

El sistema radical i l'anàlisi de la problemàtica dels sòls urbans

Xavier Fàbregas i Bargalló

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Àlex March i Raurell

Ajuntament de Mollet del Vallès

Hem d'entendre els arbres com un sistema complex, on totes les seves parts estant connectades i on el conjunt depèn del bon funcionament de cada una. Qualsevol alteració que es produeixi en la part aèria tindrà una resposta en la part subterrània i a l'inrevés. La destrucció de part del sistema radical provocarà una disminució en les aportacions d'aigua i nutrients i, en conseqüència, una depreciació de la capçada. En aquest context, el desenvolupament de l'arbre està molt condicionat pel seu suport: el sòl. Les seves característiques condicionen el creixement de les arrels i, per tant, el del arbre. El sistema radical vol unes equilibrades condicions d'aeració, contingut d'aigua, matèria orgànica i nutrients per a poder-se desenvolupar i créixer.

El medi urbà no és el millor lloc pel bon desenvolupament de l'arbre, ja que les seves condicions són hostils pel creixement. Per aconseguir un desenvolupament adequat hem d'invertir en recursos tècnics i econòmics, posant a disposició de l'arbre un sòl amb una mínima qualitat i amb una quantitat suficient.

Kopinga (1985) ha estudiat la relació que existeix entre la part aèria i el volum del sistema radical. Així per cada metre quadrat de projecció al sòl de la capçada, el volum de sòl necessari per a les arrels és de 0.75 metres cúbics, quan les condicions són bones pel creixement dels arbres. A mesura que aquestes condicions empitjoren el volum de sòl necessari augmenta.

El desenvolupament del sistema radical respon a un comportament concret per a cada espècie. Tanmateix la morfologia, profunditat i la seva extensió horitzontal i vertical estan fortament influïdes per les característiques del medi de creixement i, per tant, les condicions locals com la penetrabilitat (presència d'horitzons compactes, sola de treball...), l'excés o manca d'aigua o la fertilitat del medi poden modificar-ne molt el comportament.

La major part del sistema radical (un 80% aproximadament) es troba situat als primers 30-40 centímetres del sòl, ja que és aquí on es troba el sòl més airejat i esponjós i on es pot trobar major quantitat d'aigua. En el medi natural això es així perquè és on es produeix la màxima descomposició de matèria orgànica producte de les restes vegetals i animals. A la ciutat, i en arbres sense encoixinament, les condicions ja no són tan favorables. Pel que fa a la profunditat, les arrels no acostumen a anar més enllà de 2 o 2,5 metres, tot i que determinades espècies en condicions òptimes (per exemple els eucaliptus) o d'altres en condicions molt adverses (per exemple els pins) poden arribar a profunditzar molt més.

Pel que fa a la seva extensió, en general podem dir que les arrels es localitzen més enllà de la zona de degoteig. Segons Gilman (1988), en la fase juvenil dels arbres es pot establir una relació lineal entre el radi de la capçada (D) i l'extensió del sistema radical (x). Alguns dels valors que ens dona són:

Magnòlia	$x = 3.77 D$
Acer	$x = 3.06 D$
Pollancre	$x = 3.08 D$
Freixes	$x = 1.68 D$
Gleditzia	$x = 2.95 D$

Segons Watson (1998), d'un estudi de 4.000 arbres caiguts a Anglaterra per forts vents, un 82,5% dels arbres tenien un sistema radical horitzontal, un 15 % tenia un sistema amb

arrels ramificades en diversos angles entre l'horitzontal i el vertical i, únicament un 2,5% tenien arrels pivotants.

El volum de sòl explorat per les arrels pot ser de diversos metres cúbics en arbres adults. Així segons Kopinga (1985), valors de 10 a 15 metres cúbics poden ser normals en arbres en fase de creixement adult, mentre que 1 metre cúbic pot ser suficient els primers anys.

En el pla de gestió de l'arbrat de la ciutat de Segòvia (Arroyo et al., 1998) davant la dificultat de definir el volum ocupat pel sistema radical s'introdueix un concepte interessant, el terreny de protecció de l'arbre. Aquest consisteix en un volum de sòl al voltant de l'arbre, que s'entén que abasteix i conté la quantitat més important de les arrels i s'estableix que tota intervenció en aquest terreny de protecció suposa una afecció a les seves arrels. Les dimensions d'aquest poden ser:

- 1 metre de radi a partir del tronc per arbres petits (grandària d'adult inferior a 8 metres)
- 2 metre per arbres mitjans (grandària d'adult inferior a 15 metres)
- 3 metre en arbres grans (grandària d'adult superior a 15 metres)

Aquests valors contrasten per baixos amb els que dona Watson (1998) per determinar la distància on s'han de realitzar les perforacions en els tractaments de millora del sòl en relació a la grandària de l'arbre, i que són a un mínim de 3 metres (en arbres de 12-23 centímetres de diàmetre de tronc) i fins a 9 metres (en arbres de diàmetre de tronc superior a 48 centímetres).

Tota pertorbació del sòl, tot i ser lluny de l'arbre, pot afectar el funcionament de les arrels actives i fràgils, produint-se fenòmens de depreciació de l'arbre, malgrat que molt sovint la resposta és manifesti diversos anys més tard. En medi urbà són molt comuns les alteracions que afecten la presència d'oxigen i aigua, com pot ser la compactació, la impermeabilització o la presència de gespa. En aquest darrer cas Watson valora que la reducció del sistema radical pot arribar fins el 50%.

Els treballs de Raimbault (1991) sobre la morfologia i el desenvolupament dels sistemes radicals d'arbres de parcs i d'alineació, demostren que quan les condicions del medi són desfavorables (asfíxia per excés d'aigua, impermeabilització, resistència mecànica per compactació o roca mare compacta...) el sistema radical reacciona de diverses maneres:

- Reduint la seva extensió, especialment a nivell superficial adoptant sistemes radicals horitzontals amb arrels verticals.
- Reduint el volum de sòl explorat, arribant, en ocasions, a quedar restringit a la zona més propícia per la infiltració de l'aigua i l'acumulació de nutrients.
- Augmentant molt les deformacions radicals, especialment els esclafaments.

Una de les conclusions d'aquest estudi demostra que bona part del processos d'envelliment del arbres estan associats al procés de senescència del sistema radical. També remarca la importància de conèixer l'edat de l'arbre abans de realitzar qualsevol actuació, ja que en funció d'aquesta, les seves necessitats i la resposta als tractaments seran molt diferents.

Alteracions en medi urbà

Per assegurar un creixement òptim el sòl ha de ser profund, ben estructurat, fàcilment explorable per les arrels i ric en matèria orgànica. Tanmateix les necessitats concretes varien en funció de l'espècie.

En el medi urbà, les dificultats són tan destacables que és difícil mantenir les condicions ideals pel seu creixement. La presència de la major part de la cabellera radical a prop de

la superfície explica la importància d'evitar els processos de compactació, impermeabilització, modificacions de cota, obertures de rases, etc.

Aconseguir mantenir l'equilibri entre el sistema radical i la part aèria és una de les claus en la bona gestió de l'arbrat. A la ciutat en molts casos el volum de sòl explorable es massa limitat, de mala qualitat i amb poca presència d'aigua.

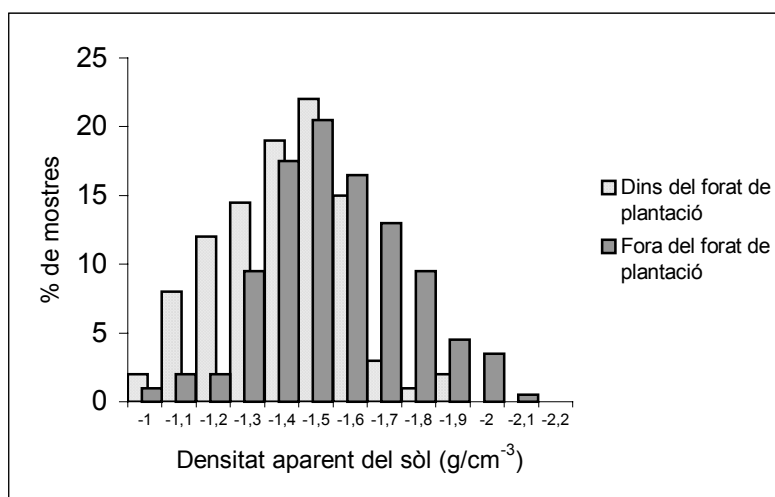
La compactació

(Arroyo et al., 1998; Bradshaw et al., 1995; Rutherford, 2000; Watson, 1998; Zisa et al., 1980)

La compactació és segurament el principal problema que trobem en arbres en medi urbà. És un procés mitjançant el qual es produeix una compressió del sòl no saturat, durant la qual disminueix la fracció de volum de forats i, conseqüentment, s'incrementa la densitat aparent. La compactació comporta:

- Increment de la densitat aparent.
- Empaquetament més dens de les partícules.
- Increment de la resistència del sòl.
- Disminució de la porositat, especialment la macroporositat amb augment del microporus.
- Destrucció parcial dels agregats estructurals de menor grandària.
- Disminució de la disponibilitat hídrica.
- Disminució de la disponibilitat d'oxigen.
- Disminució de la disponibilitat de nutrients.

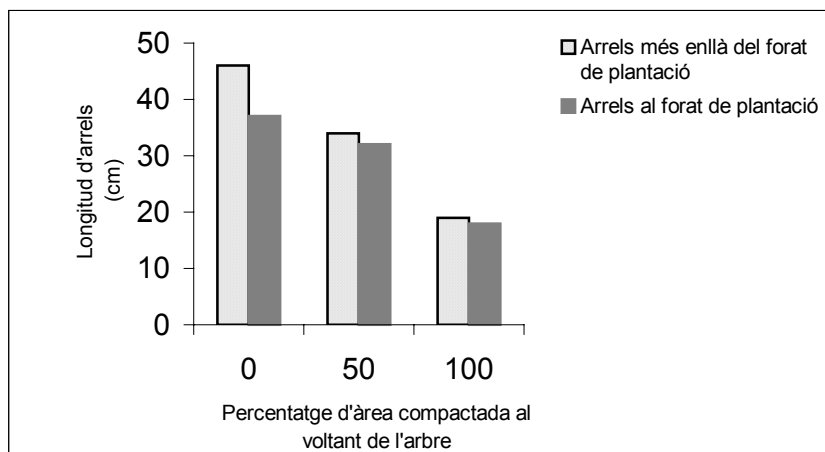
Normalment les causes que provoquen la compactació són el pas de maquinària pesada, el trànsit rodat, la circulació de vianants, la realització de feines amb el sòl excessivament humit, la mala gestió de les terres prèvia a la seva aportació, etc. La importància de la compactació pot variar en funció de si aquesta és total, superficial, subsuperficial o profunda.



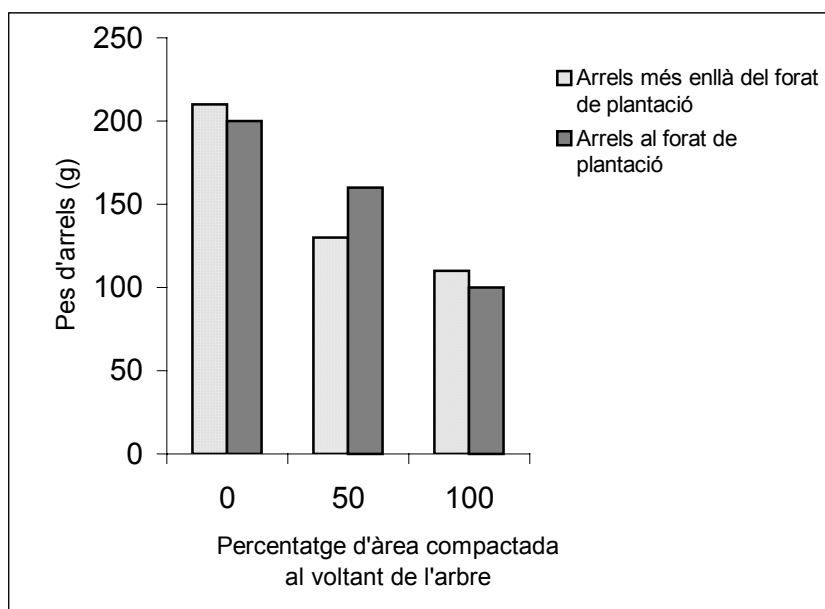
Il·lustració. 1: Redibuixat de Bradshaw et al., 1995.

Bradshaw et al. (1995) ens mostren a la il·lustració 1 diferents valors de densitat aparent de mostres procedents de dins i fora del forat de plantació de 192 arbres urbans. Si considerem que els valors correctes de la densitat aparent haurien d'estar al voltant de -1,2 a -1,4 g/m³, que entre -1,4 i -1,6 estariem amb valors crítics i que a partir de -1,6 serien valors totalment desfavorables pel desenvolupament radical, podem veure com majoritàriament trobem els valors en la franja crítica o per sobre d'aquesta. A més a més

podem observar com els valors més alts sempre es donen més enllà del forat de plantació, ja que es on es produeix una major compactació.

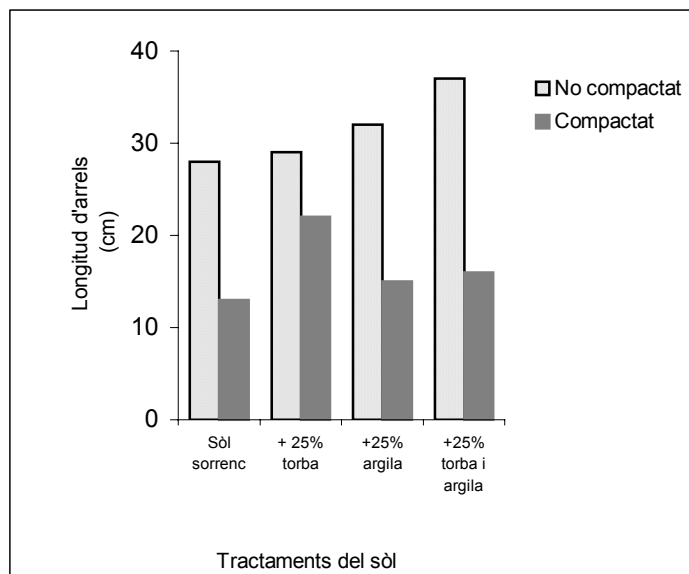


Il·lustració. 2: Redibuixat de Hunt et al., 1991



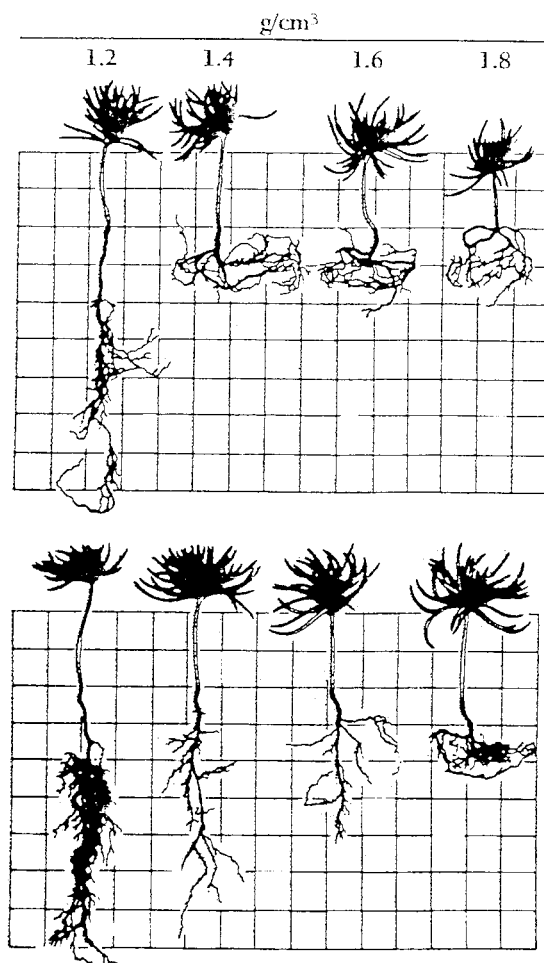
Il·lustració. 3: Redibuixat de Hunt et al., 1991

Els efectes de la compactació els podem veure a les il·lustracions 2 i 3. L'augment de l'àrea de compactació al voltant de l'arbre pot arribar a reduir el creixement d'arrels un 50%. Les arrels crescudes en sòls compactats són més curtes i gruixudes i amb menor pes que les crescudes en medi no compactat.



Il·lustració. 4: Redibuixat de Hunt et al., 1991.

A la il·lustració 4 podem veure els efectes de la compactació d'un sòl sorrenc sobre el creixement de les arrels. La important reducció del creixement es veu esmorteïda per la incorporació de matèria orgànica.



Il·lustració. 5: Zisa et al., 1980.

A la il·lustració 5 podem veure això mateix pel cas concret de *Pinus nigra*. Podem observar com la resposta davant valors iguals de densitat aparent varia segons la textura del sòl. Així els afectes de l'augment de la densitat aparent són menors en sòls amb textures sorrenques.

La conseqüència immediata de la reducció del creixement radical és la disminució de la part aèria. Igualment la reducció de l'extensió i la major superficialitat de les arrels pot provocar problemes d'inestabilitat dels arbres i, per tant, risc de caiguda.

Realització de rases

(Arroyo et al., 1998; Watson, 1998)

L'obertura de rases prop de la base de l'arbre pot suposar la pèrdua de fins el 50% del sistema radical, provocant problemes d'estabilitat i viabilitat a l'arbre. En aquestes situacions seria necessari realitzar túnels o obrir les rases manualment per evitar o, si més no, disminuir l'afectació de les arrels.

Modificacions de cota

(Arroyo et al., 1998; Watson, 1998)

Cobrir el sistema radical, ni que sigui en part, suposa modificar les condicions d'aeració i pot causar problemes molt seriosos si es fa amb material argilós o amb paviments sòlids.

En el cas de ser necessari modificar la cota del voltant de l'arbre, s'haurà d'intentar aportar materials porosos i permeables i, si és possible, preveure sistemes per assegurar l'arribada de l'oxigen a les arrels existents.

El rebaix també pot suposar la pèrdua del sòl amb les millors condicions aire/aigua i l'eliminació de les arrels més superficials.

Propostes de millora

Espai disponible per les arrels

(Arroyo et al., 1998; Watson, 1998)

Per tal de permetre un màxim desenvolupament de l'arbre haurem de procurar que els arbres disposin del màxim volum de sòl d'exploració. El volum de sòl i la superfície lliure ens determinaran la capacitat d'aeració i de subministrament d'aigua. Tenint present la morfologia general dels sistemes radicals haurem de donar major importància a l'amplada que no pas a la profunditat. Tanmateix, en funció de les característiques de la superfície d'escocell lliure i del material de recobriment, haurem d'augmentar el volum del forat per poder mantenir un comportament similar.

Una bona solució en arbrat d'alineació pot ser la realització de rases contínues en lloc de forats individuals.

Terres de suport

Una bona solució a les problemàtiques descrites podria ser la recerca d'una terra pels forats de plantació que permeti un bon creixement de les arrels i pugui minimitzar els efectes de la compactació.

- Terra d'arbres Amsterdam

(Couenberg, 1997; Kopinga, 1997).

La terra d'Amsterdam és el nom que reben unes barreges de terra àmpliament utilitzades a Holanda i que permeten un bon creixement de l'arbre i una bona resposta com a base per als paviments del voltant.

La terra d'arbres d'Amsterdam és una sorra de grandària mitjana (M_{50} entre 0,300 i 0,350 mil·límetres), un 4-5% de matèria orgànica i 2-4% d'argila. La presència de partícules de $\varnothing < 2\mu\text{m}$ no ha d'arribar al 2%. El nivell de nutrients és de 80 mil·ligrams de fòsfor, 200 mil·ligrams de potassi i 200 mil·ligrams de magnesi per quilogram de terra.

El seu grau de compactabilitat és moderat i, quan s'utilitza com a base de paviments, es compacta fins una resistència màxima a la penetració de 2,5 megapascals.

Per obtenir bons resultats és important realitzar correctament la barreja dels materials i evitar la compactació per pas de maquinària durant el procés de reblert dels forats de plantació.

- Barreges especials

(Bassuc et al., 1998; Kopinga, 1997; Kristoffersen, 1998)

Una solució que s'ha estudiat per evitar l'enfonsament dels forats de plantació pavimentats és l'ús de barreges de terra vegetal de qualitat amb grava, pedra matxucada, maons matxucats o lava matxucada. Aquests materials proporcionen a la barreja una estabilitat en front de les càrregues i li permeten mantenir un baix grau de compactació quan són sotmesos a un ús intens, el que permet que les arrels disposin d'un volum de terra molt superior.

Com en el cas anterior, per obtenir bons resultats és important evitar la compactació durant el procés de barreja i aportació.

Aeració vertical

(Chueca et al. 1998; Fàbregas et al., 2000; March et al. 1999; NTJ 14C:1999; Smiley, 1997; Watson, 1996 i 2002)

Per tal de millorar les característiques del sòl es poden realitzar forats al voltant de l'arbre. La distribució dels forats ha d'evitar malmetre, en la mesura del possible, les arrels en el procés d'obertura. Interessa especialment la substitució del sòl en aquelles zones que les arrels exploren, o sigui en les regions amb arrels actives, situades a una certa distància del tronc de l'arbre.

Un cop realitzada l'obertura cal fer la nova aportació de materials immediatament per evitar l'assecamment de les arrels i disminuir l'impacte causat a la planta. Normalment s'utilitzaran substrats porosos amb nivells correctes de fertilitat que millorin les condicions d'aeració i tinguin una bona retenció d'aigua. Quan l'objectiu és millorar el drenatge i l'aeració es poden utilitzar graves.

Els forats tenen una forma cilíndrica en posició vertical.

Substitució radial del sòl

(Chueca et al. 1998; Fàbregas et al., 2000; March et al. 1999; NTJ 14C:1999; Smiley, 1997; Watson, 1996 i 2002)

La substitució parcial d'un sòl és una operació encaminada a la correcció de problemes de salinització, compactació o contaminació dels sòls. Segons quin sigui el problema que presenti el sòl que es vol substituir i les característiques de l'arbre cal preveure quin substrat serà millor aportar.

La distribució de les rases ha de ser radial respecte el tronc de l'arbre per tal de malmetre la menor quantitat possible d'arrels durant l'obertura. En cap cas la rasa oberta ha d'estar a una distància inferior dels 50 cm del tronc, ja que s'ha d'evitar malmetre arrels amb funció estructural que poguessin afectar l'estabilitat de l'arbre. Com en el mètode anterior interessa realitzar-ho en les regions amb arrels actives i amb un reblert de les mateixes característiques dels descrits en l'anterior mètode.

Es poden utilitzar diferents procediments per a la realització de la substitució del sòl, com són l'obertura de rases amb mitjans manuals o mecànics o bé efectuant un rentat del sòl amb una mànega d'aigua a pressió i utilitzant una trompa aspiradora de pressió regulable per anar xuclant l'aigua.

Millores al sòl amb la inoculació de micorizes

(Chueca et al. 1998; Fàbregas et al. 2000; March et al. 1999; Marx et al. 1997; NTJ 14C:1999; Smiley, 1997)

L'inoculació de micorizes pot millorar l'absorció de nutrients i aigua del sòl, així com protegir-los d'algunes malalties. La informació disponible de l'aplicació en arbres ornamentals és escassa i amb resultats molt diversos.

Maquinària de descompactació i aeració

(Chueca et al. 1998; NTJ 14C:1999; Fàbregas et al., 2000; Smiley, 1997 i 2001)

La descompactació d'un sòl es pot realitzar mitjançant injecció d'aigua o aire a pressió. Amb la injecció d'aigua o aire s'aconsegueix fracturar el terreny i crear vies pel creixement de les arrels. Per tal de que l'efecte sigui més durador és bàsic reomplir aquestes esquerdes amb un material porós de lenta meteorització que mantingui la porositat i eviti que retorni ràpidament a les condicions de compactació anteriors.

Normalment s'aconsegueix treballar fins a profunditats d'entre 50 i 100 cm i caldria fer les perforacions a tota la zona de degoteig de l'arbre.

Els resultats obtinguts de l'ús d'aquest tipus de maquinària són bastant inferiors a la resta de mètodes relacionats.

Encoixinament

(Watson, 1996 i 2002; Chueca et al. 1998; March et al. 1999; NTJ 14C: 1999; Fàbregas, 2000; Smiley, 1997)

Consisteix en el recobriment natural o artificial d'una capa de materials (vegetals o no) que s'apliquen sobre la superfície del sòl per conservar la humitat, regular la temperatura, disminuir la compactació i l'enduriment del substrat o el sòl i reduir l'escorrentia, així com també per lluitar contra les males herbes i aportar matèria orgànica al sòl.

Es recomanable recobrir la major superfície possible al voltant del sòl amb un gruix d'entre 8 i 12 centímetres de material. Just al voltant del tronc de l'arbre s'ha de mantenir lliure formant un anell d'uns 2 o 3 centímetres per evitar podriments al coll de l'arbre.

Tot i que la resposta és més lenta que amb els mètodes de substitució del sòl, per la senzillesa del mètode, el reduït cost i l'absència d'estrès creat als arbres existents pot ser la millor solució en molts casos.

Bibliografia

- Bassuk, Nina; Grabosky, Jason; Trowbridge, Peter; Urban, James. *Structural soils: an innovate medium under pavement that improves street tree vigor*. 1998 American Society of Landscape Architects Annual meeting proceedings, pg 183 -185. 1998.
- Bracciano, Paolo. *L'arbre et les revêtements de surface*. Les cahiers d'arbre actuel n°2. Institut pour le Developpement forestier. 1995.
- Bradshaw, Antony; Hunt, Ben i Walmsley, Tim. *Trees in the urban landscape*. E & FN SPON. Regne Unit. 1995.
- Chueca, Jordi; Fàbregas, Xavier. *Problemas en el sistema de raíces de árboles urbanos, estado actual del trabajo de investigación en la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona*. Llibre de ponències del III Congreso de la Asociación Española de Arboricultura. Terrassa, 1998.
- Chueca, Jordi. *Problemática asociada al arbolado existente en los parques urbanos y periurbanos de nueva creación*. Conferència presentada al Congreso Internacional de IFPRA. Madrid, 1997.
- Col·legi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles de Catalunya. *Manteniment i conservació dels espais verds. Manteniment de l'arbrat: Poda. NTJ 14C: Part 2*. Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme. Barcelona, 1999.
- Col·legi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles de Catalunya. *Manteniment i conservació dels espais verds. Manteniment de l'arbrat: Altres operacions. NTJ 14C: Part 3*. Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme. Barcelona, 1999.
- Couenberg, A.M. *Tierra para arboles Amsterdam*. La cultura del arbol n°14. 1997.
- Drenou, C., *La poda de los árboles ornamentales. Del por qué al cómo*. , Mundi-Prensa, Madrid, 2000.
- Fàbregas, Xavier; Chueca, Jordi; Junqueras, Roger; March, Àlex. *Respuesta de Celtis australis a mejoras en el suelo*. Comunicació al IV Congrés ISA Europa i V Español d'Arboricultura. Pg 299-305. València, 2000.

- Gilman, E.F. *preedicting root spread from trunk diameter and branch spread*. Journal of Arboriculture 14(4) 1988.
- Hunt, Ben; Bradshaw, Antony i Walmsley, Tim. *The importance of soil physical conditions for urban tree growth*,. In Research for Practical Arboriculture (ed. S.J. Hodge) Forestry Commission Bulletin 97, HMSO, London, pp. 51-62. 1991
- Kopinga, Jitze. *Selecting and preparing sites for urban trees*. Proceedings of the fifth conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance. 1985
- Kopinga, Jitze. *Tratamientos especiales para las raíces de los arboles*. La cultura del arbol nº16. 1997
- Kristoffersen, Palle. *Designin urban pavement sub-bases to support trees*. Journal of Arboriculture 24 (3) Maig 1998.
- Maillet, L.; Bourgerie, V. *L'arboriculture urbaine*. Institut pour le Développement Forestier. France, 1993.
- Marx, D.H.; Murphy, M.; Parrish, T.; Marx, S.; Haigler, D.; Eckard, D. *Root response of mature live oaks in costal South Carolina to root zone inoculations with ectomycorrhizal fungal inoculants*. Journal of Arboriculture 23(6) November 1997
- Raimbault, Pierre. *Quelques observations sur les systemes racinaires des arbres de parcs et d'alignement: diversite architecturale et convergence dans le developpement. L'arbre. Biologie et developpement C*. Edelin ed.- Naturalia Monspelienia nº h.s. 1991.
- Rutherford, Bill. *Soil bulk density*. Arborist news 9 (5) Octubre 2000.
- Smiley, E. Thomas. *Treating soil compaction near trees, new techniques can you help overcome the challenging problem of soil compaction around established trees*. Ground Maintenance. 32, 1997.
- Smiley, E. Thomas. *TerraventTM : soil fracture patterns and impact on bulk density*. Journal of Arboriculture 27 (6) Novembre 2001.
- Watson, G. W. *Soil replacement: Long-term Results*. Journal of Arboriculture 28 (5) Sept 2002.
- Watson, G.W.; Neely, D. *The landscape below ground*. International Society of Arboriculture. Savoy, Illinois, 1993.
- Watson, G.W.; Neely, D. *Trees and building sites*. International Society of Arboriculture. Savoy, Illinois, 1995.
- Watson, G.W. et al. *Replacing soil in the root zone of mature trees for better growth*. Journal of Arboriculture 22 (4) July 1996.
- Watson, G.W. *Crecimiento de raíces en suelos urbanos*. Llibre de ponències del III Congreso de la Asociación Española de Arboricultura. Terrassa, 1998.
- Watson, G.W.; Himelick, E.B. *Principles and practice of planting trees and shrubs*. International Society of Arboriculture. Savoy, Illinois, 1997.
- Watson, G.W.; Kelsey, P. *Soils: the root of tree problems*. Arbor Age. 1993.
- Watson, G.W.; Milauskas, S. *Tree roots in urban landscapes*. Zisa, R.P.; Halverson, H.G. i Stout, J.B. *Establishment and early growth on compost soils in urban areas*. USDA Forest Service Research Paper NE 451. Article de la web del Morton Arboretum, 1998.