 apresentou maior teor de Mg na parte aérea no nível de 40,5% de saturação de alumínio no solo quando comparado com os níveis de saturação mais baixos.

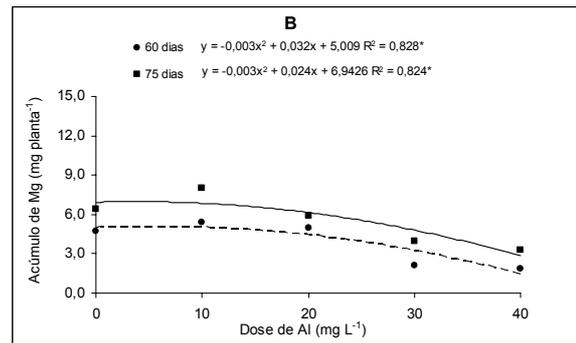
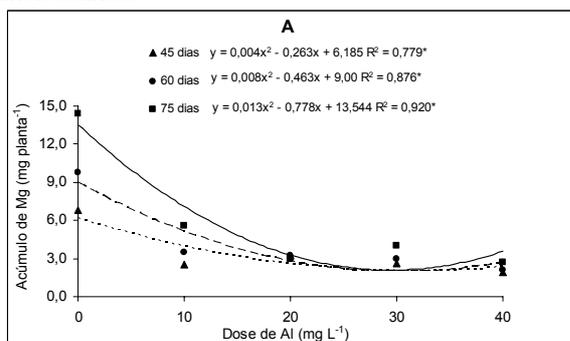
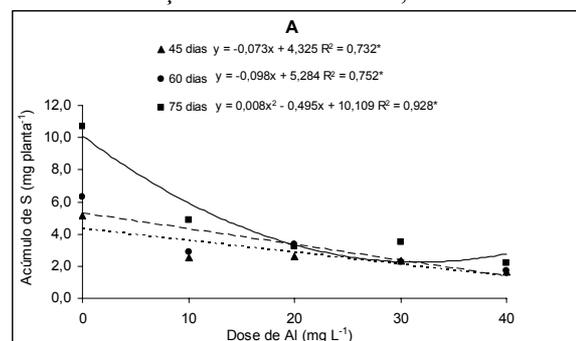


Figura 5. Resultados médios do acúmulo de magnésio na parte aérea dos porta-enxertos IAC 313 'Tropical' (A) e do IAC 572 'Jales' (B) em função de doses crescentes de alumínio nas diferentes épocas de coletas. FCA/Unesp, Botucatu/SP, 2004.

Acúmulo de enxofre

Para o porta-enxerto IAC 313 'Tropical', os modelos de regressão representados na Figura 6A demonstraram que o tratamento sem alumínio na solução proporcionou maior acúmulo de enxofre na parte aérea. Aos 45 e 60 dias houve decréscimo linear, com o aumento das doses de alumínio na solução nutritiva e, aos 75 dias, o decréscimo foi quadrático. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Santos (1998), o qual, utilizando o porta-enxerto de citros citrumelo 'Swingle', constatou redução no acúmulo de enxofre na parte aérea com a adição de 7,5 mg de Al L⁻¹.

Quanto ao porta-enxerto IAC 572 'Jales', nas coletas realizadas aos 60 e 75 dias (Figura 6B), à medida que se elevou a dose de alumínio para 10 mg de Al L⁻¹, houve um pequeno aumento no acúmulo de enxofre. Nas doses mais elevadas, houve um decréscimo no acúmulo desse nutriente. Alvarenga (2001) obteve, no porta-enxerto de videira RR 101-14, menor teor de S na parte aérea no nível de 0% de saturação de alumínio no solo quando comparado ao nível de saturação de alumínio de 40,5%.



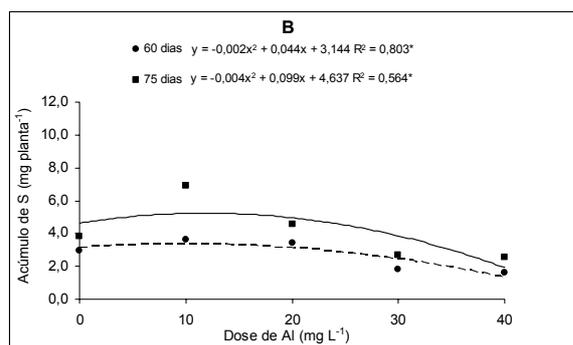


Figura 6. Resultados médios do acúmulo de enxofre na parte aérea dos porta-enxertos IAC 313 'Tropical' (A) e do IAC 572 'Jales' (B) em função de doses crescentes de alumínio nas diferentes épocas de coletas. FCA/Unesp, Botucatu/SP, 2004.

Ordem de acúmulo de nutrientes e comparação entre os porta-enxertos

Para ambos os porta-enxertos, o acúmulo de macronutrientes na parte aérea apresentou a seguinte escala em ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>S>P. O porta-enxerto IAC 313 'Tropical' apresentou maior acúmulo de macronutrientes quando comparado com o porta-enxerto IAC 572 'Jales'. Estes resultados diferem dos obtidos por Albuquerque e Dechen (2000), que obtiveram maior extração de macronutrientes no porta-enxerto IAC 572 'Jales' quando comparado com o IAC 313 'Tropical'.

Conclusão

O porta-enxerto IAC 313 'Tropical' apresentou maior acúmulo de macronutrientes no tratamento sem alumínio na solução, havendo um decréscimo significativo na absorção de nutrientes com a adição de doses de alumínio na solução nutritiva. O porta-enxerto IAC 572 'Jales', quando submetido à dose de 10 mg de Al L⁻¹ na solução, apresentou maior acúmulo de macronutrientes, sendo superior até mesmo ao tratamento sem alumínio. Esse porta-enxerto parece apresentar algum mecanismo de resistência ou tolerância interna ao alumínio, possivelmente transmitido geneticamente pelos seus progenitores.

Referências

ALBUQUERQUE, T.C.S.; DECHEN, A.R. Absorção de macronutrientes por porta-enxertos e cultivares de videira em hidroponia. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 135-139, 2000.

ALVARENGA, A.A. *Avaliação de cultivares porta-enxertos e produtoras de videira (Vitis spp.) em condições de solos ácidos e alumínio*. 2001. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BENNET, R.J. *et al.* Aluminium toxicity and induced nutrient disorders involving the uptake and transport of P,

K, Ca and Mg in *Zea mays* L. *S. Afr. J. Plant Soil*, Pretoria, v. 3, p. 11-17, 1986.

BRACCINI, M.C.L. *et al.* Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. II Teores de P, Ca e Al e eficiência ao P e Ca. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 22, n. 3, p. 443-450, 1998.

CALBO, A.G.; CAMBRAIA, J. Efeito do alumínio sobre a composição mineral de dois cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 27, n. 152, p. 369-378, 1980.

CONRADIE, W.J. Liming and choice of rootstocks as cultural techniques for vines in acid soils. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, Stellenbosch, v. 4, n. 2, p. 39-44, 1983.

COSTA, F. *Avaliação do estado nutricional da videira cultivar Itália em três estádios de desenvolvimento, na região de Jundiá-SP, utilizando o método DRIS*. 1998. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

EDMEADES, D.C. *et al.* Techniques for assessing plant responses on acid soils. *International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH*, Brisbane, v. 3, n. 101, p. 221-223, 1995.

FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. (Ed.) *The plant roof and its environment*. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.

FRÁGUAS, J.C. Tolerância de porta-enxerto de videira ao alumínio do solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1193-1200, 1999.

FRÁGUAS, J.C.; TERSARIOL, A.L. Comportamento de porta-enxerto de videira em relação a níveis de saturação de alumínio no solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 28, n. 8, p. 897-906, 1993.

FRÁGUAS, J.C. *et al.* Tolerância de porta-enxerto de videira (*Vitis* spp.) ao alumínio do solo. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 36, n. 203, p. 13-26, 1989.

FREGONI, M. *Nutrizione e fertilizzazione della vite*. Bologna: Edagricole, 1980.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R. Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições adversas. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo*, Campinas, n. 121, p. 21-26, 1988.

GERGOLETTI, I.F. *Avaliação do estado nutricional da videira cultivar Itália em três estádios de desenvolvimento em São Miguel Arcnjo, SP, utilizando o método DRIS*. 1995. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. *The water culture method of growing plants without soil*. Berkeley. California Agricultural Experiment Station, 1950.

HUANG, J.W. *et al.* Calcium fluxes in Al-tolerant and Al-sensitive wheat roots measured by Ca-selective microelectrodes. *Plant Physiol.*, Rockville, v. 98, p. 230-237, 1992.

LONDOÑO, M.E.A.; VALENCIA, A.G. Toxicidade de alumínio em plantas de café. *Cenicafé*, Chinchina, v. 34, p. 61-97, 1983.

LOPES, A.S. *Solos sob "cerrado", características*,

- propriedades e manejo*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARCELIN, H. La vigne dans les sols acides de Roussillon. *Progrès Agricole et Viticole*, Montpellier, v. 91, n. 18, p. 570-576, 1974.
- MASSOT, N. et al. Aluminum tolerance assessment in bush root growth analysis and hematoxylin staining. *Suelo y Planta*, Madrid, v. 1, n. 1, p. 25-32, 1991.
- OLMOS, I.L.J.; CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 171-180, 1976.
- PAVAN, M.A.; BIAGHAM, F.T. Toxidez de alumínio em cafeeiro cultivados em solução nutritiva. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 17, n. 9, p. 1293-1302, 1982.
- PEARSON, R.C.; GOHEEN, A.C. *Compendium of grape diseases*. St. Paul: American Phytopathological Society, 1988.
- REGINA, M.A. et al. Levantamento nutricional e diagnóstico agrônomo dos vinhedos de Caldas. *Revista Bras. Frutic.*, Cruz das Almas, v. 20, n. 1, p. 15-20, 1998.
- RHEINHEIMER, D.S. et al. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo: I Efeitos no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e no acúmulo de massa seca. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 18, n.1, p. 63-68, 1994.
- SANTOS, C.H. *Influência de diferentes níveis de alumínio no desenvolvimento de dois porta-enxertos cítricos em cultivo hidropônico*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- TERRA, M.M. *Carências de macronutrientes afetando o crescimento, concentração, acúmulo, e interação de nutrientes na videira cv. Niagara Rosada, desenvolvida em solução nutritiva*. 1984. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

Received on October 13, 2004.

Accepted on February 10, 2005.