

Seleção de fontes e manejo na propagação vegetativa

- **Plantas genótipo idêntico:**
 - estaquia
 - mergulhia
 - enxertia
 - estruturas especiais:
 - estolhos, bulbos, cormos, rizomas, tubérculos, xilopódios
 - micropropagação
 - meristemas, gemas, embriões, protoplastos
 - Tecnologia do DNA recombinantes (engenharia genética)
- **Totipotência celular:**
 - toda célula viva e nucleada é potencialmente capaz de regenerar um indivíduo completo e idêntico (clonagem)

- **Agricultura antiga:**
 - videira, oliveira e figueira
- **Clone:**
 - população de plantas com mesma base genética resultante de única planta
 - uniformidade genética:
 - fenótipo
 - susceptibilidade dos clone
 - Sem sementes:
 - laranja-baía
 - Clones antigos (2000 anos)
 - uvas: “Thompson Seedles”, “Cabernet Sauvignon”
 - pêra: “Bartlett”
 - maçã: “Delicious”
- **Redução da juvenilidade**

- **Variantes:**

- variabilidade entre clones:

- ambiente, idade, condições fisiológicas
 - não perpetuadas com a propagação vegetativa

- variação genética:

- mutações → variação somática

- nuclear ou plastídica/mitocondrial

- visível ou latente

- quimeras:

- » porções de uma mesma planta com genomas diferentes

- » transposons

- » plantas ornamentais

- variação epigenética:

- expressão gênica sem alterações nos genes

- associadas RNA, proteínas estruturais/enzimas regulatórias

- revertidas durante a formação do zigoto

- **Variantes x novas cultivares ?**

Quadro 2. Resumos das fontes de variabilidade observadas nos clones:

I. Fenotípicas (desenvolvimento e ambiente):

Perífise (adiantamento ou acerto causado pelo ambiente sem efeito permanente na maturidade genética da planta)

II. Epigenéticas (mudanças de fase)

Topófise: posição do propágulo na planta-mãe

Ciclofise: idade ontogênica do meristema apical

III. Alterações genéticas e quimeras:

Mutações:

Gênica e cromossomal

Mitocondrial

Cloroplastídica

Variação em cultivares ou espécie-específica

IV. Patogênica:

Sistêmica:

Vírus ou tipo-vírus

Viróide

Organismos do tipo micoplasma

Organismos do tipo rickettsia

Nematóides

Certas bactérias

Patógenos não sistêmicos:

Bactérias

Fungos

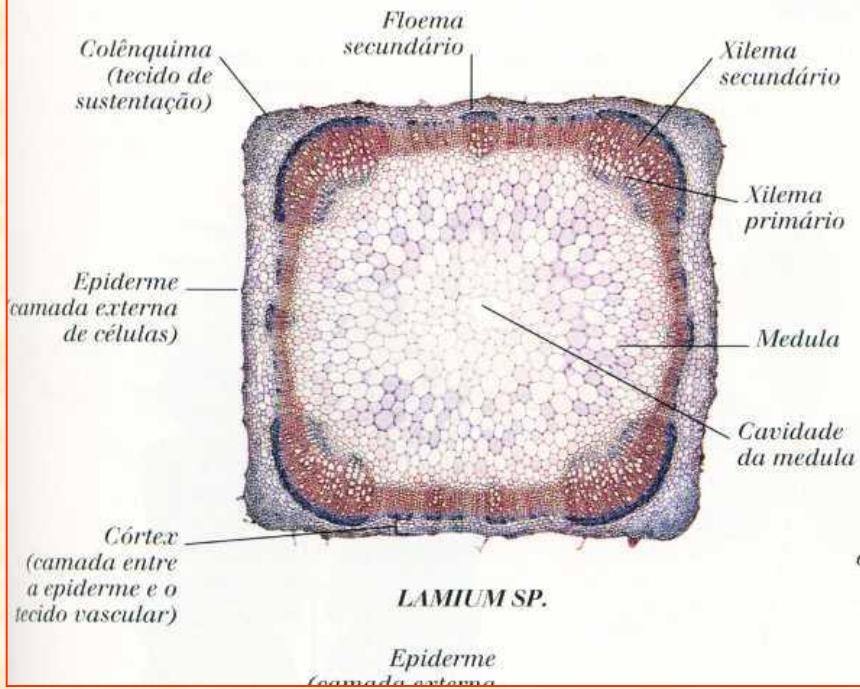
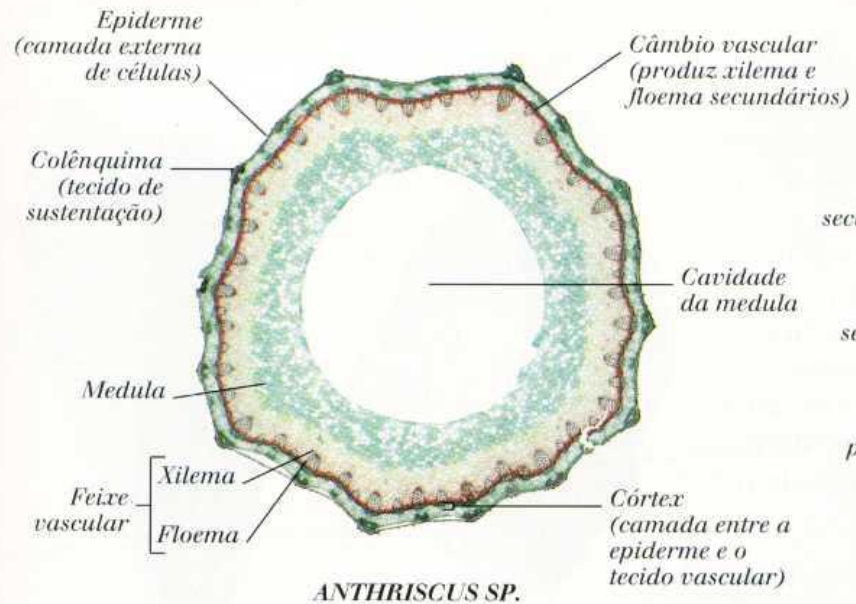
Bases anatômicas e fisiológicas da propagação por estacas

- **Totipotência e desdiferenciação:**
 - desdiferenciação: capacidade de retorno à condição meristemática
- **Raízes adventícias:**
 - origem diferente da observada durante a embriogênese
 - naturais: “escoras” milho (intercalares), figueira-de-bengala, rizomas e bulbos
 - pré-formadas: naturais (pode emergir ligada à planta-mãe)
 - cicatrização: somente após estaca ser produzida (*de novo*)
 - resposta ao ferimento:
 - » morte de células (placa necrótica → cortiça, suberina, gomas)
 - » formação do calos (periderme de cicatrização)
 - » células próxima ao câmbio e floema iniciam divisão originando o primórdio radicular



- **Anatomia da formação do primórdio radicular:**
 - desdiferenciação células específicas
 - formação iniciais radiculares próximas tecido vascular
 - iniciais originam o primórdio radicular
 - crescimento e emergência do primórdio paralelamente à conexão vascular
- **Localização anatômica no caule:**
 - herbáceas: próximo ou entre feixes vasculares
 - lenhosas perenes: células de parênquima ativas entre xilema e floema secundários, podendo originar raios vasculares, câmbio, floema, lenticelas e medula
 - periciclo e endoderme

FOTOMICROGRAFIAS DE CORTES TRANSVERSAIS DE VÁRIOS



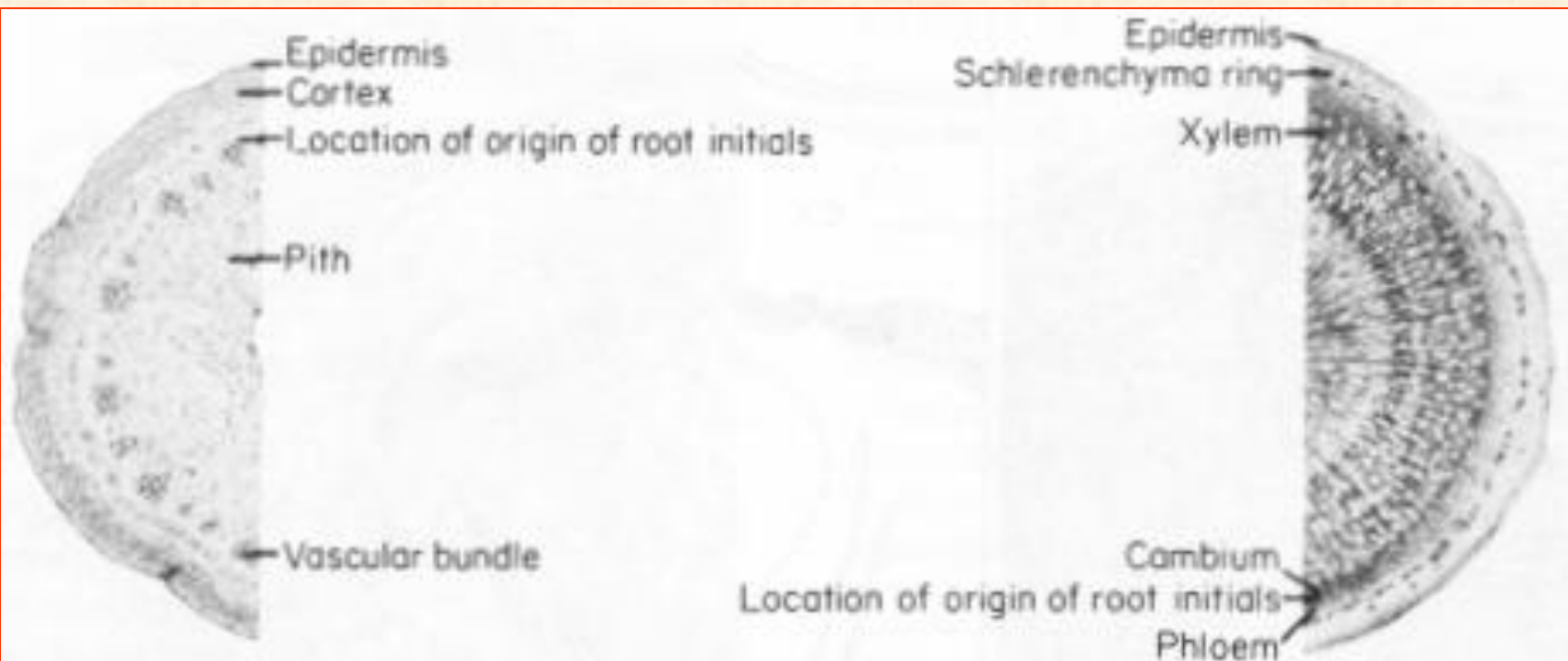


FIGURE 9-2 Stem cross sections showing the usual location of origin of adventitious roots. *Left:* Young, herbaceous, dicotyledonous plant. *Right:* Young, woody plant.

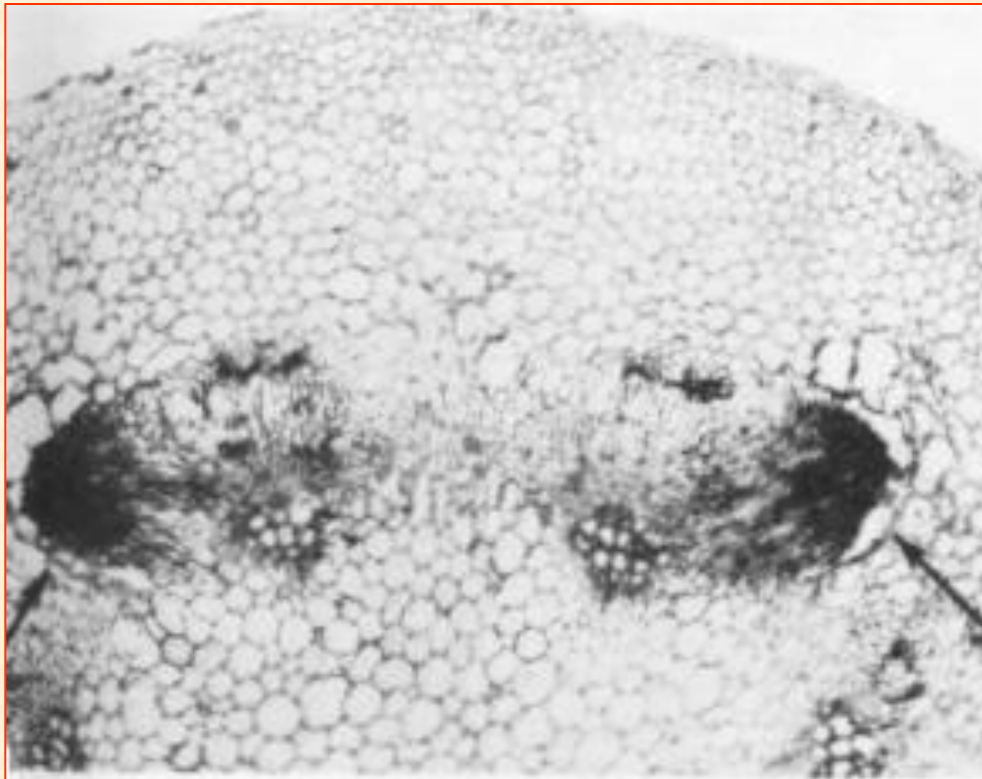


FIGURE 9-3 Adventitious root primordia (arrows) arising laterally and adjacent to vascular bundles in the castor bean (*Ricinus communis*), a herbaceous plant. Vascular connections will develop between the adventitious roots and the plant's vascular bundles. Epidermis is at top, pith at bottom. (From Priestley and Swingle (239).)

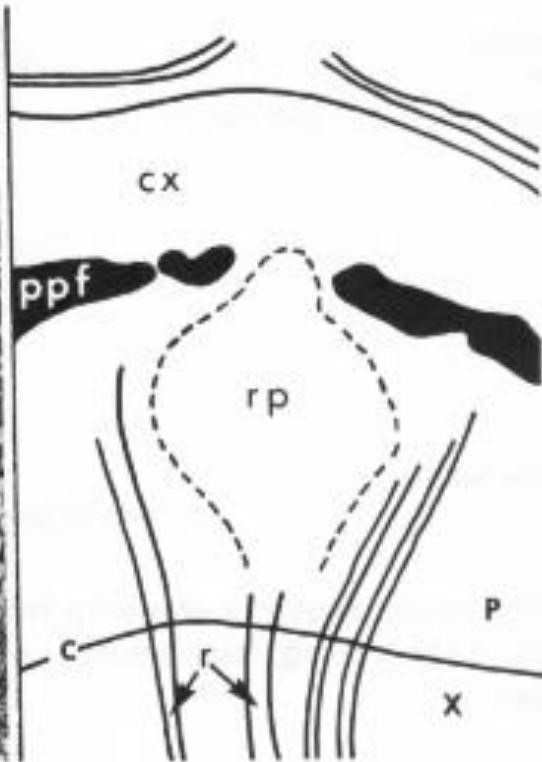


FIGURE 9-4 Tissues involved in adventitious root formation in 'Brompton' plum hardwood cuttings. cx, cortex; ppf, primary phloem fibers; rp, root primordium; p, phloem; r, rays; c, cambium; x, xylem. (Courtesy A. Beryl Beakbane, East Malling Research Station (12).)

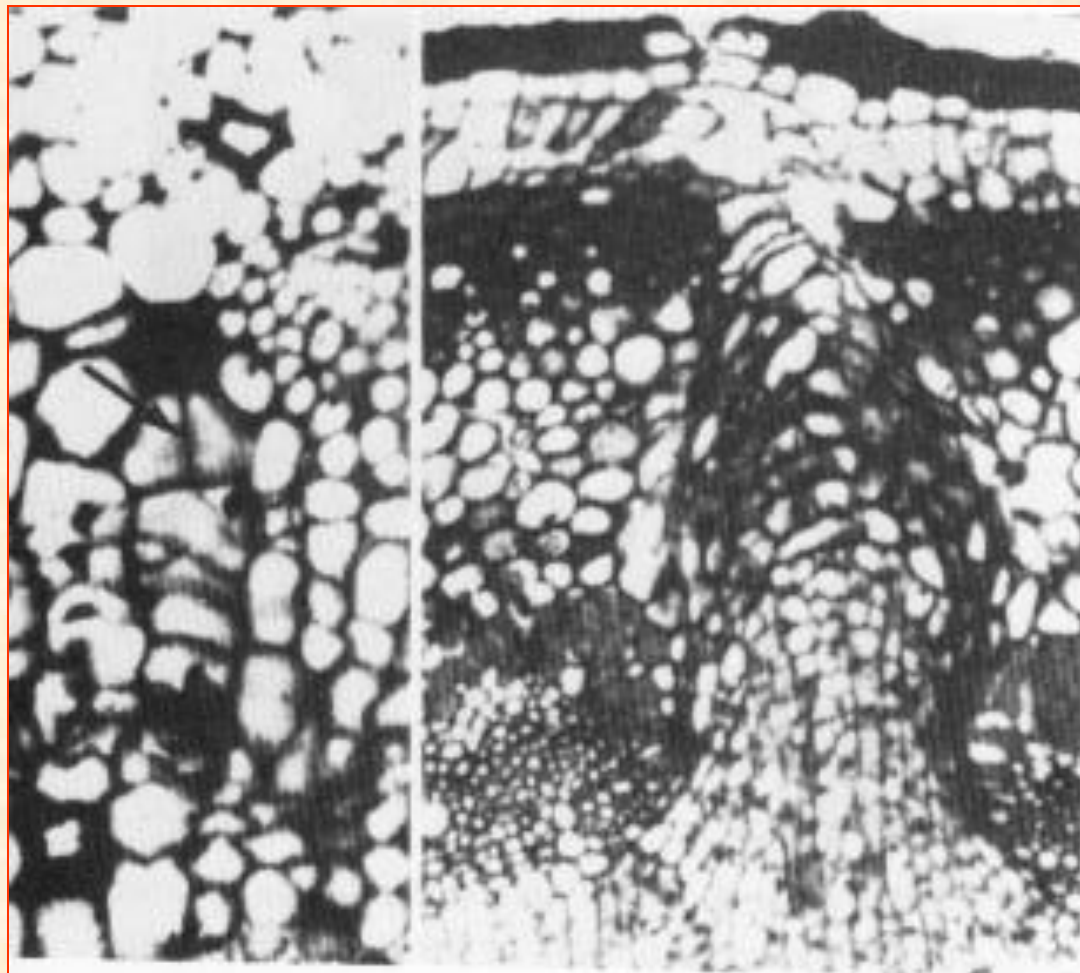
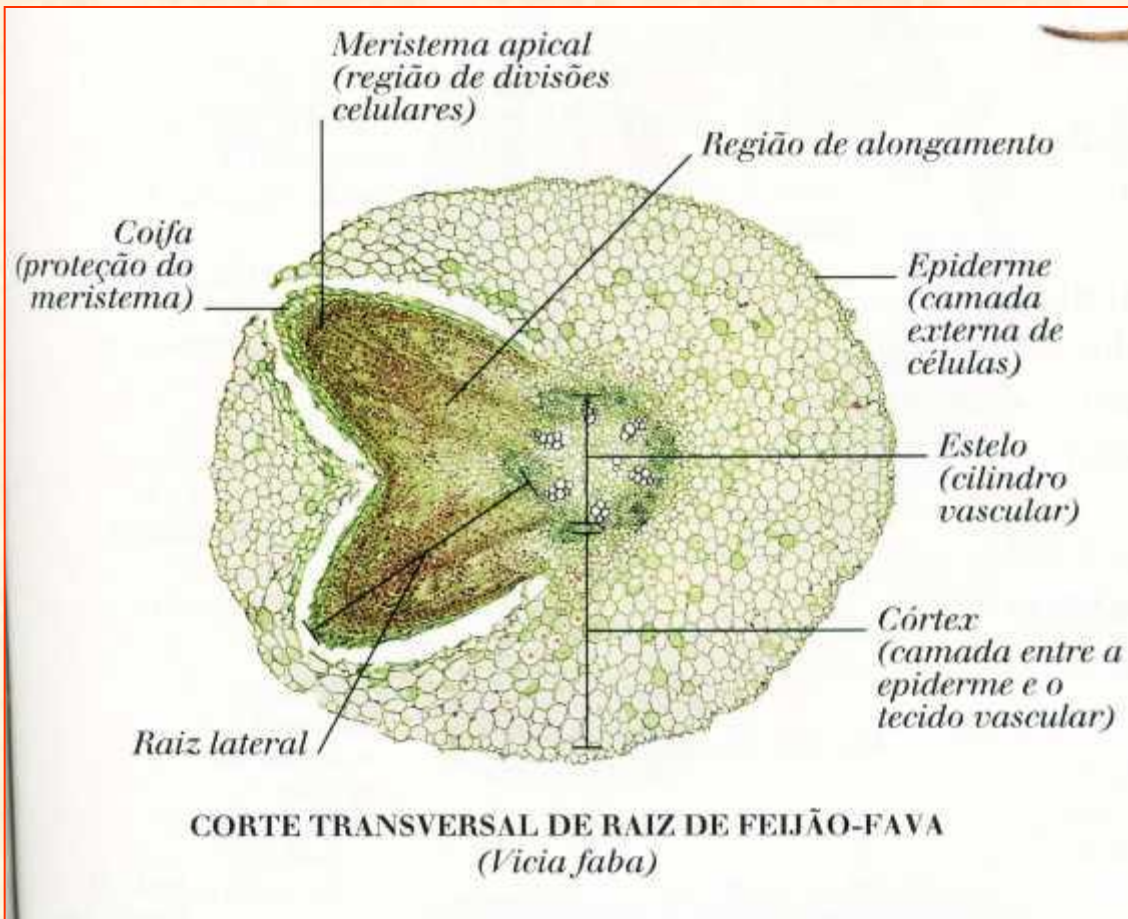


FIGURE 9-5 Developmental stage of rooting in mature cutting of *Ficus pumila*. First anticlinal division of phloem ray cell occurs during dedifferentiation (*left*) (see arrow), and a young root primordium elongates through the cortex (*right*) (50).



- **Calos:**

- observados durante o enraizamento
- processos independentes
- simultaneidade dependente de condições internas e ambientais similares

- **Anel de esclerênquima:**

- camada contínua entre floema e córtex
- *Hedera helix* e *Ficus primula* - estacas recalcitrantes
- auxinas:
 - quebra do anel de esclerênquima
 - expansão celular, proliferação córtex, floema e câmbio

- **Estacas de folhas:**

- raízes de meristemas primários e secundários
- raízes: origem células entre feixes
- brotações: células sub-epidérmicas
- begônia, *Bryophyllum*, *Saintpaulia*

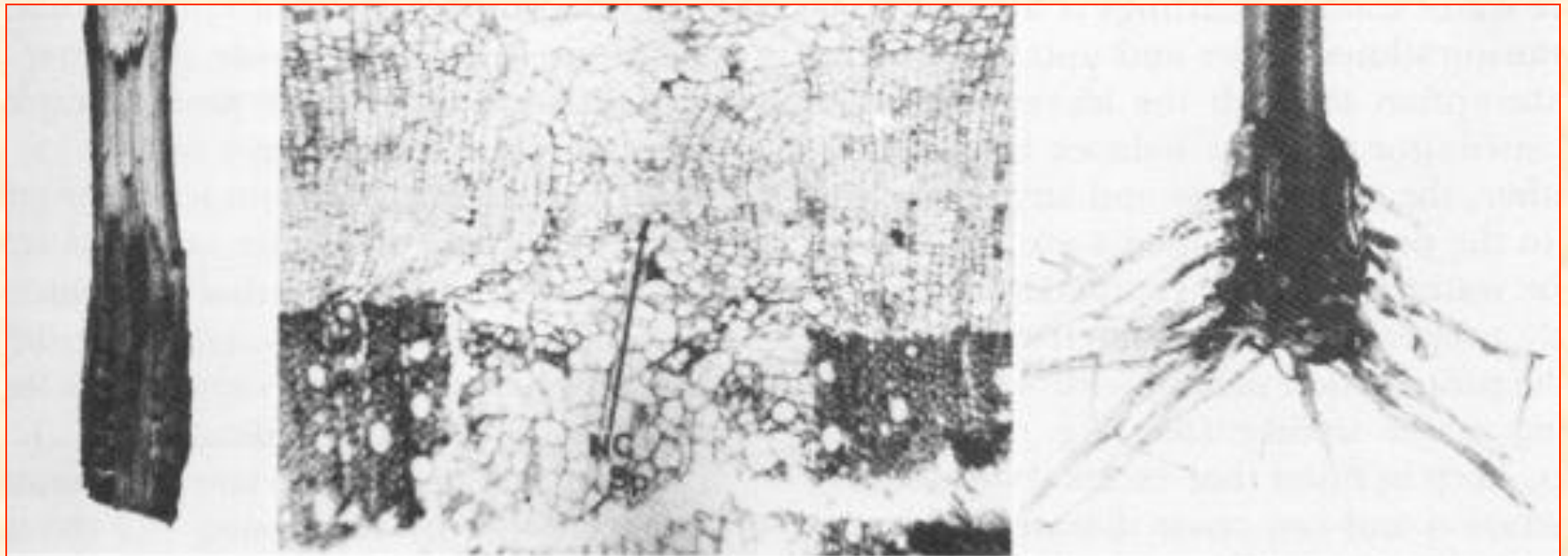


FIGURE 9-25 *Left:* Split-base treatment. One half of the split stem base has been removed to show the nodular callus in the split. *Middle:* Split base—transverse section near the apex of the wound. The split (Sp) here is narrow and, consequently, the new cambium (NC) re-forms across the split instead of forming salients as in, *right*, split base. Note roots emerging in ranks from the wound. (From MacKenzie, Howard, and Harrison-Murray (207).)

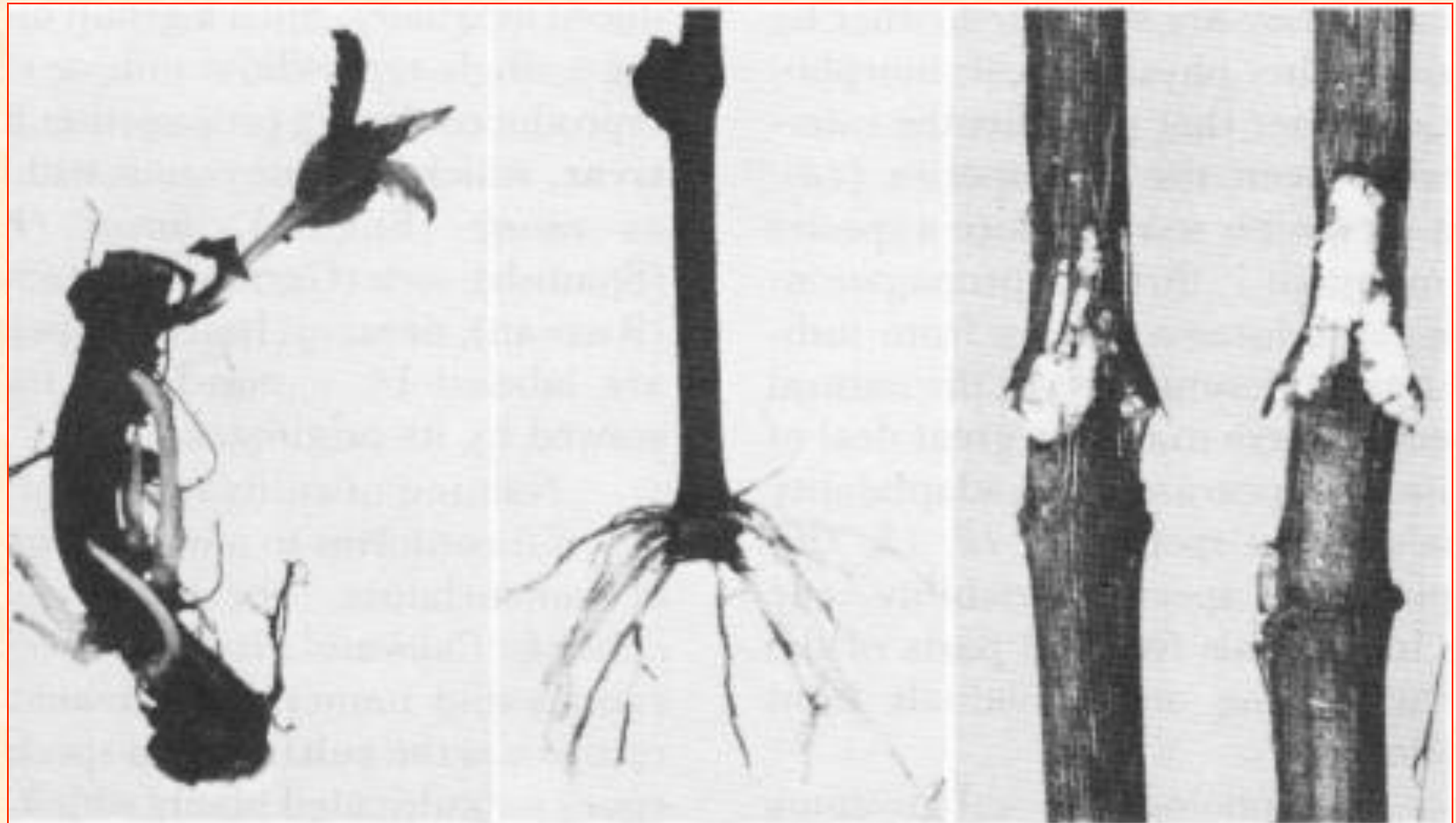


FIGURE 1-6 Types of regeneration occurring in asexual propagation. *Left:* Adventitious shoots growing from a root cutting. *Center:* Adventitious roots developing from the base of a stem cutting. *Right:* Callus tissue produced to give healing of a graft union.

Anel de esclerênquima

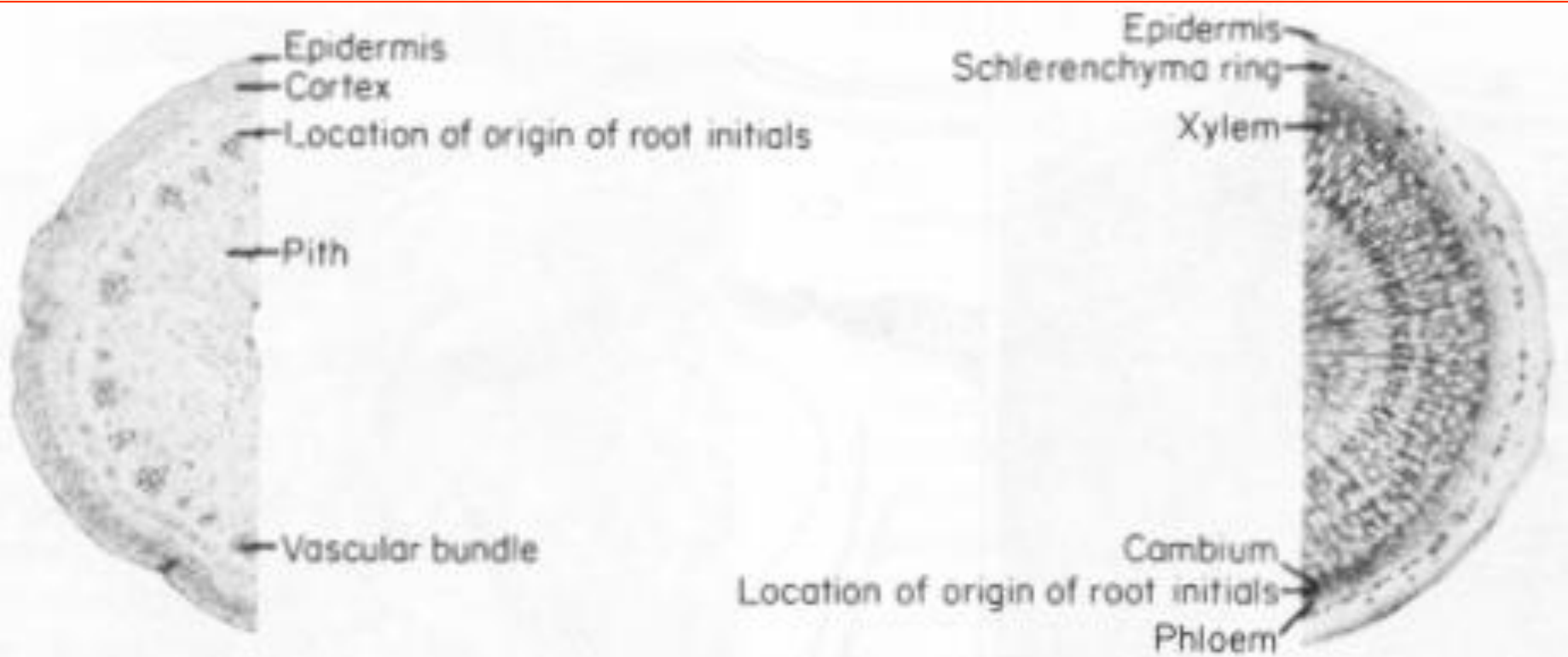


FIGURE 9-2 Stem cross sections showing the usual location of origin of adventitious roots. *Left:* Young, herbaceous, dicotyledonous plant. *Right:* Young, woody plant.

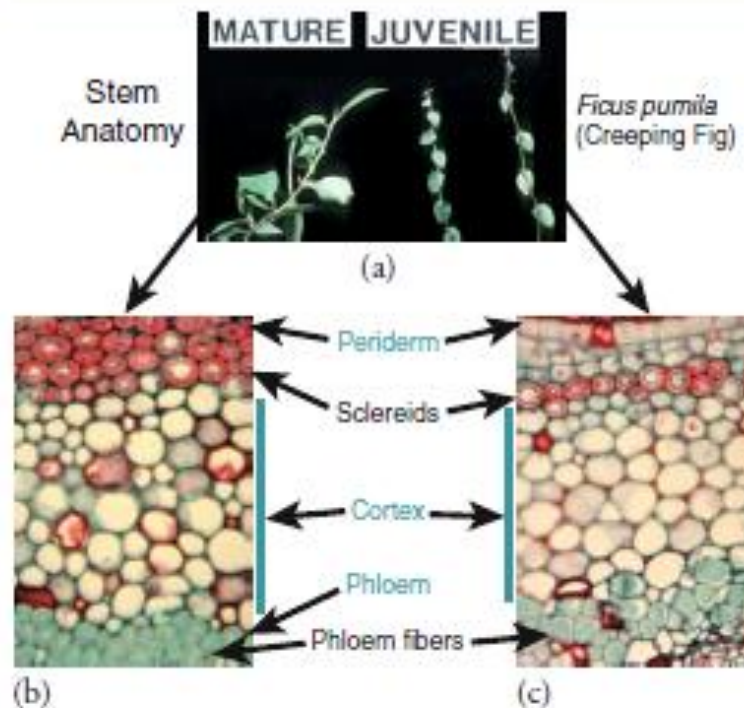


Figure 6

Shoot morphology (a) In juvenile and mature *Ficus pumila*. Cross section from (b) mature and (c) juvenile stems from the outside periderm to phloem fibers. Rarely are sclereids or phloem fibers a barrier that prevents adventitious rooting.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 19

(a and b) A paper pot system direct sticking (direct rooting) liner plants in paper tubes filled with peat-lite media. (b) Paper pot sleeve liner (arrow) inserted in plastic tray. (c) Rooted poinsettia in paper sleeve tube. (d) Plastic rooting tray with ribs (arrow) to reduce root circling of poinsettias during propagation and rooted liner development.

**Figure 26**

(a) Redwood containers used for large nursery specimen tree production. (b) Wood containerized tree and heavy equipment required to lift it. (c) A large, 8- to 9-year-old specimen tree produced in a 183 cm (72-in) box, weighing in excess of 3700 kg (8100 lbs). The enormous weight of the rootball will require a crane for lifting at the landscape site. The box is easier for landscapers to handle than heavy-duty plastic container that would need to be cut up.

poly tubes are open-ended, which reduces girdling problems. After planting, they cannot be stacked as easily as the rigid containers for truck transportation—the polybags often break, and the root system of the plant is more easily damaged.

A low-cost method of propagating some easy-to-root species is with a polyethylene plant roll. The basal ends of the cuttings are inserted in damp peat moss or sphagnum and rolled into the doubled-over plastic sheeting. The roll of cuttings is then set upright in a humid location for rooting. Polyethylene starter pouches with an absorbent paper inserted in the pouch are used for germinating selected seed lots.

Wood Containers

Large cedar-wood containers or boxes are used for growing large specimen trees and shrubs to provide “instant” landscaping for the customer. Some of the specimen trees are 8 to 9 years old and weigh up to 3700 kg (8100 lbs). Heavy moving equipment is required for handling such large nursery stock (Fig. 26).

MANAGEMENT OF MEDIA AND NUTRITION IN PROPAGATION AND LINER PRODUCTION

Media and Mixes for Propagating and Growing Young Liner Plants

Various substrates and mixtures of materials are used for germinating seeds and rooting cuttings. For good results, the following characteristics of the medium are required (51):

- The **medium must be sufficiently firm and dense** to hold the cuttings or seeds in place during rooting or germination. Its volume must be fairly constant when either wet or dry; excessive shrinkage after drying is undesirable.
- It should be **highly decomposed and stable** (preferably with a 20C:1N ratio) to prevent N immobilization and excessive shrinkage during production.
- It must be **easy to wet** (not too hydrophobic) and retain enough moisture to reduce frequent watering.

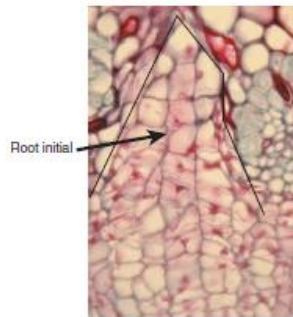


Figure 8
Root initial development in *Ficus pumila* with the meristematic zone in the phloem ray becoming more organized during stage II of adventitious root formation—root initial formation.

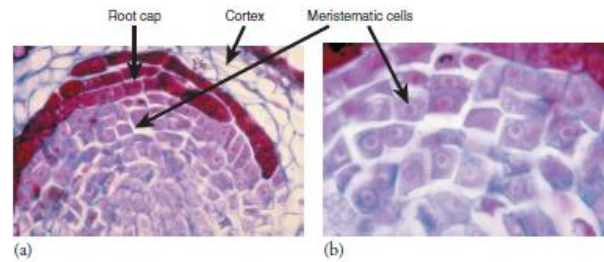


Figure 9
Development of a fully organized meristem during stage III of adventitious root formation—root primordia formation. (a) The root cap of the adventitious root has become organized, and (b) meristematic cells are characterized with isometric cell walls, deeply staining cytoplasm, and large nuclei in a *Ficus pumila* cutting.

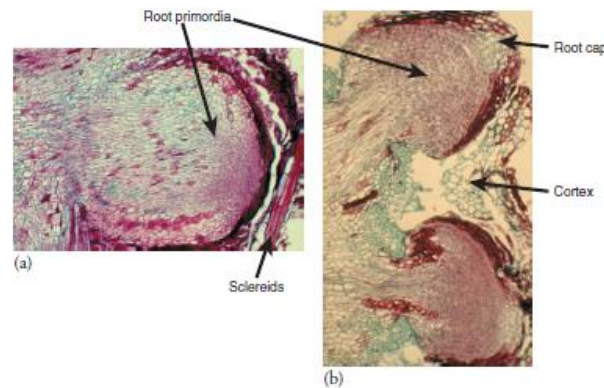


Figure 10
Elongation of root primordia during stage IV of adventitious root formation—root elongation. (a) Longitudinal section with root primordia elongating through the cortex, pushing out sclereids in the exterior of the cortex. (b) Cross-section of two adventitious primordia elongating through the cortex and periderm in a *Ficus pumila* cutting.

and physiological conditions for root initials to form, rather than to the mechanical restriction of a sclerenchyma ring barring root emergence (59, 245, 293).

Thus, two patterns of adventitious root formation emerge: **direct root formation** of cells in close proximity to the vascular system (i.e., generally more easy-to-root species); and **indirect root formation**, where nondirected cell divisions, including callus formation, occur for an interim period before cells divide in an organized pattern to initiate adventitious root primordia (i.e., generally more difficult-to-root species). See the flow diagram of adventitious root formation (Fig. 11) (98, 185).

Callus Formation: Rooting and Bud (and Shoot) Organogenesis

Root Organogenesis
Callus is an irregular mass of parenchyma cells in various stages of

callus An irregular mass of parenchyma cells in various stages of lignification.

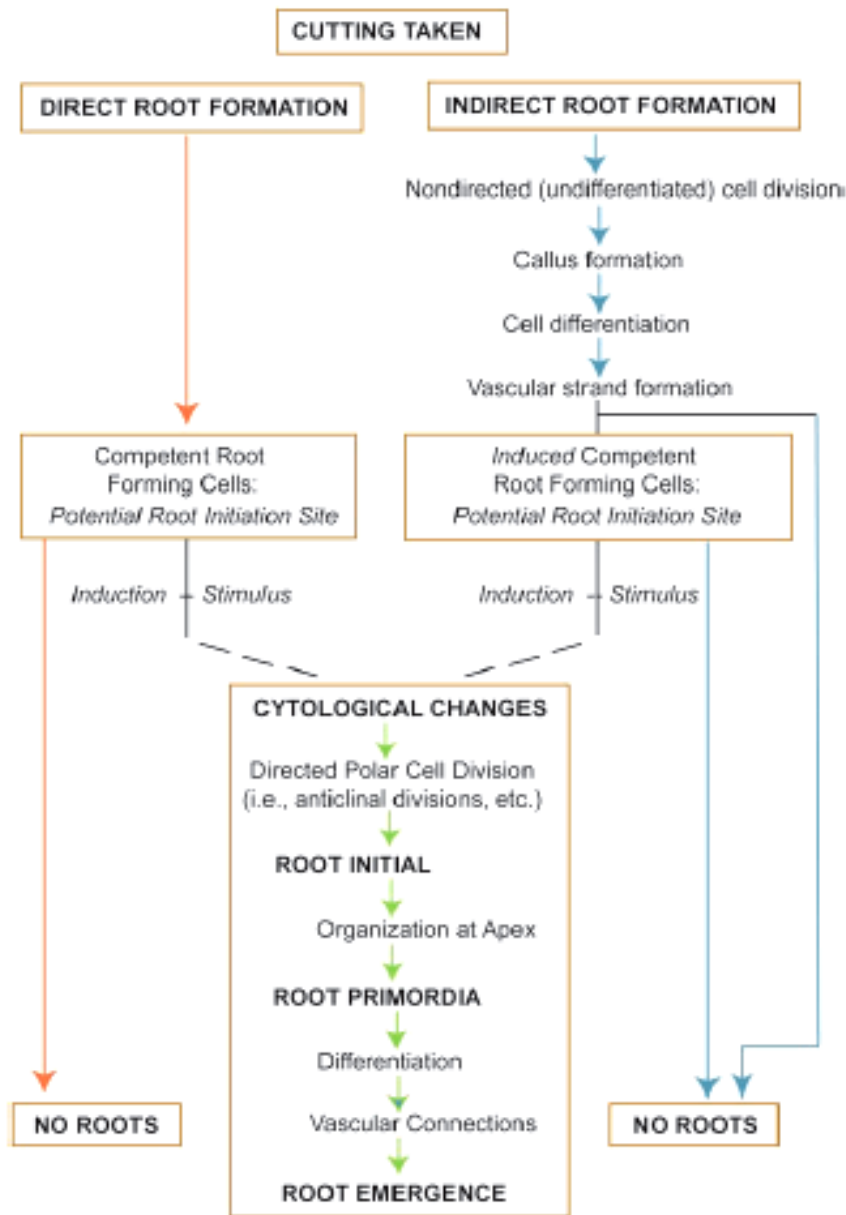


Figure 11

Flow diagram of adventitious root formation through direct (cells in close proximity to vascular system—i.e., generally more easy-to-root species) and indirect model (interim period of undifferentiated cell division—i.e., generally more difficult-to-root species). When a potential root initiation site is already present the initial cell divisions lead to root production *in situ*. When a site is not present, alternative routes leading to the creation of a site are shown. Rooting does not always occur. Modified from Lowell and White (1983) and Geneva (98).



(a)



(b)



(c)

Figure 24

Forcing softwood cuttings from woody stem segments to propagate hardwood species. (a) River birch shoot forcing under intermittent mist, (b) shoot forcing of white ash and silver maple, and (c) epicormic shoots from forced silver maple—will later be harvested as softwood cutting and rooted under mist (223). Courtesy J. E. Preece.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 4

(a and b) Hardwood cuttings of narrow-leaved evergreens being prepared for sticking. (c) Bundled cuttings ready for propagating. (d) Quick-dipping (arrow) cuttings in auxin rooting solution. Photos (a), (b), and (d) courtesy V. Pripi.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 5

(a and c) Outdoor propagation of narrow-leaved evergreen cuttings. (b) Propagation in mistbed under protected culture. (c) Cuttings of *Thuja*, *Taxus*, and *Juniperus* cultivars, are struck in the concrete sand of the beds between the railroad ties (117). (d) Rooted cuttings being harvested. Photos (c) and (d) courtesy V. Pripi.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 6

Semi-hardwood cuttings of (a and b) Magnolia and (c and d) hibiscus.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 34

Preventative disease control measures: (a and b) Collecting cuttings in buckets containing cups for periodically disinfecting knives and shears. (c and d) Soaking cuttings in a broad-spectrum fungicide and bactericide prior to treating with rooting hormones and sticking. (d) Cuttings put in wire basket and soaked in chemical bucket. (With the current Worker Protection regulations, individuals utilizing chemicals with cuttings are considered to be pesticide handlers and need to be properly trained. Any chemical usage needs to comply with the manufacturer's recommendation; see the OSHA web site, www.osha.gov).

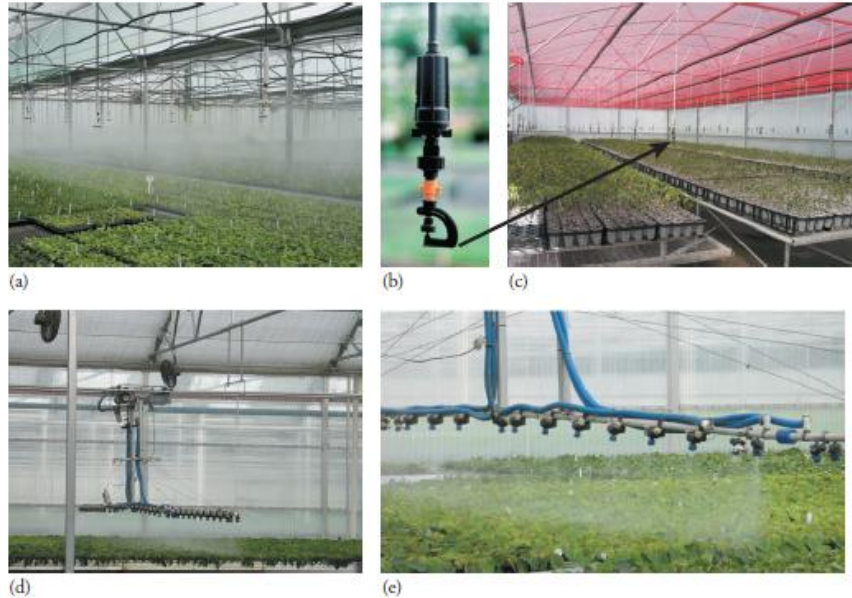


Figure 39
Versatility of mist systems hung from the propagation roof allowing more efficient propagation bench utilization per unit area. (a, b, and c) Netafim plastic impact nozzle system. (b) Netafim sprinkler with a check valve to prevent dripping between misting intervals. (c) Red shade cloth shifts light quality to the red and far-red, which can enhance rooting of cuttings. (d and e) Boom mist propagation system for large propagation areas.

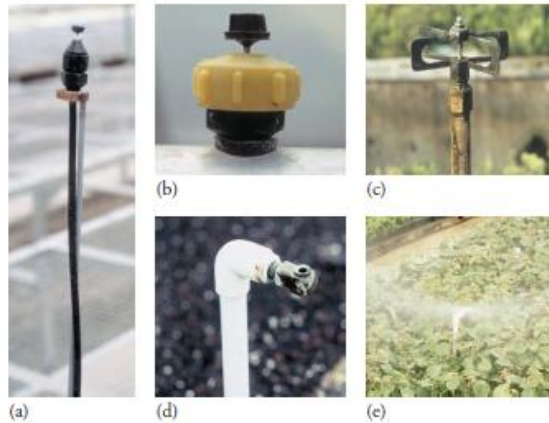


Figure 40
Mist nozzle systems: (a and b) Deflection-type mist nozzles made of hard plastic (Eddy-mist) or (c) metal. (d and e) Parasol, brass pressure jet or whirl-type nozzles.

Estacas de folhas:



FIGURE 10-13 Leaf cuttings of *Sansevieria*. *Left:* The thick, leathery leaves are cut into pieces 7.5 to 10 cm (3 to 4 in.) long. To avoid trying to root upside down, the basal end can be marked by cutting on a slant as shown with two of the cuttings. *Right:* Development of the plant. The original cutting does not become a part of the new plant.



FIGURE 10-15 Leaf cuttings of African violet (*Saintpaulia*). *Left:* Each cutting consists of a leaf blade and petiole. *Right:* Leaf cuttings after rooting. One or more new plants will form at the base of the petiole. The original leaf can be cut off and used again for rooting.



FIGURE 10-17 Leaf cuttings of *Kalanchoe pinnata* (*Bryophyllum pinnata*), air plant. *Left:* New plants developing from foliar "embryos" in the notches at the margin of the leaf. *Right:* Leaves ready to lay flat on the rooting medium. They should be partially covered or pegged down to hold the leaf margin in close contact with the rooting medium.

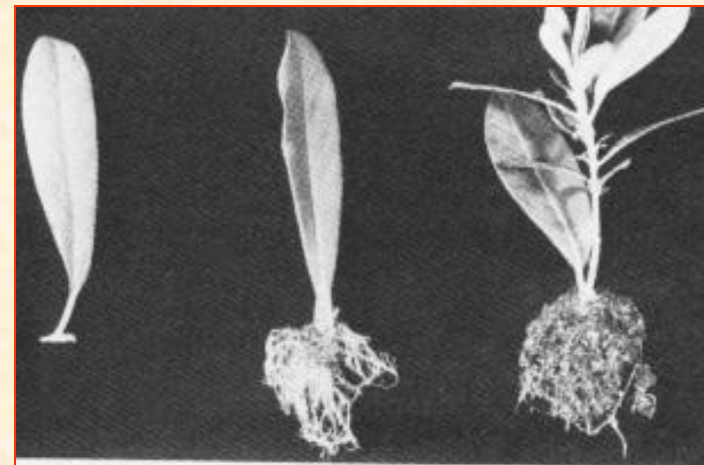


FIGURE 10-18 Leaf-bud cutting used in the propagation of rhododendrons. *Left:* Cutting when made. *Center:* Root development after several weeks. *Right:* Appearance of root ball and new shoot after five months. (Courtesy H. T. Skinner.)

OBTENCIÓN DE ESQUEJES FOLIARES DE GLOXINIA



1 Seleccione una hoja sana y madura, sin dañar, lo más aplanada posible (aquí, *Sinningia speciosa*). Sepárela de la planta y utilice un escalpelo limpio para dividir la hoja en secciones transversales, cada una de 4 cm. Llene la mitad de una bandeja semillera con un sustrato a partes iguales de turba y arena fina.



Los esquejes no deberían tocarse

2 Coloque los esquejes planos sobre la superficie del sustrato y asegúrelos con horquillas de alambre sobre las nerviaciones principales para mantener los esquejes en íntimo contacto con el sustrato. Etiquete, riegue y cubra la bandeja para mantenerla húmeda.

Formación de diminutos tubérculos



3 Mantenga los esquejes alejados de la luz solar directa a una temperatura de unos 18 °C. En 3-4 semanas, los diminutos tubérculos empezarán a formarse. Deje que las hojas viejas se pudran y plante los tubérculos a una profundidad del doble de su altura.

ESQUEJES DE HOJA ENTERA



Extraiga una hoja con el pectolo y un pequeño fragmento o talón de la base del tallo principal. Colóquela erguida en una maceta preparada de forma que se mantenga sobre la superficie. Etiquete, riegue y cubrala con una bolsa de plástico, separada de la planta con unas cañas. Trátela como en el paso 3.

YEMAS ADVENTICIAS



Algunas plantas, en su mayoría suculentas, como *Kalanchoe daigremontiana*, son capaces de reproducirse vegetativamente con gran facilidad mediante la producción de pequeñas plántulas, denominadas yemas adventicias, en el margen de las hojas. Una vez finalizado su desarrollo, caen al suelo y enraizan.

Hoja parental
(de Pachyphytum)



ESQUEJE DE HOJA ENTERA Algunas plantas presentan yemas latentes en la base de la hoja capaces de producir nuevas plantas.

Plántula (de Begonia) que se forma donde se unen las nerviaciones



ESQUEJE DE PARTE DE LA HOJA Unas pocas plantas se regeneran a partir de tejido foliar. Obtenga fragmentos de la hoja u hojas adultas dañadas durante el crecimiento.

Nuevo brote (de Camelia) que se desarrollará a partir de la yema foliar



ESQUEJE DE YEMA FOLIAR En algunas plantas es posible obtener esquejes de tallos jóvenes con un tallo corto y una sola hoja.

Raíces nuevas (de Acanthus)



ESQUEJES DE RAÍZ Pueden tomarse raíces fuertes y sanas del grosor de un lapicero o de grosor medio durante el periodo de latencia.

Bases fisiológicas formação de raízes e brotações

- **Histórico:**

- Duhamel (XVIII): enraizamento decorrente transporte de substâncias da PA para base
- Sachs (1882): substância específica folha → base
- van der Lek (1925): presença de gemas
- Went (1929): extratos de folha de *Acalypha* promove enraizamento na espécie e em mamão
- Bouillene e Went:
 - cotilédones, folhas ou gemas ativas → rizocalina
- Went (1938): fatores sintetizados nas folhas + auxina
- Bouillene e Bouillene-Walrand:
 - rizocalina:
 - fator foliar específico (orto-dihidroxifenol)
 - fator não específico (auxina)
 - uma enzima específica - polifenol oxidase (periciclo, câmbio ou floema)
 - orto-dihidroxifenol reage com auxina na presença da enzima dando origem à rizocalina

- **Fitormônios ou fitoreguladores:**

- auxinas: essenciais primeiras divisões na rizogênese
 - AIA (triptofano)
 - AIB
 - ANA
- relação auxina x citocinina
- giberelinas:
 - inibição em concentrações elevadas
 - previne as primeiras divisões celulares
 - efeitos síntese de proteínas e ácidos nucléicos
- retardantes de crescimento:
 - geralmente aumentam a capacidade de enraizamento
- etileno:
 - aumento, redução ou nenhum efeito ?

- **Fenóis:**

- protegem o AIA da degradação enzimática
 - catecol
 - floroglucinol (1,3,5-trihidroxi benzeno) - maçã e pêra
- metileno oxindol

- **Interação bioquímico x anatômica:**

- auxina necessária inicialização, inibe organização e crescimento (importância sistema enzimático)
- sistema enzimático controlado por *o*-fenóis
- sem resposta aplicação exógena de auxinas:
 - falta de enzimas formação do conjugado auxina-fenol, falta ativadores enzimáticos, enzimas inibidoras, separação física (compartimentação celular)

- **Iniciação radicular (classes):**

- tecidos com todas as substâncias presentes
- cofatores presentes mas auxina limitante
- falta(m) cofator(es) internos

GEL RETENTIVO DE AGUA



ANTES DE SUMERGIRLO



DESPUÉS DE SUMERGIRLO

Este gel se utiliza comúnmente en sustrato para macetas con el fin de retener el agua. Los cristales secos, al absorber el agua, aumentan su volumen hasta formar una gelatina granular. Algunos esquejes pueden enraizar en el gel.

PROPAGACIÓN CON FIBRA MINERAL



FIBRAS LAXAS



MEZCLA LAXA



MÓDULOS O «CUBOS»



BLOQUES DE PLANTACIÓN

ESPUMA DE FLORISTERÍA



Su capacidad para retener agua y su textura abierta y ligera la convierten en un medio ideal para enraizar los esquejes de algunas plantas herbáceas, como las fucsias. Se encuentra disponible en bloques rectangulares o redondos.

La fibra mineral puede adoptar formas muy diversas. Las fibras laxas aumentan la aireación del sustrato, y la mezcla laxa, elaborada con fibras retentivas de agua y resistentes al agua, constituye un buen sustituto de la turba. Los módulos son adecuados para semillas y esquejes, y una vez enraizados pueden «plantarse» en bloques de plantación. El gel de hormona de enraizamiento y el fertilizante líquido pueden mejorar los resultados.



GEL DE HORMONA DE ENRAIZAMIENTO



FERTILIZANTE LÍQUIDO

EL HIDROCULTIVO



Los esquejes o plántulas desarrollados en un medio estéril e inerte, como este esqueje de Anthemis, enraizado en gel retentivo de agua, normalmente se trasplantan en el sustrato. En el hidrocultivo, las nuevas plantas se trasplantan a otro medio inerte, como los gránulos de arcilla (véase recuadro). Un fertilizante líquido añadido al agua aportará los nutrientes necesarios.

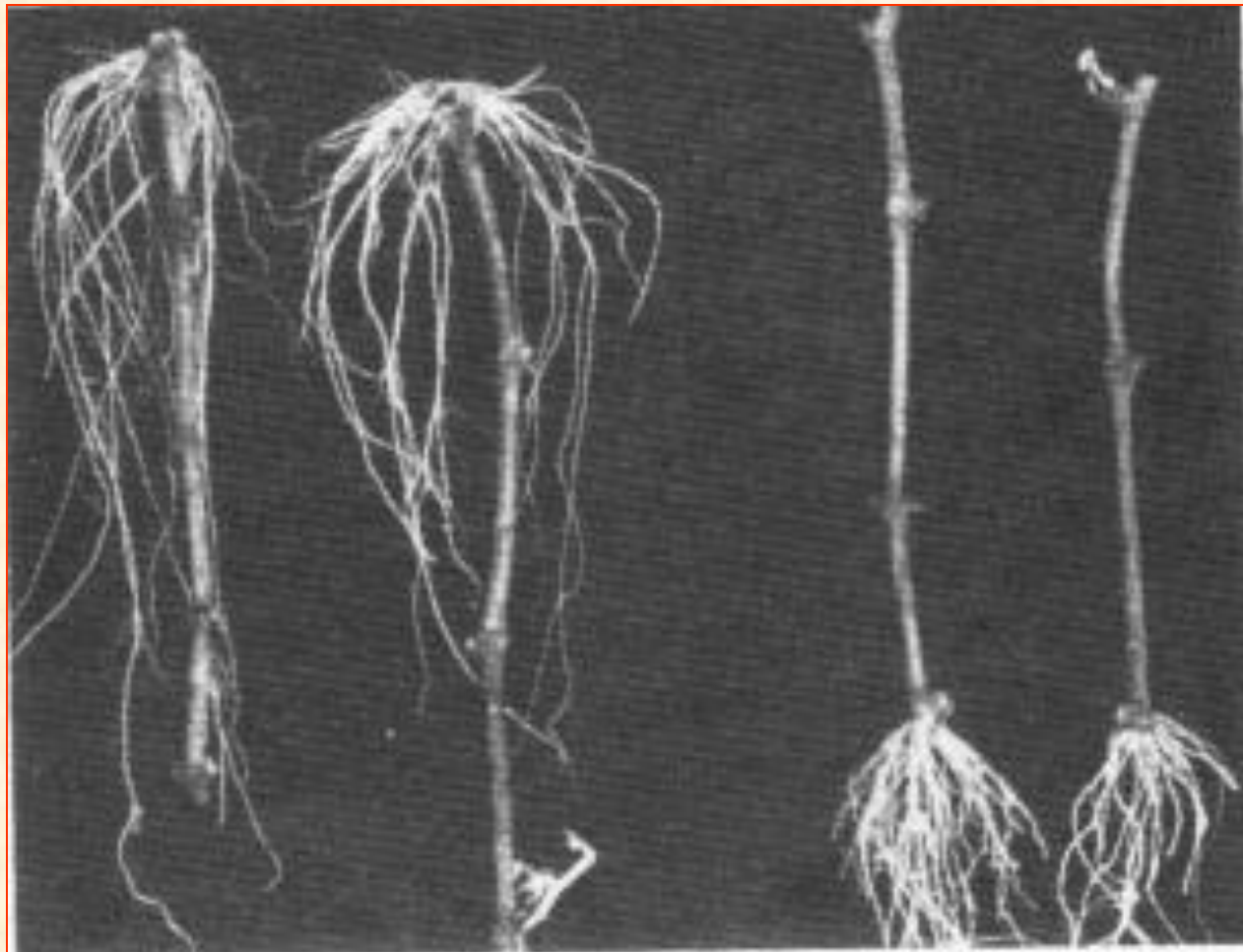


FIGURE 9-12 Polarity of root regenera-

Enovelamento radicular causado por limitação do tamanho/volume do recipiente de manutenção das mudas



FIGURE 2-22 One disadvantage of growing trees in containers is the possibility of producing poorly shaped root systems. Here a defective, twisted root system resulted from holding the young nursery tree too long in a container before transplanting. Such spiraling roots retain this shape after planting and are unable to anchor the tree firmly in the ground.

THE PROPAGATION ENVIRONMENT



(a)



(b)

Figure 36 One disadvantage of growing trees and shrubs in containers is the possibility of producing poorly shaped root systems. (a) Here a defective, twisted root system resulted from holding the young nursery tree too long in a container before transplanting. (b) Such spiraling roots retain this shape after planting and unacceptable tree growth occurs. This is avoided by proper root training, beginning with air-root pruning seed flats during propagation.

THE PROPAGATION ENVIRONMENT



(a)



(b)

Figure 36

One disadvantage of growing trees and shrubs in containers is the possibility of producing poorly shaped root systems. (a) Here a defective, twisted root system resulted from holding the young nursery tree too long in a container before transplanting. (b) Such spiraling roots retain this shape after planting and unacceptable tree growth occurs. This is avoided by proper root training, beginning with air-root pruning seed flats during propagation.

BANDEJAS MODULARES

Las bandejas modulares se han fabricado durante años y se encuentran disponibles en una gran variedad de formas y tamaños. Los módulos permiten a las plántulas y esquejes desarrollar sistemas radiculares antes de ser plantados y manejarlos sin dañar las raíces o los tallos. Llene una bandeja con sustrato para semillas y siembre una en cada celda. Cuando asomen las raíces por la base, deje que se sequen ligeramente y empujelas hacia afuera con la ayuda de un lapicero.



BANDEJA MODULAR DE 20 MM Esta bandeja permite cultivar 273 plántulas con varios pares de hojas.



BANDEJA MODULAR DE 13 MM Es el tamaño de módulo más pequeño. Utilícelo para 576 plántulas pequeñas de crecimiento rápido.



BANDEJA MODULAR DE 30 MM Hasta 135 plántulas pueden desarrollarse en esta bandeja. Entierre los módulos en recipientes de 6 cm.



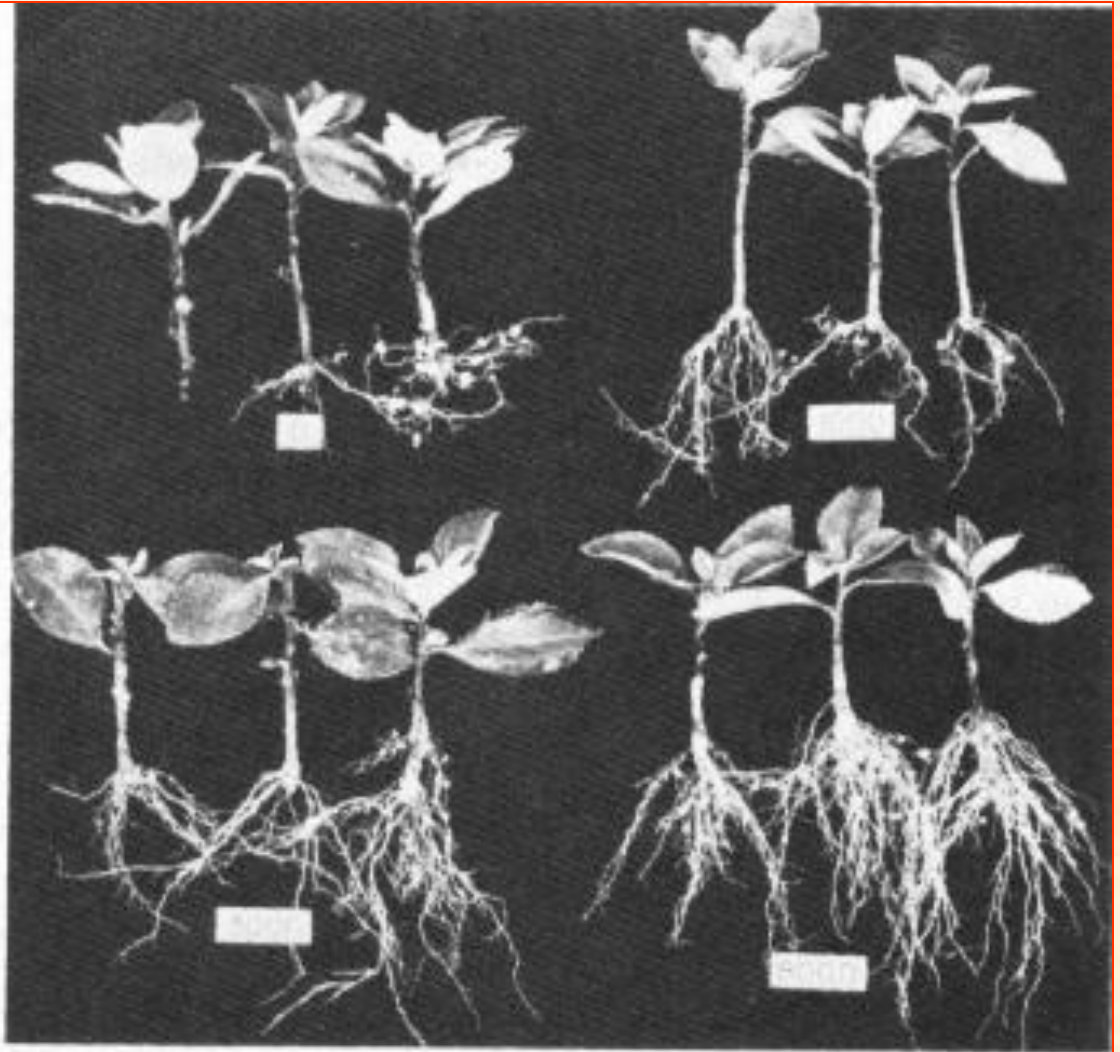
BANDEJA MODULAR DE 37 MM Las bandejas más grandes sostienen hasta 70 plántulas o esquejes herbáceos pequeños.



BANDEJAS DE FIBRA MINERAL DE 40 MM Cuando las utilice, alimente las plántulas o esquejes con un fertilizante líquido diluido una vez hayan desarrollado verdaderas hojas.



FIGURE 10-28 Effect of indolebutyric acid at four concentrations on rooting of *Escallonia* leafy cuttings under mist. (From H. T. Hartmann, W. J. Flocker, and A. M. Kofranek, *Plant science*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1981.)



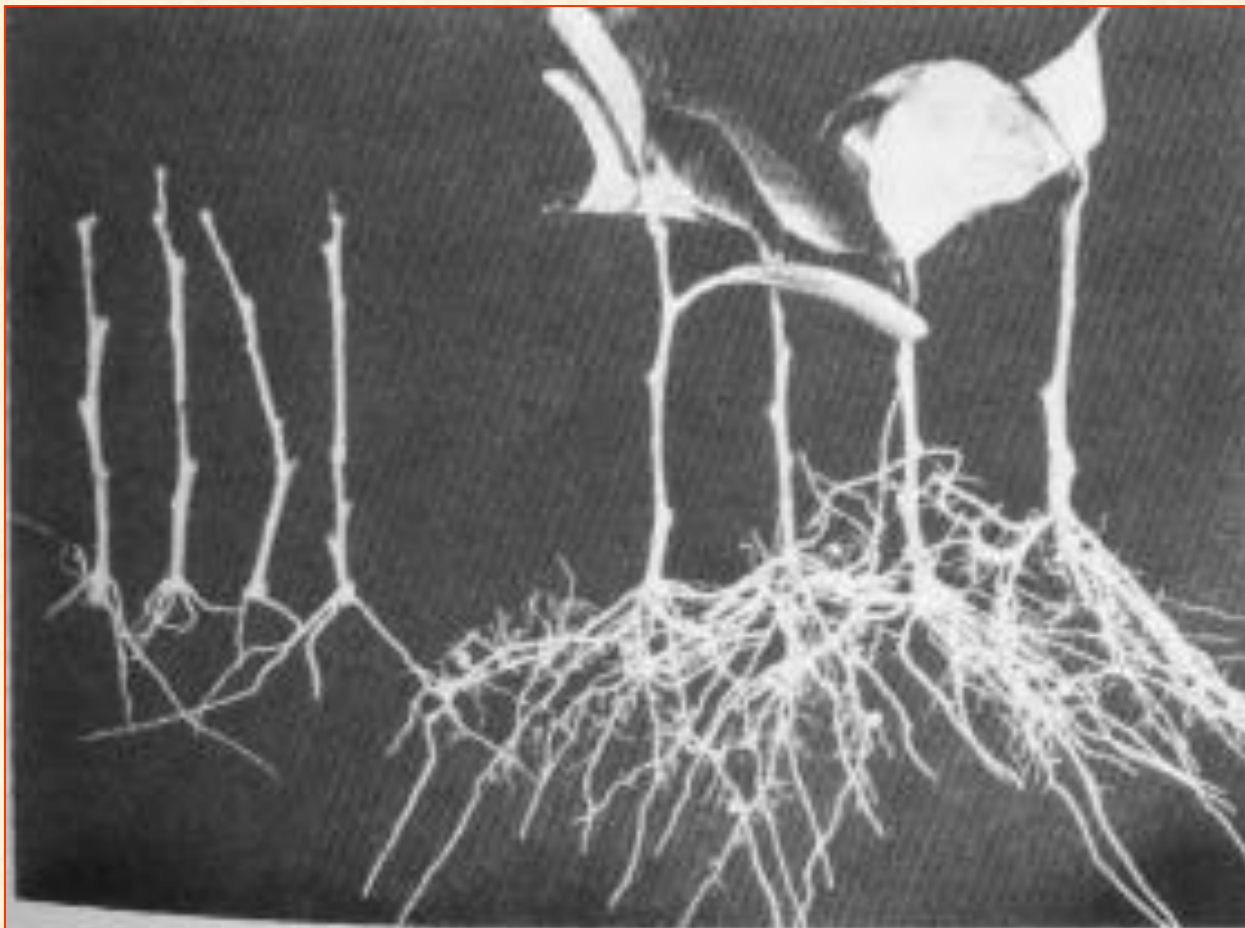


FIGURE 9-15 Effect of leaves on cuttings of 'Lisbon' lemon. Both groups were rooted

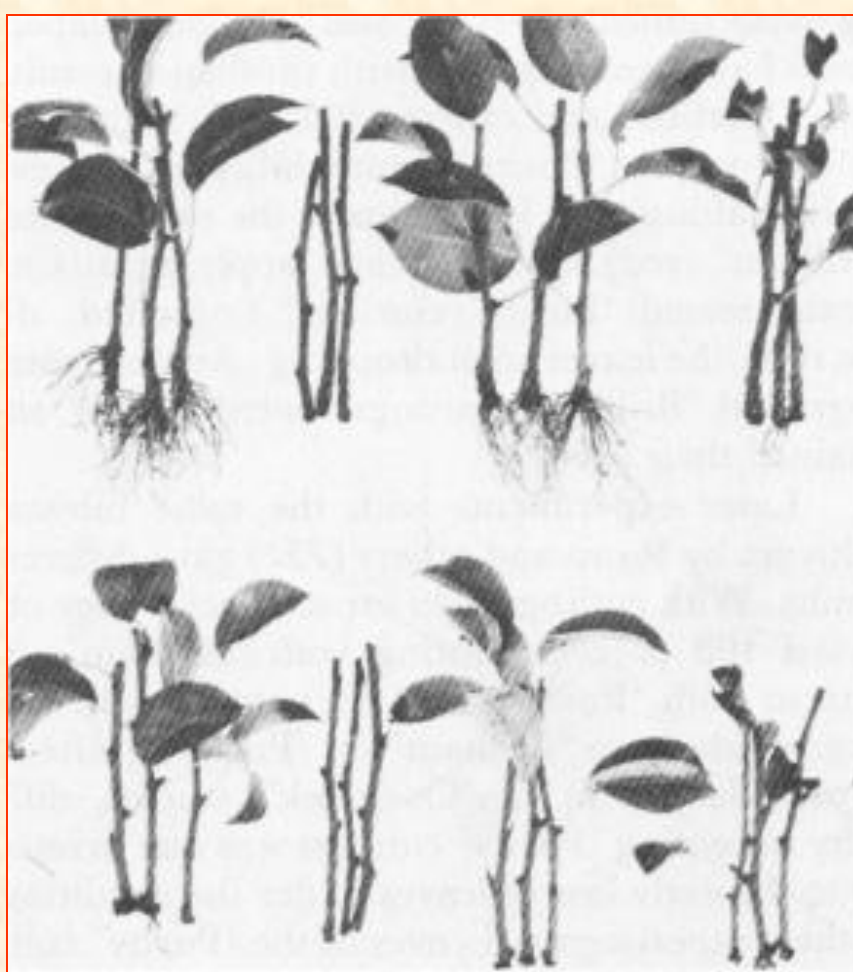


FIGURE 9-16 Effect of leaves, buds, and applied auxin on adventitious root formation in leafy 'Old Home' pear cuttings. *Top:* Cuttings treated with auxin (indolebutyric acid at 4000 ppm for five seconds). *Bottom:* Untreated cuttings. Left to right: with leaves; leaves removed; buds removed; one-fourth natural leaf area. (Courtesy W. Chantarotwong.)

Fatores que afetam a regeneração de plantas por estaquia

- **Ambientais:**
 - hidratação - ABA
 - luz (estiolação): efeitos sobre fenólicos
 - nitrogênio
 - zinco - triptofano
 - manganês - aumenta atividade enzimas oxidativas do AIA
 - mecânicos:
 - anelamento da base
 - rejuvenescimento
- **Reguladores de crescimento:**
 - Zimmerman (1933): gases insaturados (etileno, CO, acetileno)
 - AIA, AIB, ANA - sintéticos
 - 2,4-D

- **Soluções auxínicas preparadas:**
 - AIA não estéril: rápida degradação
 - AIA estéril: vários meses
 - ANA e 2,4-D estéreis: vários anos
 - AIA: sensível à fotoxidação
 - IBA: 6 meses vidro transparente (até $6 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
 - ANA e 2,4-D: totalmente estáveis à luz
- **Associação com fungicidas:**
 - captan:
 - maior controle sobre doenças
 - pouco efeito sobre enraizamento
- **Ferimentos na base:**
 - divisão celular e produção de calos
 - acúmulo de auxina e carboidratos
 - produção de etileno
 - ruptura do anel de esclerênquima

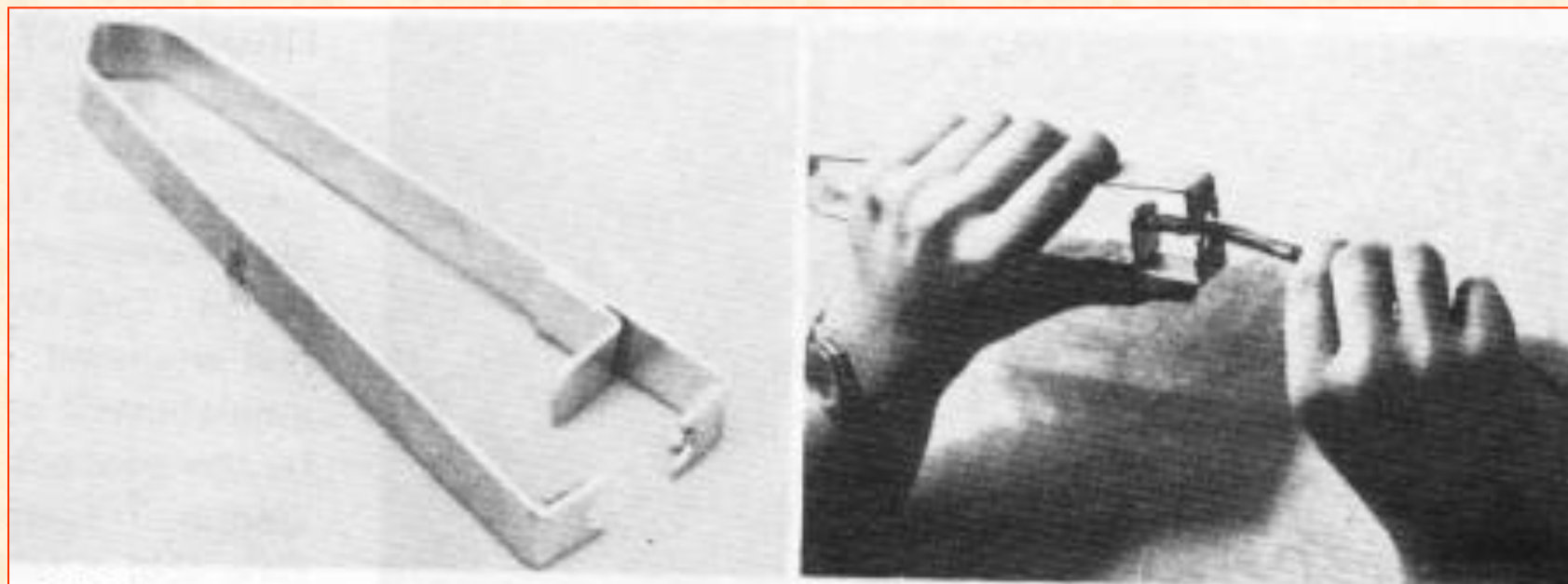


FIGURE 10-26 Tool designed for making wounding cuts in the base of cuttings to stimulate rooting. Four sharp prongs make the actual cuts as the cutting is pulled through the opening, as shown in the photo on the right.

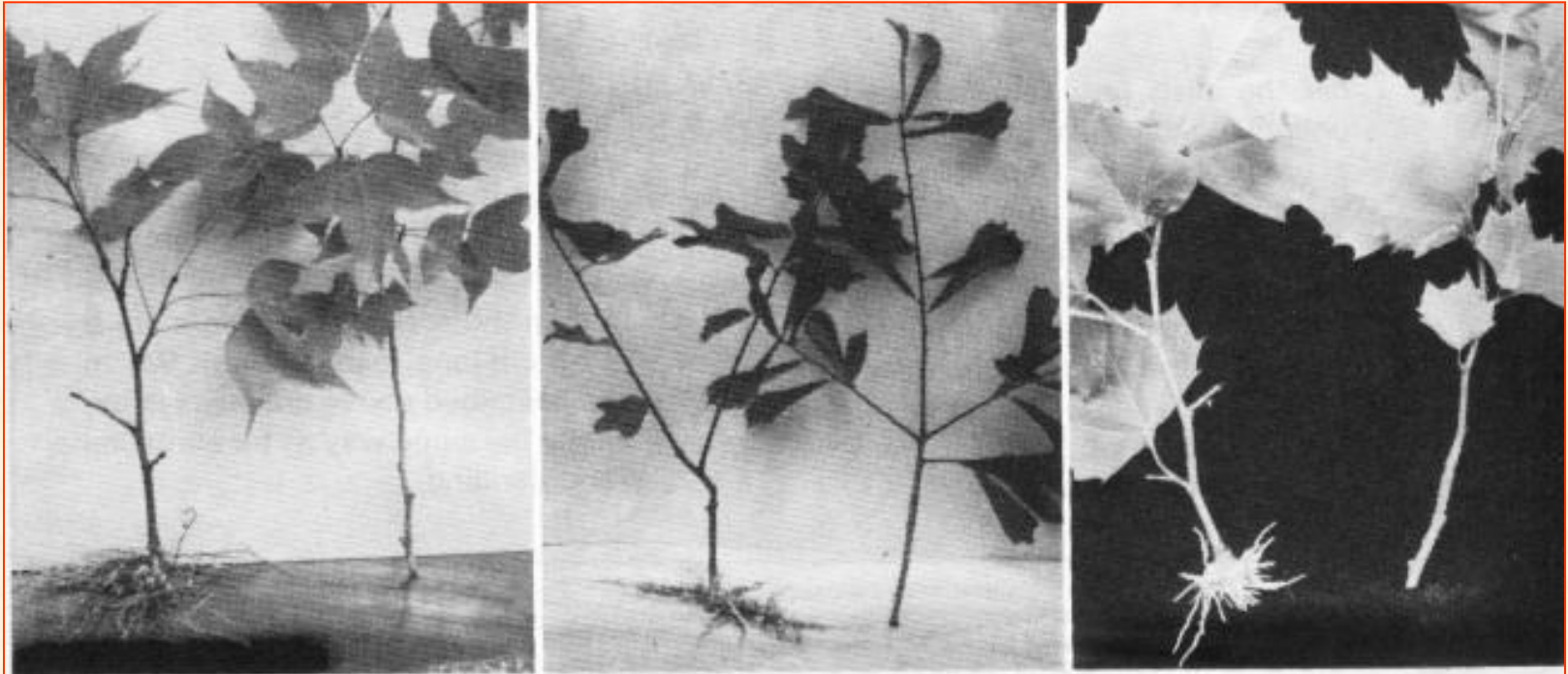


FIGURE 10-22 A comparison of girdled versus control cuttings of Formosan sweetgum (*Liquidambar formosana*), *left*; mature water oak (*Quercus nigra*), *center*; and sycamore (*Platanus*), *right*. Girdling and treatment with IBA and PPZ talc was done to shoots on stock plants prior to removing cuttings for rooting under mist. (Courtesy R. C. Hare.)

Técnicas de propagação por estacas

- Principal método propagação vegetativa
- rápido, simples, barato, alta uniformidade
 - estacas recalcitrantes
 - exigência por porta-enxertos
 - aumento da carga de doenças
- **Tipos de estacas**
 - valor indivíduo, custos, método
 - lenhosas: madeira dura, coletada no outono, resistentes à dessecação, espécies decíduas e ornamentais, poucas frutíferas: figo, uva, oliveira, preferencia porções centrais dos ramos, franca, talão, cruzeta
 - IBA: 2500 - 5000 mg L⁻¹
 - semi-lenhosas: espécies lenhosas sempre verdes (não caducifolias), camélia, azaléia, talão ou cruzeta
 - IBA 1000 mg L⁻¹ (caules escuros/lenhosos)
 - IBA 500-700 mg L⁻¹ (caules lenhosos verdes)

- semi-herbácea: tecidos macios e suculentos, decíduas ou sempre-verdes, enraizamento fácil e rápido, estacas com folhas, estacas com flexibilidade, ramos laterais, magnólia, forsítia
- herbáceas: plantas suculentas ou herbáceas, crisântemo, coleus, cravo, exigem alta umidade, auxinas não são essenciais embora aumentem uniformidade
- folhas: violeta-africana, begônia
- raízes: plantas matrizes jovens, final inverno/início primavera, polaridade deve ser mantida
- **Procedimentos para obtenção de estacas:**
 - decepamento, podas drásticas/moderadas, anelamento da casca, estiolamento (sombreamento suficiente), cortes e esmagamento da base
 - tratamento hormonal:
 - IBA ou ANA (pó, imersão rápida/lenta)
 - manutenção da umidade x endurecimento



TIERNO
Verbena



JUVENIL VERDE
Philadelphus



JUVENIL
SEMIMADURO
Lonicera



TALLO ADULTO
Deutzia

Es posible obtener un esqueje apical de tallo y varios esquejes de tallo de un solo tronco, con lo que se aumenta la producción de esquejes a partir de pocos brotes. Tome todos los esquejes del mismo tamaño.

TIPOS DE ESQUEJES



ESQUEJE TIERNO Se obtienen a partir de ápices de nuevos vástagos (esqueje apical del tallo) o vástagos basales (esqueje de tallos basales), especialmente en primavera, cuando están casi desarrollados pero todavía son tiernos.



ESQUEJE SEMIMADURO Una vez se ralentiza el crecimiento y los vástagos empiezan a adquirir firmeza, lo que tiene lugar desde mediados de verano hasta el otoño, es posible obtener esquejes de tallos semimaduros.



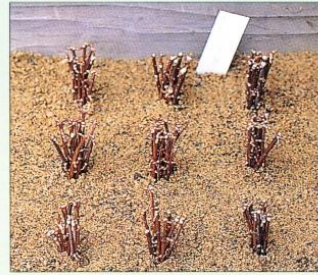


FIGURE 10-1 Types of hardwood cuttings. *Left:* Straight—the type ordinarily used. *Center:* Heel cuttings. A small piece of older wood is retained at the base. *Right:* Mallet cuttings. An entire section of the branch of older wood is retained.

ESQUEJES DE TALLOS LEÑOSOS DE ÁRBOLES DE ENRAIZAMIENTO LENTO



1 Para las especies de árboles que no enraizan fácilmente, ate los esquejes (en este caso de metasecuya) utilizando cordel de jardinería en pequeños hatillos de hasta diez esquejes. Sumerja la base de los esquejes en hormona de enraizamiento.



2 Inserte los hatillos en una caja con arena o macizo en un lugar protegido o una cajonera fría en invierno. En primavera, una vez enraizados, deshaga los hatillos e inserte los esquejes en una zanja preparada (véase página anterior).

ESQUEJES DE TALLOS JÓVENES DE ÁRBOL



1 Seleccione un retoño sano, desarrollado en la estación en curso, que sea blando en el ápice pero firme en la base (en este caso de una magnolia). Con podaderas, realice un corte recto por encima de un nudo para obtener un esqueje de 10-15 cm de longitud.



2 Deje solo las dos hojas superiores; corte estas por la mitad con una navaja limpia y afilada, con lo que reducirá la pérdida de humedad. Para estimular el enraizamiento, realice una incisión en la base del tallo extrayendo una tira de 3 cm de corteza lateral.



3 Ponga una pequeña cantidad de hormona de enraizamiento en polvo (o en gel) en un platillo y sumerja el tallo al que se le ha practicado la incisión. Sacúdalo ligeramente para eliminar el exceso de hormona (véase recuadro) y deshágase del polvo sobrante cuando haya preparado todos los esquejes.



4 Llene recipientes de 8 cm con una mezcla a partes iguales de sustituto de turba (o turba) y corteza fina, y realice un agujero de 8-10 cm de profundidad en cada maceta. Inserte el esqueje a la profundidad justa para que se mantenga recto, afirme el sustrato alrededor del tallo, etiquete los recipientes y riegue los esquejes.

ESQUEJES DE TALLOS MADUROS DE ENRAIZAMIENTO RÁPIDO



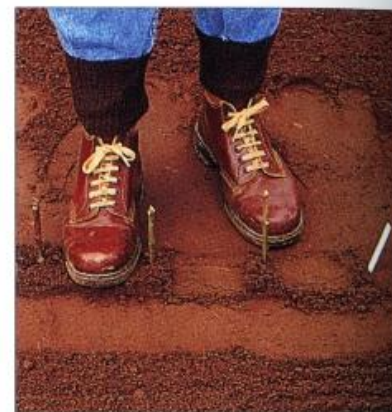
1 En otoño, cave una zanja estrecha de 15-25 cm de profundidad hundiendo la pala en el suelo y presionándola ligeramente hacia afuera. Para mejorar el drenaje, vierta un poco de arena fina en el fondo de la zanja.



2 Seleccione un vástago bien maduro, de al menos 30 cm de largo, que se haya desarrollado en la estación en curso (en este caso una higuera, *Ficus americana*). Haga el corte de forma que se alinee con el tallo principal.



3 Corte algunas hojas y los tallos blandos del ápice de cada esqueje. Pude el esqueje hasta una longitud de 20-23 cm, realizando un corte en ángulo por encima de la yema superior y un corte recto por debajo de la yema inferior.



4 Espacie los esquejes en la zanja unos 10-15 cm a una profundidad apropiada (véase recuadro, inferior). Afirme bien el suelo, etiquete y riegue. Espacie columnas adicionales de 30-38 cm.

PROFUNDIDADES DE PLANTACIÓN



ÁRBOLES ORNAMENTALES Y FRUTALES DE TRONCOS RAMIFICADOS
Inserte el esqueje dejando asomar un tercio o 2,5-3 cm sobre la superficie del suelo.



ÁRBOLES ORNAMENTALES DE TRONCO UNICO
Entierre los esquejes de modo que la yema superior de cada esqueje se sitúe justo por debajo de la superficie del suelo.



5 Transcurridos algunos meses, los esquejes deberían empezar a formar raíces; al final de la estación de crecimiento, se habrán desarrollado los nuevos vástagos.



6 Retire los esquejes enraizados antes de la caída de las hojas: envuelva las raíces en plástico para que no se sequen. Trasplante los esquejes o plántelos en recipientes para que se desarrollen.

ESQUEJES DE TALLO ADULTO CADUCIFOLIO



1 Tome vástagos bien maduros de arbustos caducifolios o trepadoras (en este caso Forsythia) desde finales de otoño hasta mediados de invierno. Corte cada brote por la base del crecimiento de la estación en curso. Los esquejes obtenidos en otoño pueden conservar todavía algunas hojas; córtelas.



2 Elimine el ápice de los brotes si no ha madurado y corte los tallos en secciones de 20 cm (aproximadamente la longitud de unas podaderas). Haga un corte horizontal justo por debajo de un nudo en la base de cada esqueje, y un corte sesgado desde una yema, en la parte superior.



3 Prepare una zanja estrecha en un suelo con buen drenaje: para ello, hunda la pala en el suelo aproximadamente 15 cm y presione hacia afuera. Sumerja la base de cada esqueje en hormona de enraizamiento (véase recuadro).



4 Introduzca los esquejes con una separación de unos 5 cm, de forma que quede visible una cuarta parte, y deje unos 30 cm entre cada columna de esqueje. Rellene la zanja y afirme el suelo de alrededor. Etiquete los esquejes y riegue si el suelo está seco.

ESQUEJES EN MACETAS



Si necesita pocas plantas, inserte los esquejes en recipientes de 15 cm con un sustrato para esquejes con base de marga; ponga cuatro por recipiente. Etiquételos y colóquelos en una cajonera fría.

ESQUEJES PERENNIFOLIOS



1 Para preparar esquejes de tallo adulto leñoso de especies perennifolias (en este caso de Escallonia), corte los brotes en fragmentos de 20-25 cm, justo por debajo de un nudo en la base y justo por encima en la parte superior. Elimine las hojas y los brotes laterales de la mitad inferior de cada esqueje para reducir el riesgo de podredumbre.



2 Inserte 5-8 esquejes en una maceta de 15 cm de profundidad, de forma que el follaje quede justo por encima de la superficie. El calor de fondo acelerará el enraizamiento, que normalmente tarda unas 6-10 semanas. También puede colocar los recipientes en una campana de película de plástico con el fin de mantener los esquejes húmedos.

ESQUEJES DE TALLO ADULTO LEÑOSO QUE AHORRAN ESPACIO



El tercio superior de cada esqueje queda fuera del sustrato

Rollo de plástico bien sujeto

▲ **EN UN ROLLO** Corte una tira de plástico negro de una anchura 5 cm mayor que la altura de los esquejes. Cúbrala con una capa de 1 cm de turba y corteza fina, y separe los esquejes unos 8 cm en el sustrato. Enrolle cuidadosamente la tira, asegúrela con rafia, etiquetela y riéguela bien.

◀ **EN HATILLOS** Los esquejes preparados en hatillos pueden pasar el invierno en 15-20 cm de arena fina en un lugar protegido hasta que formen callosidades; muchos enraizarán, como estos cornejos (*Cornus*) y sauces (*Salix*). Separe los hatillos en primavera y alínelos en un bancal.

PREPARACIÓN DE LOS ESQUEJES

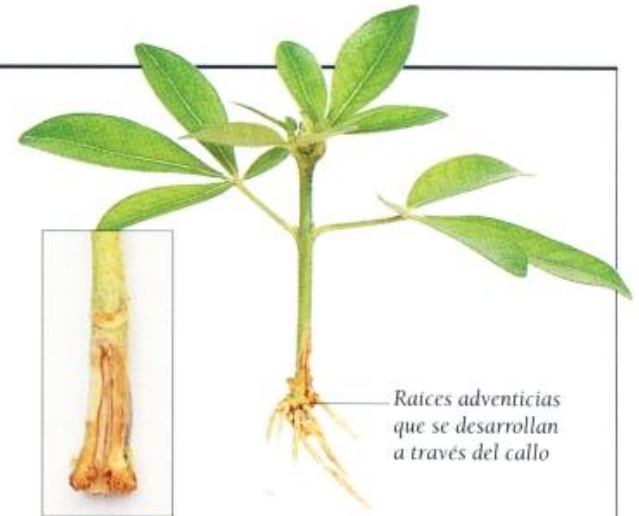


ESQUEJE NODAL Las células involucradas en el desarrollo se concentran mayoritariamente en las uniones de las hojas o nudos, por lo que la mayoría de los esquejes se realizan justo por debajo de un nudo para optimizar el enraizamiento.



INCISIÓN Un esqueje a partir de un tallo joven o adulto con frecuencia enraiza más fácilmente si se separa la corteza desde la base del tallo. Con ello se exponen un mayor número de células de desarrollo en la capa del cambium.

ESQUEJE DE TALÓN Algunos esquejes, especialmente los de tallos jóvenes, se obtienen arrancando un pequeño brote lateral, de forma que queda un «talón» de corteza.



FORMACIÓN DE CALLOSIDADES Cuando se corta o se daña un tallo, éste forma un tejido calloso sobre las células dañadas. En plantas de difícil enraizamiento, o cuando el substrato está excesivamente aireado o es demasiado alcalino (pH elevado), la callosidad puede ser mayor, lo que impedirá el desarrollo de la raíz. Recorte el exceso con un bisturí.

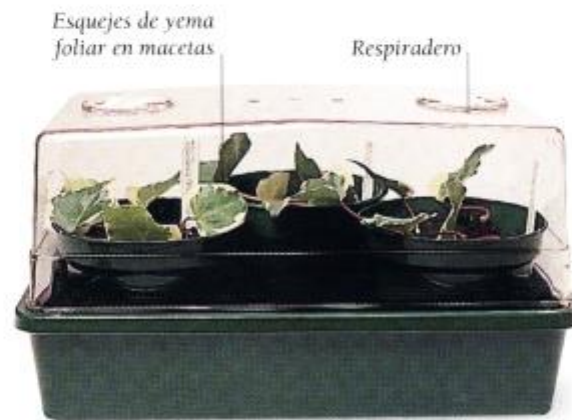
OBTENCIÓN DE ESQUEJES DE YEMA FOLIAR DE ARBUSTOS Y PLANTAS TREPADORAS



1 Seleccione un brote sano de la estación en curso (en este caso de hiedra, *Hedera*), y corte esquejes de la longitud requerida (tantos como nudos), justo por encima de un nudo. Póngalos en una bolsa de plástico para evitar que el vástago se seque.



2 Utilice unas podaderas limpias o una navaja de jardín para cortar el vástago. Corte el tallo justo por encima de un nudo, de modo que obtenga esquejes internodales con una o dos hojas (véase superior). Prepare los esquejes nodales cortando por debajo de un nudo en la base y por encima en la parte superior.



4 Afirme, riegue los esquejes y etiquételos. Después, colóquelos en un propagador y mantenga el ambiente húmedo mediante vapor si es necesario. La hiedra no necesita calor de fondo. Los esquejes tardarán unas ocho semanas en enraizar.



3 Sumerja los esquejes preparados (véase recuadro) en hormona de enraizamiento, por ejemplo, en gel. Llene una maceta con mezcla estándar para esquejes y realice agujeros para introducirlos. Inserte los esquejes en el sustrato, de forma que las hojas queden justo por encima de la superficie sin tocarse.



5 Plante los esquejes enraizados de forma individual con sustrato para macetas libre de tierra, en recipientes con una profundidad 1 cm mayor que la del cepellón del esqueje (véase recuadro). Riegue bien y etiquete.

AOBTENCIÓN DE ESQUEJES DE TALLOS JÓVENES



1 A principios de verano, corte por la unión de tallos viejos y nuevos para obtener esquejes de 25-30 cm de longitud a partir de los tallos desarrollados en la estación en curso (en este caso de ocozotl).

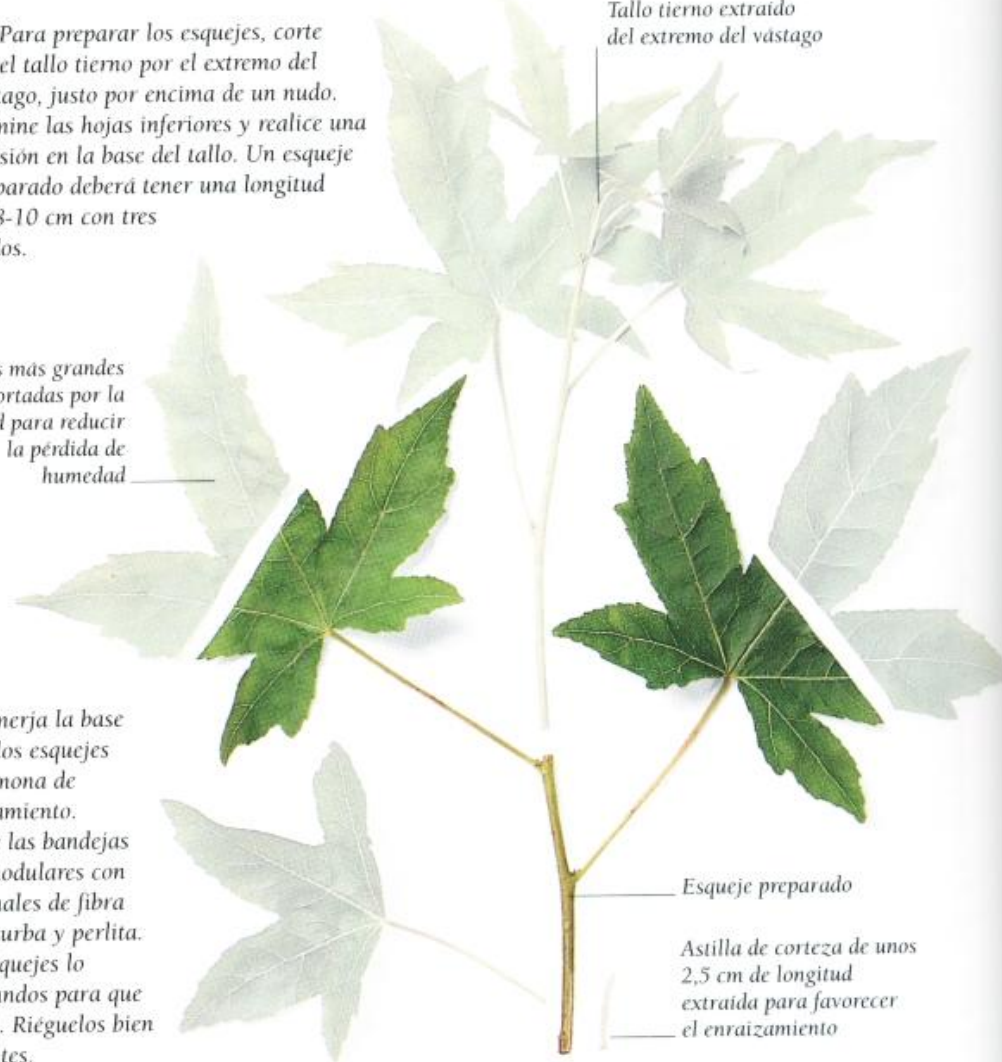


3 Sumerja la base de los esquejes en hormona de enraizamiento. Rellene las bandejas modulares con partes iguales de fibra de coco o turba y perlita. Inserte los esquejes lo suficientemente profundos para que se mantengan erectos. Riéuelos bien y etiquete los recipientes.

2 Para preparar los esquejes, corte el tallo tierno por el extremo del vástago, justo por encima de un nudo. Elimine las hojas inferiores y realice una incisión en la base del tallo. Un esqueje preparado deberá tener una longitud de 8-10 cm con tres nudos.

Hojas más grandes cortadas por la mitad para reducir la pérdida de humedad

Tallo tierno extraído del extremo del vástago



Esqueje preparado

Astilla de corteza de unos 2,5 cm de longitud extraída para favorecer el enraizamiento

SELECCIÓN DE LOS ESQUEJES DE TALLO JOVEN

Para obtener esquejes de tallo joven semimaduro (en este caso de *Lonicera*), seleccione fragmentos de tallos nuevos sanos que no estén del todo endurecidos (vease derecha). No clija vastagos demasiado leñosos o que todavía estén demasiado blandos (vease extremo derecha).



OBTENCIÓN DE ESQUEJES DE TALLO JOVEN SEMIMADURO



1 De mediados hasta finales del verano, seleccione un brote sano de la estación en curso (aquí de un laurel manchado, *Aucuba*). Utilice unas podaderas limpias para cortar el esqueje justo por encima de un nudo.



2 Si no va a prepararlo inmediatamente, ponga el vástago en una bolsa de plástico y etiquete. Guárdelo en un lugar fresco, lejos de la luz solar directa, durante un par de horas o en la nevera unos días.



3 Elimine los brotes laterales del tallo principal y córtelos a una longitud de 10-15 cm, justo por debajo de un nudo. Elimine las hojas inferiores y el extremo tierno.



4 Realice una herida superficial en un lado del tallo, cortando con cuidado un fragmento de 1-2 cm de longitud de la base, con el fin de estimular el enraizamiento.



5 Sumerja la base del esqueje, incluyendo la herida, en un poco de hormona de enraizamiento (en este caso en polvo). Asegúrese de que la herida se cubre de hormona, sin formar una capa gruesa.



6 Inserte los esquejes en sustrato estándar para esquejes en un semillero en el exterior, dejando una separación de 8-10 cm. Rieguelos bien y, si es necesario, cubralos para mantener la humedad hasta que enraicen.

OBTENCIÓN DE ESQUEJES DE TALLOS TIERNOS



1 Extraiga vástagos tiernos de 5-8 cm de longitud (en este caso de *Betula utilis* var. *jacquemontii*). Corte recto por la unión del tallo nuevo y el viejo, y guarde los esquejes en una bolsa de plástico cerrada. Corte las dos hojas inferiores de cada vástago.

Use guantes cuando utilice sustancias químicas



2 Sumerja los esquejes en una solución fungicida y, posteriormente, la base de los tallos en hormona de enraizamiento. Insérteles en bandejas modulares con partes iguales de fibra de coco y perlita, riegue y etiquete.

ESQUEJES APICALES DE TALLO EN ROLLO



1 Corte una tira de plástico de unos 15 cm de ancho y 60 cm de longitud. Cubra con una capa de 2,5 cm de musgo esfagno húmedo. Coloque los esquejes de forma que las hojas salgan justo del musgo.



2 Espacie los esquejes en el lado «interior» de la tira de plástico con una separación de unos 8 cm, y reduzca gradualmente el espaciado hasta unos 5 cm en la parte «externa». Enrolle la tira de plástico, empezando por el extremo interior.



3 Cuando haya acabado de enrollar el musgo, asegúrelo con gomas, y etiquételo. Deje el rollo alejado del sol directo a una temperatura mínima de 21 °C y cúbralo para mantener los esquejes húmedos, regando desde arriba cuando sea necesario.



4 Cuando los esquejes muestren señales de crecimiento, después de 4-6 semanas, desenrolle la tira de plástico y separe los esquejes del musgo. Después plántelos en macetas de 8 cm con una mezcla para macetas sin tierra.

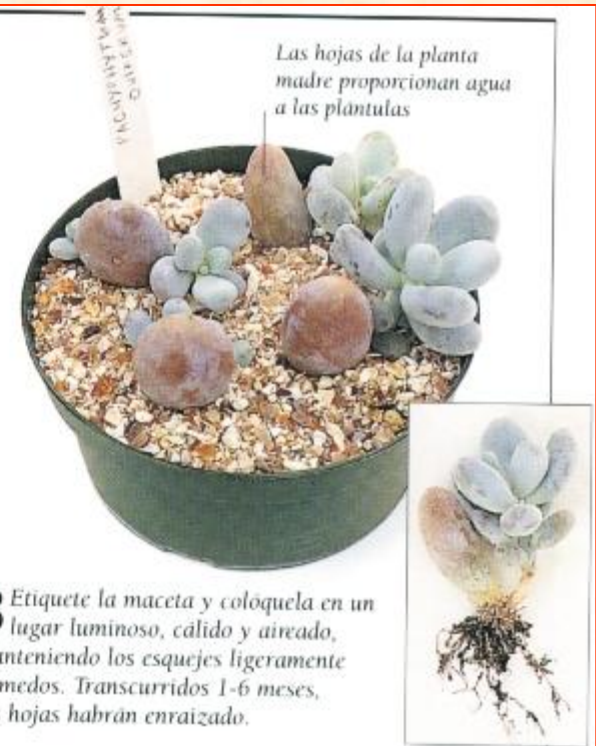
ESQUEJES FOLIARES DE PLANTAS SUCULENTAS



1 Arranque una hoja madura y sana (en este caso, de *Pachyphytum oviferum*) tirando hacia un lado del tallo. Deje que la herida cicatrice (véase recuadro) colocando la hoja durante unos días en un lugar cálido y seco.



2 Prepare una maceta de 13 cm (o una bandeja de siembra) con substrato y una capa de cascajo menudo (véase página anterior). Hunda la base de cada hoja en el cascajo para que quede de pie, y disponga los esquejes a por lo menos 1 cm de distancia.



Las hojas de la planta madre proporcionan agua a las plántulas

3 Etiquete la maceta y colóquela en un lugar luminoso, cálido y aireado, manteniendo los esquejes ligeramente húmedos. Transcurridos 1-6 meses, las hojas habrán enraizado.



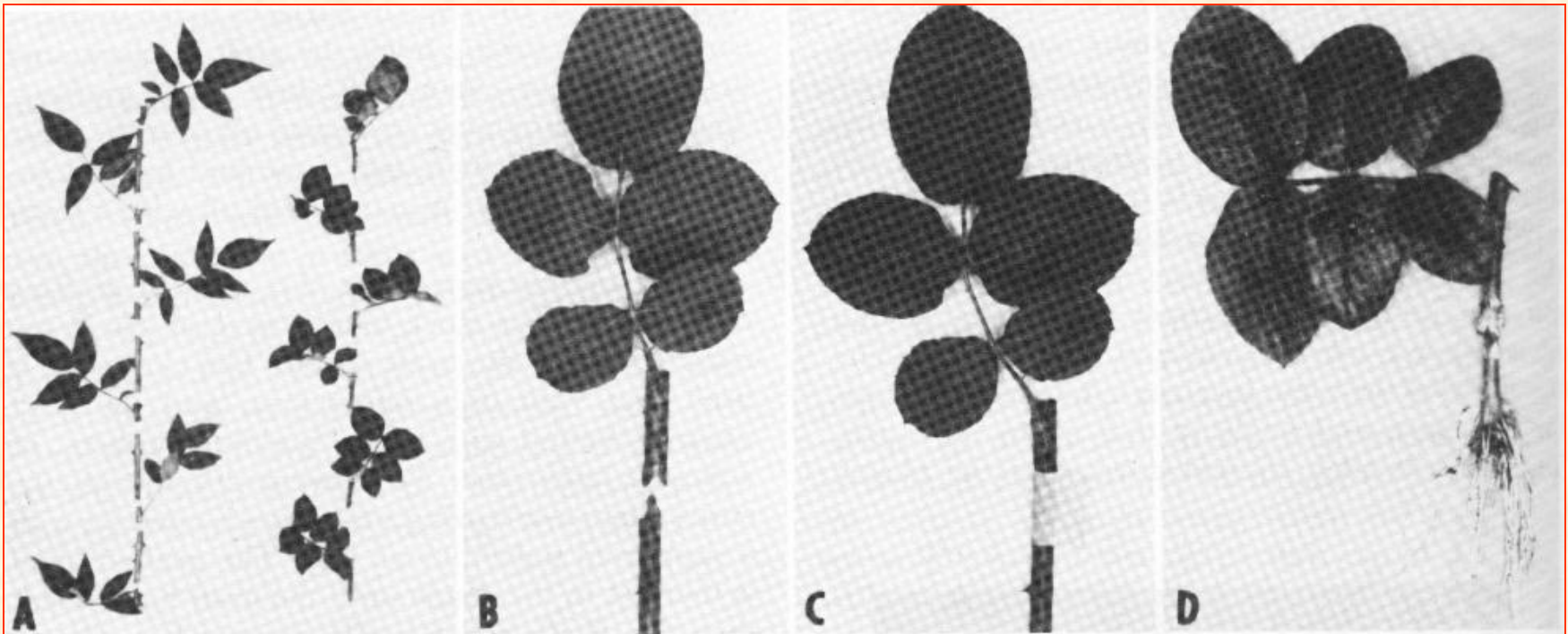


FIGURE 12-34 Roses in the Netherlands being propagated by simultaneous rooting and grafting. (A) *Left*: Shoot cut apart to be used for rootstocks. Only internodes are used. *Right*: Sections cut for scions. One leaf is used per scion. (B) Graft made with omega grafting machine. (C) Graft wrapped with tape for healing. (D) Completed graft with union healed and stock well rooted, ready for planting. In the Netherlands this process is called "stenting," being a contraction of the Dutch words *stekken* (to strike a cutting) and *enten* (to graft). From P. A. Van de Pol et al. (44, 45).

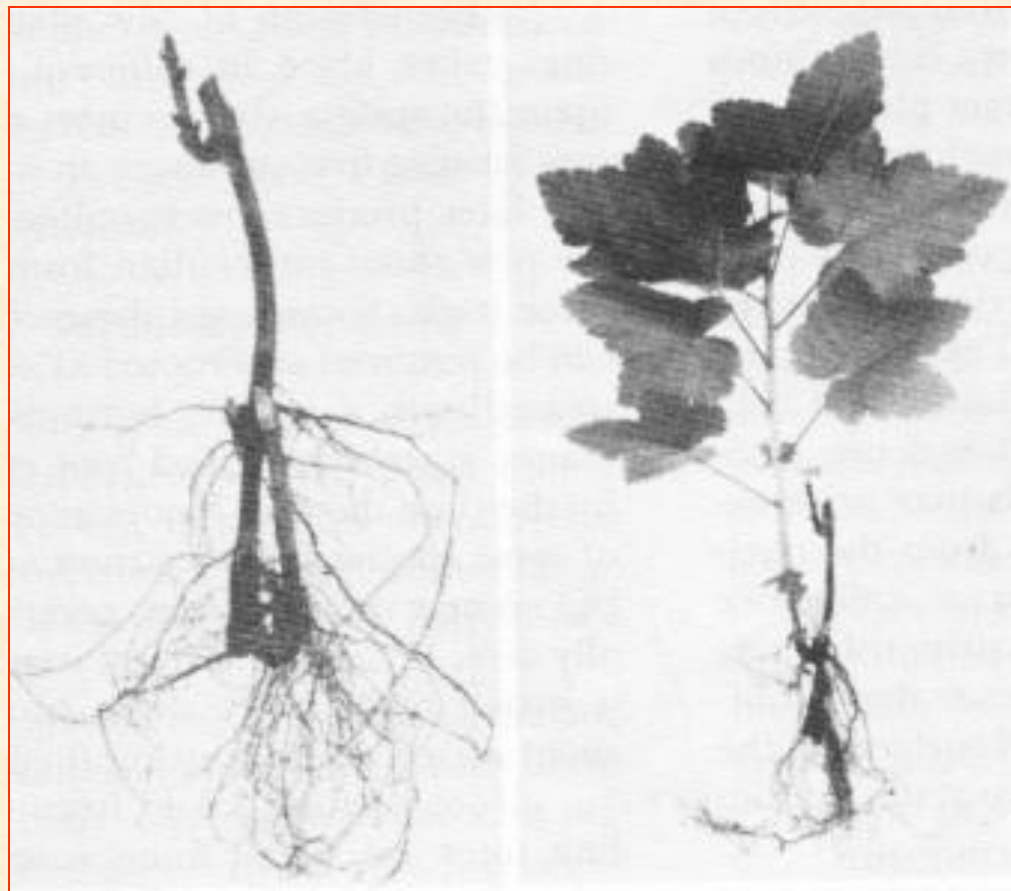


FIGURE 9-11 Results of planting a cutting of red currant (*Ribes sativum*) upside down (reversed polarity). *Left:* Several months after starting. *Right:* One year later. The shoot from the center bud with new roots at its base has become the main plant and is growing with correct polarity. The shoot from the top bud, while still alive, has failed to develop normally.

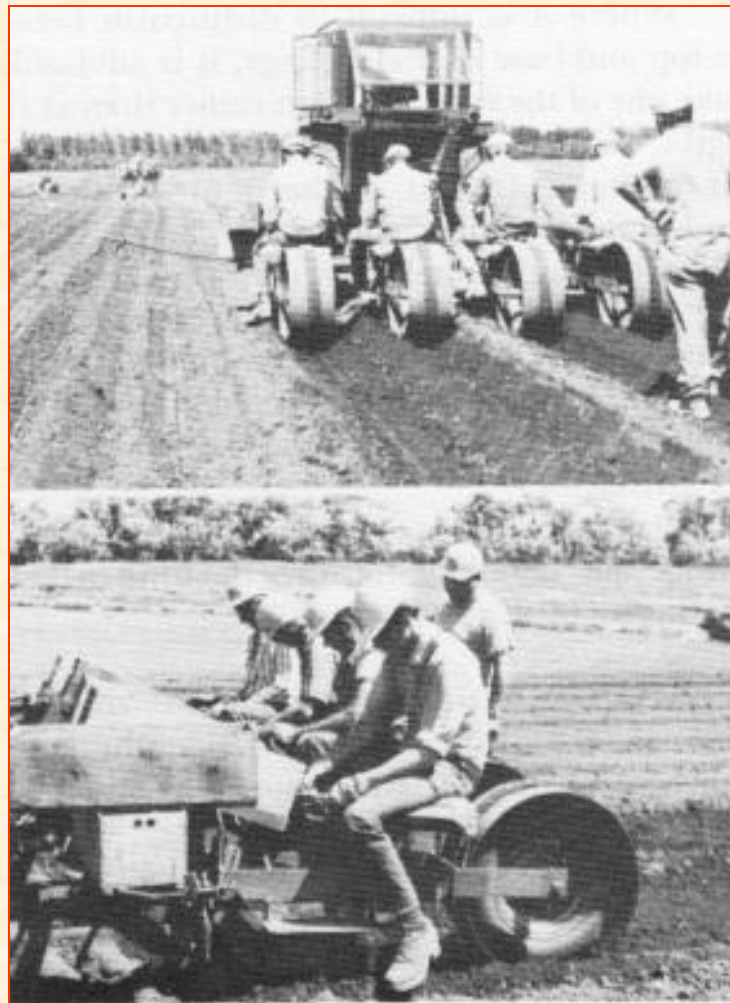


FIGURE 10-4 Machine for large-scale planting of hardwood cuttings. Developed at the Tree Nursery Division, P. F. R. A., Indian Head, Saskatchewan, Canada, primarily for propagation of willow and poplar for shelter belt use. This four-unit machine will plant 10,000 to 12,000 cuttings per hour. (Courtesy Canada Department of Regional Economic Expansion.)



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 16

Transplanting liners at higher spacing. (a) A tractor pulls the transplanting unit with several workers (b) placing seedlings into the (c) planting wheel. (d) Soil is mounded around the seedlings to complete the planting operation.

