

NOTAS CIENTÍFICAS

IMPEDÂNCIA MECÂNICA EM SUBSTRATOS HORTÍCOLAS¹

ATELENE NORMANN KÄMPF², PAUL ALLEN HAMMER³ e TERRI KIRK⁴

RESUMO - O poder de penetração das raízes no solo tem sido estudado com vistas a cultivos agrícolas, porém não há dados no que se refere a substratos em recipientes. Neste trabalho avalia-se a impedância mecânica de: areia, perlita, turfa, fibra-de-coco e misturas do mercado internacional: Fafard nº 2, Fafard 2P, Jiffy 7 e Oasis. Amostras secas e saturadas foram analisadas sob quatro níveis de compactação. Jiffy 7 e Oasis foram analisados na densidade original, conforme fabricação. Avaliou-se a impedância através de um pino metálico acoplado em micropenetrômetro digital. A pressão de penetração correlaciona-se com a compactação do substrato, apresentando interação significativa entre grau de compactação e nível de umidade.

MECHANICAL IMPEDANCE IN HORTICULTURAL SUBSTRATES

ABSTRACT - The penetration power of the roots into the soil has been studied in relation to field crops but not to container media. In this work the mechanical impedance of sand, perlite, peat, coir and commercial mixtures were evaluated: Fafard, no 2, Fafard 2P, Jiffy 7 and Oasis. Dry and saturated samples were analyzed under four levels of compactation. Jiffy 7 and Oasis were analyzed only in the original density of the manufactured products. The impedance was measured by a metal probe and a digital micropenetrometer. The penetration pressure is correlated to the level of compactation of the media, with significant interaction between compactation and moisture level.

As raízes crescem no solo ou no substrato através dos poros ou deslocando os sólidos, a fim de possibilitar seu alongamento (Bennie, 1991). A resistência das partículas sólidas ao deslocamento, e sua conseqüente deformação, é conhecida como impedância mecânica (Bengough & Mullins, 1990). Para que haja crescimento radicular, a pressão exercida pela raiz deve ser maior do que a resistência do material circundante. Impedância mecânica tem sido

¹ Aceito para publicação em 18 de fevereiro de 1999.

² Bióloga, Dr^a, Prof^a Titular, Dep. de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS. Bolsista da CAPES. E-mail: atelene@vortex.ufrgs.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Horticulture Dep., Purdue University, West Lafayette, IN 47906-6015, USA.

⁴ Eng^a Agr^a, Greenhouse Root Media Laboratory, Horticulture Dep., Purdue University.

estudada quanto à produção agrícola em solos compactados. Entretanto, há deficiência de dados sobre o poder de penetração das raízes em substratos dentro de recipientes.

Na produção de plantas em viveiros, o material usado para preencher o recipiente e dar sustentação à muda é o substrato hortícola. A indústria internacional de substratos usa como material básico turfa fibrosa de *Sphagnum*. Misturas comerciais utilizam-se ainda de componentes minerais (como areia, perlita e vermiculita) e orgânicos (como fibra-de-coco, sob os nomes de “coir” ou “cocopit”). No Brasil, esta indústria é ainda incipiente. A expansão da plasticultura justifica a necessidade de tecnologia para o desenvolvimento de substratos hortícolas.

Estudos sobre impedância mecânica são feitos por meio de penetrômetros (Dexter, 1987; Bennie, 1991), que medem a resistência da amostra à introdução de um pino metálico. Essa resistência estima a pressão da raiz para o deslocamento das partículas sólidas (Whiteley et al., 1981; Bengough & Mullins, 1990).

No preenchimento do recipiente com substrato, a relação massa do substrato/volume preenchido varia conforme o recipiente e a força aplicada. Tratos culturais, como a irrigação, também podem adensar o substrato no vaso. Considera-se como densidade de empacotamento (“packing density”, conforme Burés et al., 1995) a relação massa/volume efetivamente observada no recipiente em um dado momento.

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Substratos da Universidade de Purdue (West Lafayette/IN, USA), com o objetivo de fornecer subsídios para a avaliação da qualidade física de alguns materiais usados como substratos hortícolas.

Os materiais usados correspondem a misturas e componentes avulsos, comercializados para uso em viveiros comerciais (Tabela 1): areia, perlita, turfa de *Sphagnum*, fibra-de-coco, e os produtos Fafard nº 2, Fafard 2P Jiffy 7 e Oasis. A impedância mecânica foi avaliada em dois níveis de hidratação: seco (no grau de umidade como o material é comercializado) e em capacidade de vaso (saturação hídrica por capilaridade). Nos materiais soltos foram aplicadas as densidades de empacotamento (Tabela 2): 1 - material frouxo (sem compactação); 2 - firme (correspondente ao valor de densidade da amostra determinada em laboratório, conforme Röber & Schaller (1985); 3 - compactado (densidade intermediária entre os níveis 2 e 4); 4- compactação máxima possível com preenchimento manual. Por apresentarem a forma e o volume predeterminados na fábrica, amostras de Jiffy 7 e Oasis foram analisadas apenas na densidade original. Como recipientes foram utilizados vasos de plástico (5,5 x 5 x 6 cm), próprios para a produção comercial de plantas anuais. Cada tratamento foi analisado em cinco repetições, um vaso por parcela, e cinco leituras por vaso, observando-se distância das paredes do vaso.

A pressão (Q) necessária para introduzir verticalmente um pino metálico nas amostras foi determinada em micropenetrômetro digital (Chatillon, Greensboro, NC/USA). O pino, de 6,5 mm de diâmetro, apresenta ápice cônico com semi-ângulo de 30°. A equação $Q = F/A$ descreve esta pressão,

onde F é a força requerida para penetrar o pino na amostra e A é a área do ápice do pino. O valor F é fornecido pelo equipamento como Pico C (Compressão), e representa o valor máximo entre 600 leituras individuais realizadas pelo instrumento em 120 milissegundos. Para determinar o teor de umidade, as amostras foram secas a 80°C até peso constante.

Os valores de impedância observados variam conforme o grau de compactação e presença de água na amostra (Tabela 2). No nível de umidade conforme comercializado, os valores de impedância são extremamente baixos em amostras sem compactação. Com exceção de perlita, a pressão de resistência à penetração nos materiais não compactados é inferior a 100 kPa. Na perlita a resistência chega próximo a 190 kPa. Aumentando-se a compactação, os materiais aumentam significativamente a resistência ($p < 0,001$), alcançando valores acima de 1.000 kPa.

A amplitude da variação dos resultados difere entre os materiais e varia conforme o grau de umidade. Amostras secas mostraram maiores amplitudes nas respostas do que amostras saturadas; da mesma forma, os materiais de origem orgânica (ou com maior percentual orgânico na mistura) mostraram maior efeito da compactação sobre a penetrabilidade. A mais ampla variação foi observada na fibra-de-coco, onde, aumentando-se a densidade de empacotamento de 51 kg m⁻³ para 128 kg m⁻³ obteve-se um acréscimo de 117 vezes no valor da pressão de penetração (de cerca de 18 kPa para 2.110 kPa). A areia foi o material que mostrou menor variação nas respostas (2,3 vezes quando seco, 1,5 quando saturado), o que deve estar relacionado com sua baixa compressibilidade.

Maiores valores de pressão foram observados nas densidades de empacotamento mais altas, o que confirma o efeito da compactação sobre a

TABELA 1. Origem e teor de umidade dos substratos. Purdue Univ., West Lafayette, IN, USA, 1997.

Substratos	Origem	Teor de umidade (% peso)
Areia	“Sand Silica”/Weldrom, Illinois, USA (granulometria: 125 µm)	< 1,0
Perlita	“Coarse horticultural perlite”, produzida por Silbrico Co., Illinois, USA	< 1,0
Turfa de <i>Sphagnum</i>	“Coarse yellow Sphagnum peat moss”/Sogevex, Quebec, Canadá	55,0
Fibra-de-coco	“coir” ou “cocopit”; produto original de Sri Lanka; amostras reidratadas, expandidas e secadas ao ar livre	80,0
Fafard nº 2	C. Fafard Inc., Massachusetts, USA (55% turfa de <i>Sphagnum</i> + perlita + vermiculita)	40,0
Fafard 2P	C. Fafard Inc., Massachusetts, USA (60% turfa de <i>Sphagnum</i> + perlita)	55,0
Jiffy 7	Jiffy Products Inc., Illinois, USA; amostras reidratadas, expandidas e secadas ao ar livre	50,0
Oasis	Smithers-Oasis Co., Ohio, USA	< 1,0

penetrabilidade das amostras. O nível da umidade dos substratos alterou significativamente a impedância mecânica, interagindo com a densidade de empacotamento ($p < 0,001$). A presença da água nas amostras saturadas de perlita, fibra-de-coco e turfa diminuiu a impedância nas densidades de empacotamento mais altas, enquanto nas amostras menos compactadas o efeito foi o inverso. Na areia saturada, as pressões de penetração foram sempre superiores às das amostras secas, independente da compactação usada. Por outro lado, nas misturas Fafard nº 2 e Fafard 2P bem como em Jiffy 7 e Oasis, a saturação hídrica diminuiu a resistência à penetração. Bennie (1991) afirma que maior teor de água no solo aumenta a mobilidade das partículas, decrescendo assim a pressão necessária para a deformação da amostra. No presente trabalho, a observação de Bennie é comprovada nas amostras de Oasis, Jiffy 7 e Fafard nº 2 e Fafard 2P, porém é parcialmente contrariada nas amostras de perlita, turfa e fibra-de-coco, e é totalmente negada nas avaliações em areia. Bengough & Mullins (1990) alertam que o aumento da impedância

TABELA 2. Influência da densidade de empacotamento e nível de umidade na impedância mecânica de substratos hortícolas. Purdue Univ., West Lafayette, IN, USA, 1997.

Materiais	Densidades secas aplicadas (kg m^{-3})	Pressão de penetração na umidade original (kPa) ¹	Pressão de penetração em saturação hídrica (kPa)	ANOVA (P > F)		
				Dens. (A)	Nível de umidade (B)	Interação (AxB)
Areia	1.560	91,09	404,82	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	1.670	175,21	493,31			
	1.740	206,99	611,33			
Perlita	100	185,96	358,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	125	666,21	706,93			
	150	1.035,06	968,17			
	175	1.496,52	1.041,35			
Turfa de <i>Sphagnum</i>	48	69,94	195,90	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	70	272,44	268,48			
	92	756,00	502,71			
	114	1.690,75	609,16			
Fibra-de-coco	51	17,96	133,70	< 0,001	0,058	< 0,001
	76	180,95	183,12			
	102	748,64	734,66			
	128	2.109,58	1.834,00			
Fafard nº 2	126	97,35	80,77	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	168	415,46	247,44			
	210	875,83	529,84			
	252	1.374,77	703,73			
Fafard 2P	55	61,91	57,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	77	170,25	124,53			
	100	519,32	359,86			
	123	1.139,50	692,10			
Jiffy 7	100	262,00	99,80	-	0,002	-
Oasis	30	151,00	142,00	-	<0,001	-

¹ Umidade do material apresentada na Tabela 1.

mecânica dos solos traz como consequência a diminuição do alongamento das raízes. Esses autores reportam a redução do crescimento das raízes de milho em até 90% com o incremento da impedância mecânica para 480 kPa. Bennie (1991) observou que a pressão de 50 kPa aplicada ao solo foi suficiente para reduzir o crescimento de raízes de centeio (*Hordeum vulgare*) em 80%.

Os dados aqui apresentados confirmam que a impedância mecânica dos substratos em recipientes está relacionada com a densidade de empacotamento em que se encontra o material, bem como do nível de umidade da amostra. Apesar da ausência de dados específicos sobre o poder de penetração de raízes em recipientes, até o presente, os resultados deste estudo indicam que substratos hortícolas podem alcançar, no viveiro, níveis de impedância mecânica considerados críticos para outras culturas a campo.

REFERÊNCIAS

- BENGOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, v.41, p.341-358, 1990.
- BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.). **Plant roots, the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.393-413.
- BURÉS, S.; FERRENBURG, A.M.; POKORNY, F.A.; LANDAU, D.P. Computer simulation to understand physical properties of substrates. **Acta Horticulturae**, v.401, p.35-39, 1995.
- DEXTER, A.R. Compression of soils around roots. **Plant and Soil**, v.97, p.401-406, 1987.
- RÖBER, R.; SCHALLER, K. **Pflanzenernährung im Gartenbau**. Stuttgart: Ulmer, 1985. 352p.
- WHITELEY, G.M.; UTOMO, W.H.; DEXTER, A.R. A comparison of penetrometer pressures and the pressures exerted by roots. **Plant and Soil**, v.61, p.351-364, 1981.