

Desenvolvimento de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes em solo compactado¹

Development of West Indian Cherry plants development propagated by cuttings or seeds in compacted soil

Ivan Bordin¹ Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves³
Mateus Carvalho Basílio de Azevedo⁴ Luiz Henrique Ilkiu Vidal⁵

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular de mudas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) propagadas por sementes e por estacas, sob níveis de compactação subsuperficial de solo. Foram montados vasos com 200mm de diâmetro e 285mm de altura, divididos em três anéis sobrepostos de 100, 35 e 150mm. O solo do anel intermediário foi submetido a quatro níveis de densidade (1,0; 1,2 1,4 e 1,6kg dm⁻³). O experimento foi conduzido com delineamento experimental de blocos ao acaso, num esquema fatorial de 2 x 4 (duas formas de propagação e quatro densidades de solo), com cinco repetições. O aumento da densidade do solo propiciou um maior desenvolvimento da parte aérea e raízes das mudas propagadas por estacas em relação às propagadas por sementes. Independente da forma de propagação utilizada, os níveis de densidade do solo avaliados não impediram a penetração das raízes de aceroleira.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D.C., vasos, raiz, densidade do solo.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate West Indian Cherry (*Malpighia emarginata* D.C.)

above-ground and root system development, in plants propagated by seeds and cuttings at different soil density levels (1,0; 1,2; 1,4 and 1,6kg dm⁻³). The experiment was carried out in pots with 200 mm diameter and 285mm height, divided in three rings with 100, 35 and 150mm height. The experimental design was totally randomized in a factorial arrangement 2 x 4 (two propagation forms and four soil densities) with five replications. The increase in soil density improved a higher above-ground parts and roots development in plants propagated by cuttings. Independent of the propagation method, the studied soil density levels did not prevent the root penetration.

Key words: *Malpighia emarginata* D.C, pots, root, soil density.

INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) pode ser propagada por via sexuada e assexuada. A propagação sexuada, por ser uma opção mais fácil e econômica, tem sido bastante empregada no Brasil, apesar de apresentar inconvenientes, como segregação das características da planta e frutos e desuniformidade na produção (GOMES et al., 1999). A

¹Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Trabalho financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

²Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia, UEL, Brasil. E-mail: ivanbordin@uel.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Associado, Departamento de Agronomia, UEL, CP 6001, 86051-990, Londrina, PR, Brasil. Bolsista em Produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E-mail: csvjneve@uel.br. Autor para correspondência.

⁴Engenheiro Agrônomo, acadêmico do Programa de Pós-graduação em Agronomia, UEL, Bolsista CAPES. Departamento de Agronomia, UEL, Brasil.

⁵Engenheiro Agrônomo, Acadêmico do Programa de Pós-graduação em Agronomia, UEL. Professor Assistente, Departamento de Biologia, UEL, Brasil.

propagação por estaquia assegura maior precocidade na produção, bem como mantém as características genéticas da planta multiplicada, garantindo a formação de pomares uniformes e com plantas selecionadas (TEIXEIRA & AZEVEDO, 1995).

Apesar das vantagens do uso da estaquia, GONZAGA NETO & SOARES (1994) relataram casos de tombamento de plantas propagadas por este método na região do sub-médio São Francisco, em consequência do vento e do sistema radicular adventício e superficial. Os autores destacaram a importância das mudas propagadas por enxertia em porta-enxertos oriundos de sementes que, além de aumentar a precocidade, proporcionam um sistema radicular mais vigoroso, o qual explora maior volume de solo, dando maior firmeza à planta. Ao avaliarem a distribuição do sistema radicular de aceroleiras com 4,5 anos de idade, propagadas por estaquia e por sementes, NEVES et al. (2002) constataram que, para as raízes menores que 0,5cm de diâmetro, os resultados foram semelhantes, mas, para as raízes maiores de 0,5cm, o tratamento com plantas obtidas de semente apresentou maior densidade de raízes que o tratamento com plantas propagadas por estaquia.

A compactação do solo é um problema que tem sido observado em muitos pomares, em função do tráfego de implementos em solo com umidade inadequada e de práticas mecânicas de controle de invasoras. Plantas com raízes pivotantes mais grossas podem ser mais afetadas pela compactação do solo do que plantas com raízes fasciculadas mais finas, pois essas podem explorar canais já existentes no solo, deixadas por raízes que apodreceram ou por fissuras (WHITELEY & DEXTER, 1982). Isto se dá, provavelmente, pelo fato de que as raízes finas têm diâmetros semelhantes aos diâmetros dos poros (SHIERLAW & ALSTON, 1984). Entretanto, raízes de maior diâmetro apresentam maior resistência ao encurvamento quando penetram em solo compactado, o que é importante em solos deficientes em macroporos, onde as raízes necessitam deformar mais o solo do que explorar fissuras e poros (WHITELEY & DEXTER, 1982).

Devido à escassez de dados referentes ao comportamento de árvores frutíferas propagadas por sementes ou por estacas em relação à compactação do solo, este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular de mudas de aceroleira propagadas por estes métodos, em diferentes níveis de compactação subsuperficial do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de março a setembro de 2003, em casa de vegetação, na Universidade Estadual de Londrina-UEL, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 23°23' Sul e Longitude 51°11' Oeste, com 560 m de altitude. O solo utilizado é um Latossolo Vermelho distroférico que foi coletado na camada superficial até a profundidade de 30 cm. Os resultados das análises granulométrica e química (EMBRAPA, 1997) mostraram 815 g kg⁻¹ de argila, 170g kg⁻¹ de areia, 15g kg⁻¹ de silte; 2,7g dm⁻³ de matéria orgânica, 4,3 de pH em CaCl₂ (0,01 mol L⁻¹), 0,9mg dm⁻³ de P, 0,03cmol_c dm⁻³ de K⁺, 2,1cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺, 1,0cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺, 3,97cmol_c dm⁻³ de H⁺ + Al³⁺, 0,02cmol_c dm⁻³ de Al³⁺, 3,1cmol_c dm⁻³ de soma de bases (SB), 7,1cmol_c dm⁻³ de capacidade de troca catiônica (CTC) e 44% de saturação de bases (V%).

Foram confeccionados vasos de 200mm de diâmetro e 285mm de altura, utilizando-se tubos de PVC divididos em três anéis sobrepostos de 100, 35 e 150mm. O material de solo utilizado no preenchimento dos vasos foi peneirado em malha de 10mm e corrigido com calcário calcítico e adubo químico na formulação 4-14-8, elevando os níveis de nutrientes do solo para 50% Ca²⁺, 10% Mg²⁺, 3% K⁺ e 97,8mg dm⁻³ de P, seguindo a recomendação de equilíbrio químico do solo (ALBRESCH, 1996).

O anel superior foi preenchido com solo solto, enquanto o anel intermediário recebeu quatro níveis de compactação (1,0; 1,20; 1,40 e 1,60kg dm⁻³). Para isso, o solo teve sua umidade padronizada a 0,30kg kg⁻¹ e foi compactado utilizando-se um cilindro de madeira com diâmetro ligeiramente inferior ao dos anéis, que recebeu pancadas de um bloco de concreto de 8kg, suspenso manualmente por uma haste de ferro. O número de pancadas foi o necessário para acomodar uma massa conhecida de solo em um anel de volume conhecido, proporcionando as densidades desejadas. O anel inferior foi preenchido com solo com a densidade padronizada de 1,0kg dm⁻³. Antes da montagem dos vasos, foi colocada uma fita adesiva na borda dos anéis compactados, dobrada para dentro formando uma aba perpendicular à parede interna do anel, com a finalidade de não permitir a passagem de raízes entre o solo e a parede do vaso.

Para determinação da resistência do solo à penetração, foi utilizado um penetrômetro de bolso, com cone de 30° de ângulo de vértice e altura de 40mm, sendo avaliados quatro pontos em cada uma das cinco repetições, para cada nível de compactação. Determinou-se também a porosidade total, utilizando as densidades do solo e densidade das partículas

(KIEHL, 1979), adotando-se o valor de $2,83 \text{ kg dm}^{-3}$ como densidade das partículas para o solo estudado (NEVES, 1998) (Tabela 1). Para obtenção das mudas de aceroleira, foram utilizadas plantas matrizes da cultivar UEL 4 – Lígia com 10 anos de idade e bom estado fitossanitário, pertencentes ao pomar da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. As mudas foram propagadas por sementes e estacas, respectivamente semeadas em canteiros de areia e estaqueadas em bandejas plásticas preenchidas com casca de arroz carbonizada, em casa de vegetação com 50% de luminosidade e irrigação em regime intermitente durante 40 dias. Em função de um teste prévio para enraizamento de estacas de aceroleira, foi realizada a emersão da base das estacas em solução de 500 mg L^{-1} de ácido indol-butírico, por 10 segundos. Foram utilizadas estacas com 12 a 15cm de comprimento e três pares de folhas.

Para o transplante, as mudas foram selecionadas padronizando-se o comprimento das raízes para que não ultrapassassem 15cm, correspondendo à profundidade do anel superior, evitando-se assim o risco de transplantar mudas com raízes enoveladas. Após o plantio das mudas nos vasos, os mesmos foram pesados diariamente durante um período de 30 dias, obtendo-se, assim, a referência para manutenção da umidade (60% da capacidade de campo) durante o experimento. As irrigações foram realizadas com intervalos de três dias pela superfície dos vasos.

Após seis meses, foram realizadas as avaliações de número de folhas, diâmetro do colo, altura da planta, área foliar (com Medidor Foliar Área Meter modelo 100) e matéria seca da parte aérea em estufa a 65°C por 48 horas. Para a separação das raízes do solo, cada anel foi lavado com jatos de água sobre peneira com malha de 1mm. As raízes foram submetidas à leitura ótica com scanner e analisadas pelo programa SIARCS 3.0 (CRESTANA

et al., 1994) para obtenção do comprimento e da área. O diâmetro médio das raízes foi obtido pelo método descrito por HALLMARK & BARDER (1984) e a matéria seca das raízes por pesagem após serem secas em estufa a 65°C por 48 horas.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2×4 (duas formas de propagação e quatro níveis de compactação), com cinco repetições sendo cada vaso uma unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e complementada pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. A variável número de folhas foi transformada usando $\sqrt{x + 0,5}$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas densidades $1,2$ e $1,6 \text{ kg dm}^{-3}$, as aceroleiras propagadas por estaquia foram superiores às obtidas por sementes, em todas as variáveis referentes à parte aérea (Tabela 2). Na densidade de $1,4 \text{ kg dm}^{-3}$, somente o diâmetro do caule das plantas obtidas por estacas superou o das obtidas por sementes. A superioridade no desenvolvimento da parte aérea, apresentada pelas estacas em relação às sementes, pode estar relacionada aos maiores níveis de carboidratos presentes nos ramos que serviram como fonte de energia para auxiliar no desenvolvimento das mudas (HARTTMANN et al., 1990).

As aceroleiras propagadas por estaquia apresentaram aumento do número de folhas, diâmetro do caule, altura da planta, matéria seca e área foliar à medida que foi aumentado o nível de compactação do solo, enquanto as aceroleiras propagadas por sementes não apresentaram diferenças entre as densidades do solo para estas variáveis (Tabela 2). O incremento de variáveis referentes à parte aérea em virtude do aumento da compactação do solo também foi encontrado por MÜLLER et al. (2001), ao trabalharem com tremoço branco. Em contrapartida, a diminuição do desenvolvimento da parte aérea com a compactação do solo foi evidenciada por ALVARENGA et al. (1996) ao trabalharem com o feijão-de-porco e feijão-bravo-do-ceará. As respostas da parte aérea das plantas à compactação do solo são controversas. Relaciona-se a diminuição do seu desenvolvimento ao aumento dos níveis de compactação do solo, devido provavelmente à deficiência de água e nutrientes, assim numa condição de vasos, onde o fornecimento de água e nutrientes não são limitantes, seus efeitos podem não ser os esperados (SILVA & ROSOLEM, 2001).

Tabela 1 – Porosidade total e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a quatro níveis de compactação em vasos.

Densidade do solo kg dm^{-3}	Porosidade Total $\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$	Penetrometria	
		Resistência à penetração MPa	Umidade kg kg^{-1}
1,0	0,64	0,08	0,33
1,2	0,57	0,51	0,32
1,4	0,50	0,85	0,32
1,6	0,43	2,22	0,30

Tabela 2 - Variáveis da parte aérea de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes e submetidas a diferentes densidades do solo.

Propagação	Densidade do solo (kg dm ⁻³)				
	1,0	1,2	1,4	1,6	Média
Número de folhas					
Estaca	17,2 Ab*	42,0 Aab	23,4 Ab	58,8 Aa	35,3
Semente	17,4 Aa	15,4 Ba	17,6 Aa	10,8 Ba	15,3
Média	17,3	28,7	20,5	34,8	
CV (%)	31,2				
Diâmetro do caule (cm)					
Estaca	0,38 Ab	0,53 Aa	0,40 Aab	0,45 Aab	0,44
Semente	0,28 Aa	0,27 Ba	0,22 Ba	0,18 Ba	0,22
Média	0,33	0,40	0,31	0,32	
CV (%)	22,0				
Altura da planta (cm)					
Estaca	10,9 Ab	24,8 Ab	15,4 A b	50,3 Aa	25,4
Semente	9,2 Aa	9,9 Ba	8,8 Aa	6,4 Ba	8,6
Média	10,0	17,4	12,1	28,4	
CV (%)	57,2				
Matéria seca da parte aérea (g)					
Estaca	0,98 Ab	4,05 Aab	1,94 Ab	6,62 Aa	3,40
Semente	0,42 Aa	0,36 Ba	0,36 Aa	0,19 Ba	0,33
Média	0,70	2,21	1,15	3,41	
CV (%)	102,7				
Área foliar (cm ²)					
Estaca	21,18 Ac	83,44 Aab	37,38 Abc	135,99 A a	69,50
Semente	16,96 Aa	16,07 Ba	15,67 Aa	8,83 Ba	14,38
Média	19,07	26,53	49,76	72,41	
CV (%)	77,5				

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Quanto ao desenvolvimento do sistema radicular no anel acima da camada compactada (Tabela 3), a propagação por estaquia foi superior à realizada com sementes em todas as densidades estudadas para a área radicular. Para a matéria seca e diâmetro radicular, somente na densidade de 1,0kg dm⁻³ não houve diferença entre as formas de propagação, enquanto nas outras densidades a propagação por estaquia também foi superior. Em relação às densidades do solo, a matéria seca, a área e o diâmetro das raízes das aceroleiras propagadas por estaquia foram superiores nas densidades 1,6kg dm⁻³ e 1,2kg dm⁻³ em relação às demais densidades, enquanto as propagadas por sementes não foram influenciadas pela densidade do solo.

Observa-se que houve acúmulo das raízes na camada superior à camada compactada (Tabela 3) concordando com os resultados encontrados por ROSOLEM et al. (1994) em trabalho realizado em vaso

com a cultura da soja. Isso evidencia a capacidade das mudas de acerola de compensar a redução do desenvolvimento radicular das camadas compactadas pelo crescimento das raízes em locais de menor resistência à penetração.

O comprimento das raízes não foi afetado nem pelo tipo de propagação e nem pelas diferentes densidades do solo (Tabela 3), concordando com o observado em plantas de cobertura verde submetidas à compactação do solo (SILVA & ROSOLEM, 2001; MÜLLER et al., 2001).

Para o desenvolvimento do sistema radicular na camada compactada, não se constatou interação entre as formas de propagação e as densidades do solo. As plantas propagadas por estacas foram superiores às propagadas por sementes para matéria seca e diâmetro, não se diferenciando quanto à área e comprimento das raízes (Tabela 4).

Tabela 3 - Variáveis das raízes contidas nos anéis acima da camada compactada de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes e submetidas a diferentes densidades do solo.

Propagação	Densidade do solo (kg dm ⁻³)				
	1,0	1,2	1,4	1,6	Média
Matéria seca de raízes (g)					
Estaca	0,34 Ab*	0,70 Aab	0,59 Ab	1,04 Aa	0,68
Semente	0,17 Aa	0,17 Ba	0,21 Ba	0,11 Ba	0,16
Média	0,26	0,43	0,40	0,57	
CV (%)	53,0				
Área de raízes (cm ²)					
Estaca	6,94 Ab	11,88 Aab	11,47 Ab	16,94 Aa	11,81
Semente	2,80 Ba	2,50 Ba	3,25 Ba	2,80 Ba	2,80
Média	4,87	7,19	7,36	9,80	
CV (%)	43,8				
Diâmetro de raízes (cm)					
Estaca	0,25 Ac	0,38 Aab	0,33 Abc	0,44 Aa	0,35
Semente	0,18 Aa	0,18 Ba	0,20 Ba	0,04 Ba	0,17
Média	0,22	0,28	0,27	0,29	
CV (%)	23,5				
Comprimento de raízes (cm)					
Estaca	725,51	742,58	682,30	1019,45	792,46 A
Semente	167,53	151,74	213,32	152,33	171,23 A
Média	446,52 a	447,16 a	447,81 a	585,88 a	
CV (%)	46,4				

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%

Tabela 4 - Variáveis das raízes contidas nos anéis da camada compactada e abaixo da camada compactada de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes e submetidas a diferentes densidades do solo.

Fatores	Massa seca de raízes (g)	Área de raízes (cm)	Comprimento de raízes (cm)	Diâmetro de raízes (cm)
Camada compactada				
Propagação				
Estaca	0,02 A*	0,66 A	40,55 A	0,06 A
Semente	0,01 B	0,77 A	45,58 A	0,04 B
Densidade do solo (kg dm ⁻³)				
1,0	0,02 A	0,73 A	43,88 A	0,05 A
1,2	0,02 A	0,47 A	28,45 A	0,06 A
1,4	0,01 A	1,00 A	59,16 A	0,05 A
1,6	0,02 A	0,66 A	40,78 A	0,06 A
CV %	98,5	78	78,5	48,6
Camada inferior à camada compactada				
Propagação				
Estaca	0,06 A	3,44 A	202,92 A	0,08 A
Semente	0,03 A	3,30 A	196,74 A	0,06 B
Densidade do solo (kg dm ⁻³)				
1,0	0,06 AB	4,30 AB	250,99 AB	0,09 AB
1,2	0,10 A	5,98 A	352,27 A	0,11 A
1,4	0,02 B	2,48 AB	149,07 AB	0,04 B
1,6	0,02 B	0,78 B	47,02 B	0,03 B
CV %	130,6	101,0	98,4	73,8

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tanto as aceroleiras propagadas por estacas, como as propagadas por sementes conseguiram penetrar suas raízes no solo submetido aos níveis de compactação. Isto ocorreu, provavelmente, porque as estacas com sistema radicular com matéria seca e diâmetro maior, utilizaram a pressão radicular para superar a camada de impedimento (WHITELEY & DEXTER, 1982), enquanto as aceroleiras propagadas por sementes, com matéria seca e diâmetro menor, exploraram melhor os poucos poros das camadas compactadas para superá-las, evidenciando uma tendência de uniformidade de reação do sistema radicular dessas formas de propagação no decorrer do tempo.

Foi constatado um aumento gradativo da resistência à penetração do solo até a densidade de $1,4 \text{ kg dm}^{-3}$, chegando a $2,2 \text{ Mpa}$ na camada mais compactada (TABELA 1). Em trabalhos semelhantes, encontra-se restrição total ao desenvolvimento radicular de plantas de milho entre $1,4$ a $2,0 \text{ Mpa}$ (SILVA et al., 2002; FOLONI et al., 2003) o que evidencia a capacidade de desenvolvimento do sistema radicular da aceroleira em camadas compactadas de solo, independentemente do método de propagação utilizado.

Não houve diferenças para matéria seca, área, comprimento e diâmetro das raízes em relação às densidades estudadas na camada compactada (Tabela 4). Entretanto, FOLONI et al. (2003) constataram que o comprimento e a matéria seca radicular do milho foram diminuídos com o aumento da compactação. Em contrapartida, ALVARENGA et al. (1996) relatam que existem plantas que se adaptam melhor a solos compactados, não alterando seu desenvolvimento, como no caso do mata-pasto, que é uma leguminosa muito comum em pastagens degradadas.

Não foi verificada interação entre as formas de propagação e as densidades do solo no desenvolvimento do sistema radicular no anel abaixo da camada compactada (Tabela 4). Nessa camada, as plantas propagadas por estacas foram superiores às propagadas por sementes somente para o diâmetro, não havendo diferenças para a matéria seca, área e comprimento das raízes. Em relação às densidades, todas as variáveis estudadas apresentaram diminuição à medida que aumentava o nível de compactação do solo. O menor desenvolvimento das raízes na camada inferior à camada compactada em relação ao aumento da compactação do solo pode ser atribuído ao fato de as raízes não conseguirem se recuperar do estresse ao qual foram submetidas, gastando maior quantidade de fotoassimilados (MASLE & FARQUHAR, 1988).

CONCLUSÕES

O aumento da densidade do solo propicia um maior desenvolvimento da parte aérea e raízes das mudas propagadas por estacas em relação às propagadas por sementes. Os níveis de densidade do solo avaliados não impedem a penetração das raízes de mudas de aceroleira propagadas por estacas ou por sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRESCH, W.A. **The Albresch paper – foundation concepts**. 3.ed. Louisiana : Agres USA, 1996. V.1. 515p.
- ALVARENGA, R.C. et al. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.319-326, 1996.
- CRESTANA, A. et al. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, n.3, p.365-371, 1994.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro : EMBRAPA Solos, 1997. 212p.
- FOLONI, J.S.S. et al. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.8, p.947-953, 2003.
- GOMES, J.E. et al. Variabilidade fenotípica em genótipos de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2205-2211, 1999.
- GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília : EMBRAPA-SPI, 1994. 43p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 10).
- HALLMARK, W.B.; BARBER, S.A. Root growth and morphology, nutrient uptake and nutrient status of early growth of soybeans as affected by soil P and K. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.2, p.209-212, mar-apr, 1984.
- HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 5.ed. New Jersey : Prentice Hall, 1990. 647p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo : Ceres, 1979. 264p.
- MASLE, J.; FAQUHAR, G.D. Effects of soil strength on the relation of water-use efficiency and growth to carbon isotope discrimination in wheat seedlings. **Plant Physiology**, Massachusetts, v.86, n.1, p.32-38, 1988.
- MÜLLER, M.M.L. et al. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.531-538, 2001.

NEVES, C.S.V.J. et al. Sistema radicular de aceroleiras propagadas por sementes e por estacas no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém : Sociedade Brasileira de fruticultura, 2002. CD-ROM.

NEVES, C.S.V.J. **Influência de sistemas de manejo em características de tangerina 'Poncã' sobre limão 'Cravo' e de um Latossolo Roxo.** 1998. 158f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ROSOLEM, C.A. et al. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v.53 n.2, p.259-266, 1994.

SHIERLAW, J.; ALSTON, A.M. Effects of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, Hague, v.77, n.1, p.15-28, 1984.

SILVA, A. et al. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H. et al. **Qualidade física do solo: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo.** Jaboticabal : FUNEP, 2002. p.1-18.

SILVA, H.R.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.253-260, 2001.

TEIXEIRA, A.H.C.; AZEVEDO, P.V. Índices-limite do clima para o cultivo da acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1403-1410, 1995.

WHITELEY, G.M.; DEXTER, A.R. Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and non-tilled soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.2, n.4, p.379-393, 1982.