

Distribuição radicular de porta-enxertos de videira

Luís Henrique Bassoi

Sistema radicular da videira

A produção e a qualidade das uvas dependem de raízes saudáveis, portanto devem ser utilizadas técnicas agronômicas apropriadas para cada tipo de solo (Morlat & Jacquet, 1993). Muitos fatores do solo e do manejo, como temperatura do solo, resistência à penetração da raiz, aeração, textura, disponibilidade de água e nutrientes, pH do solo, teor de alumínio no solo, frequência e profundidade de cultivo, cobertura morta e teor de matéria orgânica, densidade de plantio e irrigação afetam o crescimento das raízes e o desempenho de suas funções (Kirchhof et al., 1991; Morlat & Jaquet, 1993; Richards, 1983; Sawaf et al., 1985; Amorim et al., 1997). Além disso, a funcionalidade das raízes é variável e dependente da cultivar ou do porta-enxerto de videira (Perry et al., 1983; Nagarajah, 1987; Morano & Kliewer, 1994). Em relação ao suprimento de água às raízes, o tipo de sistema de irrigação afeta a distribuição do sistema radicular (Morano & Kliewer, 1994), especificamente pela frequência de irrigação, disponibilidade de água, distribuição espacial de água e nutrientes (Araújo et al., 1995; Clothier & Green, 1997; Van Zyl, 1988). Além disso, a absorção de água pelas raízes não depende apenas da distribuição radicular e do seu funcionamento, mas também da disponibilidade de água e da salinidade. A absorção de água pode ser reduzida quando altas concentrações de sais solúveis excedem o limite de tolerância da planta (Homaei, 1999). Em solos irrigados, particularmente nas regiões áridas e semi-áridas, as plantas são geralmente expostas tanto à salinidade quanto ao estresse hídrico. Nessas regiões as práticas de manejo de água e solo são baseadas na manutenção de condições favoráveis de água e de salinidade na zona radicular, minimizando os períodos de estresse hídrico e ao mesmo tempo controlando a lixiviação para minimizar a salinização (Bravdo & Hepner, 1987; Freeman, 1990; Matthews & Anderson, 1988; Myburgh, 1994; Van Zyl & Van Huyssteen, 1984).

O crescimento das raízes da videira começa após a quebra de dormência das gemas, aumentando rapidamente até o máximo no florescimento, declinando em seguida. Dependendo da idade da planta, as raízes estruturais podem variar em diâmetro (geralmente entre 6 e 100 mm). Destas raízes, emergem raízes menores e permanentes (geralmente com diâmetro entre 2 e 6 mm), que estendem-se e ramificam-se tanto no sentido horizontal como no sentido vertical, dando origem às raízes finas (geralmente com diâmetro entre 1 e 2 mm), de crescimento rápido. Por sua vez, essas raízes finas morrem em questão de semanas, mas são continuamente repostas por outras (Richards, 1983). Independentemente do regime de água no solo, o crescimento de novas raízes é muito pequeno antes e durante a brotação e entre a floração e a colheita. Entretanto, a videira apresenta um pequeno pico de crescimento de raiz no período final do ciclo, antes da colheita dos cachos, o que indica que a remoção

dos frutos não é o único estímulo para tal ou que as uvas já não são o principal acumulador de produtos fotossintetizados (carboidratos) nesse estágio da cultura (Van Zyl, 1988). O pequeno pico de crescimento no final do ciclo tem a finalidade de aumentar as reservas para o ciclo seguinte, até que a planta possa realizar a fotossíntese graças à presença da cobertura foliar e, conseqüentemente, suprir as necessidades de carboidratos da planta (Mullins et al., 1992).

Em condições de déficit hídrico, a planta tende a promover maior aprofundamento da raiz em busca de água. Entretanto, esse crescimento é limitado e ocorre em detrimento do desenvolvimento de outras partes da planta. Em condições satisfatórias de umidade do solo, ocorre maior ramificação das raízes, aumentando a capacidade de absorção de água e de nutrientes (Waisel et al., 1991).

Em solos argilosos, as videiras tendem a apresentar raízes a uma profundidade menor, com distribuição menos homogênea, quando comparado a solos arenosos, onde a tendência é de as raízes apresentarem distribuição mais homogênea em profundidade (Nagarajah, 1987).

A absorção de água pelo sistema radicular é função da taxa de transpiração da planta, do comprimento das raízes, da taxa de absorção de água por unidade de comprimento de raiz e da diferença de potencial de água entre o solo, a planta e a atmosfera (Taylor & Klepper, 1978). A água é absorvida principalmente pelas raízes jovens. Entretanto, ocorre também absorção pelos tecidos radiculares mais velhos a uma taxa apreciável. Apenas uma pequena fração de água que entra pelas raízes é usada no metabolismo da planta, sendo quase a totalidade utilizada no processo de transpiração.

Os sistemas de irrigação também podem afetar a distribuição de raízes no solo. Na microaspersão, a distribuição horizontal do sistema radicular da videira tende a ser mais uniforme, enquanto que no gotejamento a tendência é de as raízes se concentrarem mais próximas aos emissores de água (Van Zyl, 1988; Stevens & Douglas, 1994; Bassoi et al., 2003).

Estudos do sistema radicular têm demonstrado que a maior parte das raízes da videira se encontra até 1m de profundidade, podendo ter maior ou menor desenvolvimento de acordo com as condições locais, tratos culturais e a cultivar utilizada (Williams & Matthews, 1990). Nos solos tropicais, os principais fatores para um enraizamento pouco profundo são o pH baixo, a alta disponibilidade de alumínio, a compactação, a pequena aeração, e a baixa capacidade de retenção e de transporte de água (Reichardt, 1991). Na região noroeste do Estado de São Paulo, 80% das raízes finas (absorventes) do porta-enxerto IAC 572 'Jales' sob videiras Itália e Rubi foram encontradas até 55 cm de profundidade, irrigado por aspersão sub-copa e aos 4 anos de idade. Com relação à distribuição lateral das raízes, a maior concentração de raízes foi observada a 0,5 m da planta na entrelinha e a 1,0 m na linha de plantio (Pires et al., 1997).

Avaliação da distribuição de raízes de porta-enxertos em solos do Vale do São Francisco

A importância da avaliação do porta-enxerto em uma área de cultivo específica deve-se à influência das condições locais no seu comportamento. A resistência à nematóides, fitóftera, filoxera e deficiência

hídrica, os efeitos do solo quanto à profundidade, encharcamento e salinidade, o vigor conferido à copa pelo porta-enxerto, a partição de nutrientes e matéria seca, a distribuição e densidade radicular, o potencial de água na folha, produção, e composição e tamanho de baga são alguns dos critérios utilizados nessa avaliação nas regiões produtoras de uva em todo o mundo (Delas, 1992; Southey, 1992; Williams & Smith, 1991; Southey & Archer, 1988; Morano & Kliewer, 1994; Ezzahouani & Williams, 1995).

A distribuição espacial das raízes da videira é determinada pelo solo (Nagarajah, 1987; Morlat & Jacquet, 1993) e pelas práticas que alteram suas características e propriedades (Van Hysteen, 1988). As diferenças na distribuição radicular entre porta-enxertos ocorrem para um mesmo solo, devido aos fatores do solo (Perry et al., 1983; Swanepoel & Southey, 1989), enquanto que as diferenças na densidade de raízes (quantidade de raízes por um determinado volume de solo) têm sido atribuídas a fatores genéticos (Southey & Archer, 1988; Williams & Smith, 1991). Todo porta-enxerto apresenta características indesejáveis e a experimentação no próprio local de cultivo pode mostrar quais os porta-enxertos são melhores adaptados à uma determinada região (Pommer et al., 1997).

Em Petrolina-PE, em um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura média (78% de areia, 8% de silte, 14% de argila), as raízes com diâmetro menor que 2 mm do porta-enxerto IAC-313 'Tropical', espaçado em 4 x 2 m e aos 4 anos após o plantio, corresponderam a pelo menos 80% do comprimento total de raízes, tanto sob irrigação por microaspersão como sob gotejamento. Quanto mais próximo do tronco, maior é a quantidade de raízes tanto na direção vertical como na horizontal. As raízes atingiram a profundidade de 1 m tanto no sistema de irrigação por microaspersão como no gotejamento. Entretanto, no sentido horizontal, em posições mais distantes do tronco (80 à 100 cm de distância), a quantidade de raízes foi maior sob microaspersão, enquanto que próximo ao tronco (20 à 60 cm), as videiras irrigadas por gotejamento apresentaram maior quantidade de raízes; no sentido vertical (em profundidade), a irrigação por gotejamento apresentou uma maior quantidade de raízes, enquanto que as videiras irrigadas por microaspersão apresentaram maiores valores entre 60 e 100 cm de profundidade. Uma quantidade muito maior de raízes foi encontrada na camada superficial (0 à 20 cm), em consequência da aplicação de esterco (geralmente entre 20 e 40 L por planta), prática comum no sistema de produção de uva no Vale do São Francisco. Como as chuvas em Petrolina apresentam valores médios de 573 mm, sendo 512 mm entre novembro e abril (valores referentes ao período de 1963 a 1996), e considerando que a videira é cultivada durante todo o ano, o crescimento radicular durante essa época chuvosa pode contribuir para minimizar as diferenças devido à distribuição de água presentes em cada sistema de irrigação (Basso et al., 2003).

Em outro solo, de textura argilosa (54% de argila, 9% de silte e 37% de areia), em Juazeiro-BA, o porta-enxerto IAC 313 'Tropical', espaçado em 3,5 x 2 m, irrigado por sulcos, apresentou, aos sete anos após o plantio, raízes até 1 m de profundidade e 1 m de distância do tronco (no sentido da entre linha de plantas). Esse solo apresenta pH e teores de nutrientes maiores que o Latossolo Vermelho Amarelo anteriormente citado, mas a ausência de raízes observada na camada superficial (0 à 20 cm) , a 0,4-1,0 m de distância do tronco, ocorreu provavelmente devido à não aplicação de esterco nesse solo. Foi

também verificada uma menor quantidade de raízes finas na camada de 0 à 40 cm, em relação ao solo de Petrolina (Basso et al., 2003).

Em Petrolina-PE, foi avaliada a distribuição radicular dos porta-enxertos Salt Creek, Dog Ridge, Courdec 1613 e IAC 572 sob a cv. Festival, aos 4 anos e 7 meses após o plantio, em solo de textura arenosa (10% argila, 6% silte, 84% areia), espaçamento de 3,5 x 3,0 m e irrigados por microaspersão (um emissor de água na linha de plantas e entre duas videiras, de modo a proporcionar o umedecimento de toda a superfície do solo). A Tabela 1 mostra que o porta-enxerto Courdec 1613 apresentou maior quantidade de raízes nas camadas de solo de 0 à 20 e de 20 à 40 cm. Isso significa uma distribuição mais homogênea até 40 cm de profundidade, onde a maior parte das raízes esteve presente para todos os porta-enxertos. Até 20 cm de profundidade, o porta-enxerto Dog Ridge apresentou a menor quantidade de raízes, mas entre 20 e 40 cm, seu comportamento foi semelhante à do Courdec 1613. Entre 40 e 60 cm de profundidade, basicamente não houve diferenças na distribuição de raízes entre os porta-enxertos, enquanto que entre 80 e 100 cm de profundidade o Courdec 1613 apresentou uma menor presença de raízes. Deve-se ressaltar que nas trincheiras abertas para analisar o porta-enxerto Courdec 1613, a quantidade de matéria orgânica até 20 cm de profundidade foi de 2,8%, enquanto que para os outros três porta-enxertos o teor de matéria orgânica foi de 0,6%. Provavelmente essa condição contribuiu para uma maior proliferação das raízes do 'Courdec 1613' na camada superficial de 20 cm.

Tabela 1. Médias de comprimento de raízes de quatro porta-enxertos na cv. Festival, a 20 cm de distância do tronco, e em função da profundidade do solo.

Profundidade (cm)	Comprimento de raízes (cm) em 20 x 20 cm de solo			
	Salt Creek	Dog Ridge	Courdec 1613	IAC 572
0-20	127,1 b	77,4 c	210,7 a	133,9 b
20-40	94,4 b	119,7 a	146,3 a	70,4 b
40-60	33,2 a	27,3 a	36,1 a	23,7 a
60-80	24,5 a	16,7 a	18,0 a	18,1 a
80-100	11,7 a	12,9 a	2,5 b	14,2 a

Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem pelo test t a 5 % de probabilidade.

A Tabela 2 mostra que em geral, 90% do sistema radicular dos quatro porta-enxertos estiveram até 60 cm de profundidade, embora uma grande quantidade se concentrasse até 40 cm de profundidade. Ou seja, foi observada uma grande redução entre 40 e 60 cm, e abaixo desse ponto, tal redução foi gradual.

Tabela 2. Distribuição percentual de raízes de quatro porta-enxertos na cv. Superior Seedless, em função da profundidade do solo.

Profundidade (cm)	Salt Creek	Dog Ridge	Courdec 1613	IAC 572
0-20	45,6	31,3	55,2	55,1
20-40	30,3	46,1	30,6	26,1
40-60	11,5	11,8	9,0	8,4
60-80	8,2	6,9	4,5	6,1
80-100	4,3	3,9	0,7	4,3

Na linha de plantio da videira, as raízes de uma planta apresentaram um entrelaçamento com plantas vizinhas, devido ao seu hábito de crescimento, sendo que a maior parte do sistema radicular esteve presente até 110 cm do caule (80% para 'Salt Creek', 81% para 'Dog Ridge' e 'Courdec 1613', e 77% para 'IAC 572'). A aplicação de esterco curtido no sentido da linha e a aplicação de água pelos microaspersores em toda a superfície do solo provavelmente contribuiriam para esse crescimento e entrelaçamento das raízes. Como mencionado anteriormente, o solo desse estudo apresenta alta porcentagem de areia e, conseqüentemente, uma baixa capacidade de retenção de água na capacidade de campo ($0,110 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$). O pH do solo foi de 6,7 ; 7,7 ; 7,3 ; 5,6 e 4,4 para as profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade, respectivamente, com o teor de matéria orgânica menor que 1% nas três primeiras camadas, com exceção do porta-enxerto Courdec 1613, onde observou-se uma maior concentração de matéria orgânica (Basso et al., 2002). Baseado nessas informações, recomenda-se a profundidade de 40 à 60 cm como a profundidade de solo a ser monitorada para fins de manejo de irrigação no Vale do São Francisco. Entretanto, tal monitoramento em profundidades maiores (até 1 m) também é válido para que o produtor possa ter informações mais criteriosas. Por exemplo, pode-se obter informações sobre a presença e a flutuação do lençol freático, a contribuição de uma chuva e de uma irrigação no aumento da quantidade de água no solo e a redução da quantidade de água no solo devido à redução da lâmina de irrigação (prática efetuada no manejo de irrigação da videira no Vale do São Francisco).

Aplicação das informações sobre a profundidade das raízes no manejo de irrigação

Conhecendo-se a profundidade de maior presença de raízes, pode-se efetuar a instalação de tensiômetros para monitorar a quantidade de água no solo. Tensiômetro é um instrumento composto basicamente por um tubo de PVC, uma cápsula porosa em uma extremidade e um sensor em outra extremidade, e de comprimento compatível com a profundidade do solo que se deseja monitorar. Esse sensor pode ser um manômetro (vacuômetro), ou um tensímetro, que pode ser acoplado a vários tensiômetros. O tensiômetro mede a força com que o solo retém a água, e através da curva de retenção de água do solo, determina-se a quantidade de água no solo, ou umidade do solo. Determina-se então, o momento e a quantidade de água a ser aplicada. Para os produtores que realizam o manejo de irrigação baseado nas condições climáticas, ou seja, utilizam valores de evapotranspiração de referência e de coeficiente de cultivo para determinar a evapotranspiração da cultura, pode-se utilizar o tensiômetro para aferir se a quantidade de água aplicada está umedecendo a profundidade de solo desejada. Essa quantidade de água pode ser representada em porcentagem de água disponível (Figura 1). A água disponível refere-se à quantidade de água que um solo retém em um determinado momento, sendo definida como a diferença entre a capacidade de campo (maior quantidade de água) e ponto de murcha permanente (menor quantidade de água, que leva as plantas à morte). Ou ainda, quando se deseja reduzir a lâmina de irrigação em determinados estádios do ciclo da videira, pode-se monitorar em quanto essa redução ocorre, quando e em que profundidade.

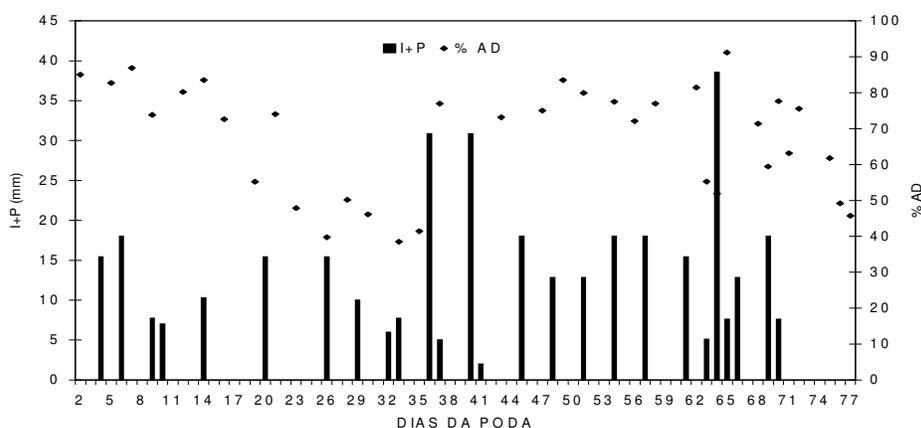


Figura 1. Valores de irrigação (I), precipitação (P) e de água disponível (AD) na camada de solo de 60 cm de profundidade, em função dos dias após a poda da videira.

Referências Bibliográficas

AMORIM, V.B. de; AZEVEDO, C.A.V. de; BATISTA, M.J.; CALDAS JÚNIOR, W.; DANTAS NETO, J. Efeito da profundidade do lençol freático e da densidade global na profundidade das raízes da videira no Perímetro Irrigado de Bebedouro – Petrolina-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997 Campina Grande. **Resumos**. Campina Grande: SBEA, 1997.

ARAÚJO, F.; WILLIAMS, L.E.; GRIMES, D.W.; MATTHEWS, M.A. A comparative study of young "Thompson Seedless" grapevines under drip and furrow irrigation. I. Root and soil water distributions. **Scientia Horticulturae**, v. 60, p. 235-249, 1995.

BASSOI, L. H.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 35-38, 2002

BASSOI, L. H.; HOPMANS, J. W.; JORGE, L. A. C.; ALENCAR, C. M.; SILVA, J. A. M. Grapevine root distribution for drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.377-387, 2003.

BRAVDO, B.; HEPNER, Y. Water management and effect on fruit quality in grapevines. In: AUSTRALIAN WINE INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 6., 1987 Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: Australian Industrial Publishers, 1987. p.150-158.

CLOTHIER, B. E.; GREEN, S. R. Roots: The big movers of water and chemical in soil. **Soil Science**, v.162, p. 534-543, 1997.

DELAS, J. J. Criteria used for rootstock selection in France. In: ROOTSTOCK SEMINAR, A WORLDWIDE PERSPECTIVE, 1992, Reno. **Proceedings...** Davis: ASEV, 1992. p.1-14.

EZZAHOUANI, A.; WILLIAMS, L. E. The influence of rootstock on leaf water potential, yield, and berry composition of Ruby Seedless grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, n. 4, p. 559-563, 1995.

FREEMAN, B.M. Effect of soil profile and management on grapevine development and grape quality. In: AUSTRALIAN WINE INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 7., 1990 Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: The Australian Wine Research Institute, 1990. p. 26-28.

HOMAE, M. **Root water uptake under non-uniform transient salinity and water stress**. 1999.

Thesis (Ph.D.) - Agricultural University Wageningen, Wageningen.

KIRCHHOF, G.; BLACKWELL, J.; SMART, R.E. Growth of vineyard roots into segmentally ameliorated acidic subsoils. **Plant and Soil**, v.134, p.121-126, 1991.

MATTHEWS, M. A; ANDERSON, M. M. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to seasonal water deficits. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 39, p. 313-320, 1988.

MORANO, L.; KLEWER, W.M. Root distribution of three grapevine rootstocks grafted to Cabernet sauvignon grown on a very gravelly clay loam soil in Oakville, California. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, p. 345-348, 1994.

MORLAT, R.; JACQUET, A. The soil effects on the grapevine root system in several vineyards of the Loire valley (France). **Vitis**, v. 32, p. 35-42, 1993.

MULLINS, M.G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, E. **Biology of the grapevine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 239 p.

MYBURGH, P. A. Effect of ridging on the performance of young grapevines on a waterlogged soil. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v.15, p. 3-8, 1994.

NAGARAJAH, S. Effects of soil texture on the rooting patterns of Thompson Seedless vines on own roots and on Ramsey rootstock in irrigated. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 38, p. 54-59, 1987.

PERRY, R.L.; LYDA, S.D.; BOWEN, H.H. Root distribution of four *Vitis* cultivars. **Plant and Soil**, v. 71, p. 63-74, 1983.

PIRES, R.C. de M.; SAKAI, E.; FOLEGATTI, M. V.; PIMENTEL, M. H. L.; FUJIWARA, M. Distribuição e profundidade do sistema radicular da videira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Resumos...** Campina Grande: SBEA, 1997.

POMMER, C. V.; PASSOS, I. R. S.; TERRA, M. M.;PIRES, E. J. P.. **Variedades de videiras para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 59 p. (IAC. Boletim Técnico; 166)

REICHARDT, K. Soil physico-chemical conditions and the development of roots. In: RUSSEL R.S.; IGUE, K.; METHA, Y.R. (Ed.) **The soil/root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR, 1981. p.103-114.

RICHARDS, D. The grape root system. **Horticultural Reviews**, v. 5, p. 127-168, 1983.

SAWAF, H. M.; SENFAZ, S.; ADAM, S.O.; AZAGA, A.K.; ANSARI, M.A. Vine root distribution under irrigation and rained conditions with supplementary underground irrigation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.158, p.187-195, 1985.

SOUTHEY, J. M. Grapevine rootstock performance under diverse conditions in South Africa. In: ROOTSTOCK SEMINAR, A WORLDWIDE PERSPECTIVE, 1992, Reno. **Proceedings...** Davis:ASEV, 1992. p.27-51.

SOUTHEY, J. M.; ARCHER, E. The effect of rootstock cultivar on grapevine root distribution and density. In: VAN ZYL, J L. (Comp.). **The grapevine root and its environment**. Pretoria: Viticultural and Oenological Research Institute, 1988, Cap. 5, p.57-73.

STEVENS, R. M.; DOUGLAS, T. Distribution of grapevine roots and salt under drip and full-ground cover microjet irrigation systems. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.15, n. 4, p. 147-152, 1994.

SWANEPOEL, J. J., SOUTHEY, J. M. The influence of rootstock on the rooting pattern of the grapevine. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Pretoria, v.10, n. 1, p. 23-28, 1989.

TAYLOR, H.M.; KLEPPER, B. The role of rooting characteristics in the supply of water plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 30, p. 99-125, 1978.

VAN HYSTEEN, L. Grapevine root growth in response to soil tillage and root pruning practices. In: VAN ZYL, J. L. (Comp.). **The grapevine root and its environment**. Pretoria: Viticultural and Oenological Research Institute, 1988, Cap. 4, p. 45-55.

VAN ZYL, J. L. Response of grapevine to soil water regimes and irrigation systems. In: VAN ZYL, J. L. (Ed.) **The grapevine root and its environment**. Pretoria: Department of Agriculture and Water Supply, 1988. p. 30-43.

VAN ZYL, J.J.; VAN HUYSSTEEN, L. Soil and water management for optimum grape yield and quality under conditions of limited or no irrigation. In: AUSTRALIAN WINE INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 5., 1984, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: The Australian Wine Research Institute, 1984. p. 25-67.

WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots the hidden half**. New York: M. Dekker, 1991. 948 p.

WILLIAMS, L. E.; MATTHEWS, M. A. Grapevine. In: Irrigation of agricultural crops. Stewart, B. ^a.; Nielsen, D. R. (Ed.). Madison: 1990. p.1019-1055.(Agronomy;30).

WILLIAMS, L. E., SMITH, R. J. The effect of rootstock on the portioning of dry weight, nitrogen and potassium, and root distribution of Cabernet Sauvignon grapevines. **American Journal for Enology and Viticulture**, Davis, v.42, n.2, p.118-122, 1991.