

단풍나무類의 胚軸插穗 發根에 關한 研究*1

崔 萬 峰*2

Studies on the Root Formation in Hypocotyl Cuttings of Maples*1

Man Bong Choi*2

In order to observe the anatomical phenomena of root formation in the hypocotyl cuttings of maples, the hypocotyls of *Acer palmatum*, *Acer micro-sieboldianum*, and *Acer saccharinum* were used as the materials.

The rooted portions were sectioned by a microtom and doubly stained by safranin and fast green. The results obtained are summarized as follows;

1. A cross section structure of hypocotyl cuttings of *Acer* sp. is consist of epidermis, cortex, vascular bundle and pith from the outside. The vascular bundle makes circular shape forming polyarch in *A. saccharinum* and tetrarch in both *A. palmatum* and *A. micro-sieboldianum*.

2. An adventitious root of *A. saccharinum* originated in phloem parenchyma, while that of *A. palmatum* and *A. micro-sieboldianum* originated in interfascicular parenchyma related with phloem cells.

3. The hypocotyl cuttings of *Acer* sp. is commonly composed of parenchyma tissue having vigorous differentiation capability. Therefore, the originated root grow easily through the cortex and epidermis breaking their tissues.

단풍나무類의 胚軸插穗에서 不定根의 形成起源을 究明하기 위하여 단풍나무, 아기단풍나무 및 은 단풍나무 등의 種子를 播種하여 10日後에 얻은 길이 5cm의 胚軸插穗를 蒸溜水에 꽂아 發根한 個體를 取하여 發根部位를 microtom으로 切斷하여 Safranin-Fast green 二重染色을 하여 檢鏡하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 단풍나무類 胚軸插穗의 橫斷面의 構造는 外側으로부터 表皮, 皮層, 維管束 및 髓로 構成되어 있으며, 維管束은 은단풍나무는 多原型, 단풍나무와 아기단풍나무는 4原型으로서 環狀을 이루고 있다.

2. 根原基의 形成은 은단풍나무는 篩部柔組織 및 維管束間柔組織으로부터, 단풍나무와 아기단풍나무는 維管束間柔組織細胞가 篩部細胞와 關聯하여 이루어지며, 插穗의 基部斷面에 callus의 形成은 없었다.

3. 단풍나무의 胚軸插穗는 大部分 柔組織으로서 細胞의 分裂能力이 旺盛하며, 形成된 根原基는 繼續 不定根으로 發達하여 柔組織인 皮層과 表皮系를 뚫고 나와 發根이 容易한 것으로 생각된다.

結 論

大部分의 植物은 挿木後 適當한 環境條件下에서 所要期間이 經過되면 不定根이 形成된다. 줄기 內部에서 不定根의 原基가 起源되는 正確한 位置에 關한 解剖學的인 研究는 그간 많은 學者들의 호기심을 불러 일으켜 왔던 것으로 1958년 불란서의 樹木學者 Duhamel du

Monceau에 의해서 처음 研究가 이루어 졌으며⁷⁾ 그 뒤 광범한 樹種들에 걸쳐서 많은 研究들이 잇달아 이루어 졌다. ^{2,4,11,13,14,17,19,21,24,33,40)}

根基는 줄기가 어리면 維管束系의 外側에 가까운 곳에 位置하나, 줄기가 오래된 것이면 더 안에서 發達하고 대개는 維管束 形成層에 가까운 곳에서 發達한다. ^{10,15)} 그간 많은 研究者들의 報告內容을 綜合해보면 不定根의 起源은 維管束形成層^{23,28,34,36,39)}, 表皮와 皮

*1 Received for publication on May 10, 1979.

*2 全北大學校 農科大學 College of Agriculture, Jeonbug National University.

層^{27,32}), 二期篩部^{1,3,13,16,23,31,32}), 放射柔組織^{1,3,13,27,31}), 內韌^{18,31}), 葉跡 및 芽跡^{27,32}), 皮目¹²), 二期木部³²), 枝跡²⁷), callus組織^{2,13,27,32,37}) 등 樹種에 따라 자기 다른 部位로부터 形成되는 것으로 알려져 있다. 插穗의 發根은 插穗를 採取한 母樹의 年齡이 增加함에 따라 減少되며 幼齡木일수록 높다.^{11,20,38}) 따라서, 胚軸插穗는 rooting bioassay의 材料로 使用할 수 있을 만큼 各種 插穗들 中 가장 어린 形態의 것으로서 發根이 容易하다.^{17,21})

胚軸插穗의 發根에 關한 研究로서 Smith²⁰)는 *Pinus radiata*의 發根에서 皮層의 柔組織에서 根原基가 形成됨을 報告했고, Isikawa²²)는 삼나무에서 胚軸의 切片 內 培養中 形成된 callus組織에서 根原基가 形成된다고 했으며, Hong¹⁸)은 소나무類의 胚軸插穗를 材料로 하여 發根組織의 解剖學的인 考察등 및 針葉樹類에 關한 報告가 있을 뿐이며 最近 Byrne등¹¹)은 tomato의 胚軸을 根生長의 生理學的인 研究에 使用했으며, 이들 實驗過程에서 不定根의 構造의 發達과 胚軸內 維管束組織과 不定根의 關係等에 對한 理解가 必要하게 되었다.

本研究에서 材料로 使用한 단풍나무類는 各種公園, 庭園 및 遊園地 등에서 風致景觀樹로나 綠陰用樹로서 單植하든가 혹은 混植하고 雜木林楓으로 造園하는데도 適合하여 해마다 需要가 增加되는 편으로 마치 가을의 代名詞같은 人氣 있는 樹種의 하나이다. 이들은 種子 繁殖이 容易하나 種子繁殖의 경우 遺傳形質의 分離現象이 일어나므로 優良系統의 特性이 繼承되는 純粹한 個體를 얻기 위해서는 接木 및 插木等의 榮養繁殖 方法을 利用하며 이에 對한 報告는 많다.^{5,6,8,9,25,30,35})

그러나 단풍나무類는 插木發根이 比較적 容易치 못한 樹種으로, 大部分의 組織이 分裂能力이 旺盛한 段階에 있는 胚軸插穗를 利用하여, 一期生長中인 어린 組織의 發根能力과 根原基의 發生起源을 究明하고자 않으므로 發根困難樹種의 理想的인 榮養繁殖方法을 研究하는데에 基礎資料로 삼고자 한다.

本 研究를 遂行함에 있어서 親切한 指導鞭撻을 아끼지 않으신 洪性玉 博士님께 깊은 感謝를 드립니다.

材料 및 方法

全北大學校 德津캠퍼스 및 醫科大學 構內에 植栽되어 있는 8~10年生의 단풍나무(*Acer palmatum* Thunb.) 아기단풍(*Acer micro-sieboldianum*) 및 은단풍나무(*Acer saccharinum* L.)로부터, 은단풍나무 種子는 1978年 5월에 採取後 直播했으며, 단풍나무와 아기단풍나무는 同

年 10월에 採取하여 1979年 3월에 播種했다. 種子들은 26±1°C로 調節된 溫室內에서 消毒된 모래床에 播種되었으며 濕度는 76±5%가 維持되었다.

發芽後 10日生의 幼苗로부터 子葉을 包含한 길이 5cm의 胚軸이 插穗로 採取 되었으며, 胚軸의 直徑이 1mm 이상인 것만을 使用했다. 插穗들은 5ml씩의 蒸溜水를 담은 소관병에 꽂아 溫室內에 두었고 매일 새로운 증류수로 갈아 주었다. 插穗는 소관병에 꽂아둔지 約 1주일후 插穗의 基部가 膨大해지기 始作했을 때 發根部位를 採取하여 FAA液에 24時間동안 固定시킨 후 70% alcohol용액에 저장되었다. 後 ethyl-butyl alcohol過程을 거쳐 脫水하였고 paraffin에 埋沒시켜 회절 마이크로를 利用하여 15μ으로 切斷했다. 切片들은 Safranin-fast green二重染色하여²⁶) 檢鏡하였다.

結果 및 考察

插穗發根의 難易性은 대개 插穗內部的 生理學的인 因子 또는 生化學的인 因子에 주로 依하고 있으나 發根에 미치는 組織의 影響을 또한 무시할 수 없다.

단풍나무類의 插木時 不定根의 原基가 어느 組織에서 起源하는지를 考察하였던바 그 結果는 다음과 같다.

Fig. 1은 단풍나무類 胚軸插穗의 發根狀態를 보여주고 있으며, 이들은 插穗의 基部 切斷面에 總合組織의 形成없이 切斷面上部에서, 根原基가 形成된 維管束間柔組織의 方向을 따라 直線狀으로 發根됨을 보여준다. 이는 사철나무의 插木發根의 경우와도 비슷하다.⁴⁾

Fig. 2, 3, 4는 각각 단풍나무, 아기단풍나무, 은단풍나무의 胚軸插穗의 橫斷面을 보여주는 것으로, 이들은 대부분 一期生長組織으로 構成되어 있으며, 外側으로부터 表皮, 皮層, 維管束이 보이고, 이 維管束은 木部와 篩部가 並立維管束(collateral vascular bundle)을 이루고 있으며 단풍나무와 아기단풍나무는 維管束이 4原型(telrarch)이고, 喬木인 은단풍나무는 多原型(polyarch)으로서 環狀으로 排列되어 있다. 그리고 內部的 대부분은 髓(pith)이다.

橫斷面의 外部形態는 모두 圓形을 이루고 있으나 아기단풍나무는 단풍나무나 은단풍나무에 比하여 요철(凹凸)이 없이 圓만한 편이다.

根原基의 形成은 喬木인 은단풍나무는(Fig. 4) 篩部柔組織이 皮層과 接한 部分의 어린 細胞로부터 또는 維管束間柔組織에서 이루어지며 이들 細胞가 旺盛한 分裂를 繼續하여 皮層과 表皮를 뚫고 나오며, 단풍나무(Fig. 5, 6)와 아기단풍나무(Fig. 7, 8)는 일정한 維管束과 維管束사이의 維管束間柔組織細胞가 篩部와 關聯하여 根原基를 形成하고 이들이 分裂를 繼續하여 多數의

작은 細胞群을 形成하고 새로운 根基로 發達하여 四方向으로 根端部가 成長을 계속하여 皮層과 表皮系를 뚫고 밖으로 나온다. 그리고 모든 경우에 있어서 不定根은 줄기에 對해서 發根角度가 直角으로 向한다.

以上과 같은 結果는 줄기가 어린 根基가 維管束系의 外側에 가까운 部分에 位置한다는 一般의인 理論과 一致한다고 생각된다.

단풍나무類는 他樹種에 比하여 比較的 發根이 어려운 種으로 特別히 發根促進物質로 插穗을 處理하여 發根成績을 높인 報告들이 있다.

Enright⁹⁾는 8種의 단풍나무類의 熟枝를 材料로하여 實施한 插木實驗에서 IBA處理가 發根率을 增加시켰고 또한 發根所要期間을 短縮시켰다고 報告했으며, Snow²⁰⁾는 red and sugar maple의 綠枝插木에서 red maple은 200ppm IBA용액에, sugar maple은 50ppm IBA용액에 각각 3時間씩 處理한 것이 가장 높은 發根效果를 얻었음을 報告하였다. 한편, Edgerton⁸⁾은 red maple 雌雄樹를 對象으로한 插木實驗에서 插穗을 樹冠의 上半部에서보다 下半部에서 採取한 것이 發根이 더욱 容易했다고 했다.

이들 몇가지의 例는 發根促進處理 및 其他條件을 適用하여 發根成績을 높인 경우로서 大部分 綠枝나 熟枝를 插穗로 利用했을 경우이나, 本實驗에서와 같이 胚軸을 插穗로 利用했을 경우에는 그러한 處理가 必要없이 단지 蒸溜수에만 꽂아 놓아도 發根이 容易할 수 있었음은 組織學的으로 胚軸의 大部分이 一期生長中の 組織으로서 分裂細胞들의 分化力이 더욱 旺盛할 뿐만 아니라, 한번 形成된 새로운 뿌리는 柔軟組織으로 되어 있는 皮層과 콜크질이 아닌 表皮系를 容易하게 뚫고 자랄 수 있는 有利한 점등에 基因한 것으로 생각된다.

그리고 闊葉樹種인 단풍나무類의 胚軸發根에 있어서는 針葉樹類의 胚軸發根과는 약간 다른 現象을 보여주는데, Hong¹⁸⁾은 소나무類의 胚軸發根에서 正常根이 主根으로부터의 起源하는 것과 같이 不定根이 一期木部組織의 끝에 隣接한 內鞘細胞에서 起源됨을 報告한바 있으며, Isikawa²²⁾는 삼나무의 胚軸插穗에서 callus로부터, Smith²⁰⁾는 *Pinus radiata*의 胚軸插木에서 皮層의 柔組織으로부터 不定根이 發生됨을 보고했다. 이와같이 胚軸插穗中에서도 樹種에 따라 根原基의 形成部位가 다를 수 있으며, 또한 母樹의 年齡이 어릴수록 juvenility에 關聯하여 插穗의 發根能力이 높아짐을 알 수 있다.^{11,38)}

引用 文 獻

1. Byrne, J.M., K.A. Collins, P.F. Cashau and L.H. Aung. 1975. Adventitious root development from the seedling hypocotyl of *Lycopersicon Esculentum*. Amer. J. Bot. 62(7):731-737.
2. Cameron, R.J. and G.V. Thomson. 1969. The vegetative propagation of *Pinus radiata*; root initiation in cuttings. Bot. Gag. 130(4):242-51.
3. Carlson, M.C. 1950. Nodal adventitious roots in *Salix cardata*. Amer. J. Bot. 25:721-25.
4. Choi, M.B. and D.S. Koh, 1974. Some influences of the pith on the formation of root primordium of cuttings and anatomical investigation into rooting tissues. Jeonbug N. Univ. Thesis Collection. 16:17-33.
5. Coggeshall, R. 1957. The propagation of Asiatic maples. Amer. Nurseryman, May 1:9-10.
6. Doran, W.L. 1941. The propagation of some trees and shrubs by cuttings. Mass. Agric. Expt. Sta. Bul. 382:56.
7. Duhamel du Monceau, H.L. 1758. La physique des arbres. Vols I and II. Paris: Guerin and Delatour.
8. Edgerton, L.J. 1944. Two factors affecting rooting of red maple cuttings. Jour. Forestry 42:678-679.
9. Enright, L.J. 1958. Propagation of several species of *Acer* by cuttings. Jour. Forestry, 56:426-428.
10. Esau, K. 1953. Plant Anatomy. John Wiley and Sons, N.Y.
11. Gardner, F.E. 1929. The relationship between tree age and the rooting of cuttings. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 26:101-4.
12. Ginzburg, C. 1967. Organization of the adventitious root apex in *Tamerix aphylla*. Amer. J. Bot. 54:4-8.
13. Girouard, R.M. 1967a. Initiation and development of adventitious roots in stem cuttings of *Hedera helix*; Anatomical studies of the juvenile growth phase. Canad. Jour. Bot. 45:1881-1883.
14. Girouard, R.M. 1967b. Anatomy of adventitious root formation in stem cuttings. Proc. Inter. Plant Prop. Soc. 17:289-302.
15. Hartmann, H.T. and D.E. Keester, 1975. Plant Propagation. "Principles and Practices" Prentice-

- Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
16. Hiller, C.H. 1951. A study of the origin and development of callus and root primordia of *Taxus cuspidata* with reference to the effects of growth regulator. Master's thesis. Cornell Univ., Ithaca, N.Y. 68pp.
 17. Hong, S.O. 1969. Endogenous growth substances affecting rooting of cuttings of pines. Res. Rep. Inst. For. Gen., Korea. 7:1-33.
 18. Hong, S.O. and S.K. Hyun. 1970. Anatomical investigation on root formation in hypocotyl cuttings of pines. Res. Rep. Inst. For. Gen. Korea, 8:15-22.
 19. Hong, S.O. 1972. Rooting of cuttings in *Alnus hirsuta*. Res. Rep. Inst. For. Gen. Korea, 9:71-76.
 20. Hough, W.S. 1953. Effects of parental age, location on the tree and age on rooting of Douglas-fir cuttings. Univ. Brit. Col. For. Res. Cl. Res. Note 9.
 21. Hyun, S.K. and S.O. Hong. 1968. Fundamental mechanism of root formation in the cuttings of forest trees. Res. Rep. Inst. For. Gen., Korea 6: 1-52.
 22. Isikawa, H. 1974. In vitro formation of adventitious buds and roots on the hypocotyl of *Cryptomeria japonica*. Bot. Mag. Tokyo 87:73-77.
 23. Mahlstedt, J.P. and D.P. Watson. 1952. An anatomical study of adventitious root development in stems of *Vaccinium corybosum*. Bot. Gaz. 113:279-285.
 24. Mullan, D.P. 1931. A note on the development of adventitious roots from the petioles of the leaves. *Silvae Genet.* 13:133-9.
 25. Post, L.J. 1969. Vegetative reproduction and the control of mountain maple. Pulp and paper Mag. of Canada. Oct. 17.
 26. Sass, J.E. 1958. Botanical microtechnique. Iowa State Univ. Press, 12-84.
 27. Satoo, S. 1956. Anatomical studies on the rooting of cuttings in coniferous species. Bull. Tokyo Univ. Forests 51:109-158.
 28. Smith, E.P. 1928. A comparative study of the structure of the genus *Clematis* with special reference to anatomical changes induced by vegetative propagation. Roy. Soc. Edinburgh, Trans. 55:643-664.
 29. Smith, D.R. and T.A. Thorpe. 1975. Root initiation in cuttings of *Pinus radiata* seedlings. I. Developmental sequence. *Jour. Exp. Botany*, 26 (91):184-192.
 30. Snow, A.G. Jr. 1941. Variables affecting vegetative propagation of red and sugar maple. *Jour. Forestry* 39:395-404.
 31. Stangler, B. 1956. Origin and development of adventitious roots in stem cuttings of chrysanthemum, carnation and rose. Cornell Agr. Exp. Sta. Memoir 342, 24pp.
 32. Swartley, J.C. 1942. Adventitious root initiation in *Forsythia*, *Ribes* and *Caragana*. Master's thesis Ohio. State Univ. Columbus, Ohio.
 33. Taylor, G. 1926. The origin of adventitious growths in *Acanthus montanus*. Trans. Bot. Soc. Edinb., 29:291-6.
 34. Torrey, J.G. 1958. Endogenous bud and root formation by isolated roots of *Convolvulus* grown in vitro. *Plant Physiol.* 33:258-263.
 35. Webb, D.P. 1977. Root regeneration and bud dormancy of sugar maple, silver maple and white ash seedlings; Effects of chilling. *Forest Science*. 23(4):474-483.
 36. Wilson, C.L. 1927. Adventitious roots and shoots in an introduced weed. *Bull. Torrey Bot. Cl.*, 54:35-38.
 37. Yarborough, J.A. 1936. Regeneration in the foliage leaf of *Sedum*. *Amer. Jour. Bot.* 23:303-7.
 38. Yim, K.B. 1956. On the rooting of the cuttings of two conifer species. *Forest Science* Vol. 2. No. 3, 12-21pp.
 39. _____. 1961. Air-layering of *Lodgepolepine* and origin of adventitious roots. *Forest Science*, 7(3):227-231.
 40. _____ and K.Y. Ahn. 1978. Anatomical observation on root formation of *Picea abies* Karst cuttings. *Jour. Kor. Soc. Lan. Arch.* 6(2):25-28.

Legends for figures

- Fig. 1.** Rooted hypocotyl cuttings of *Acer* sp.
- Fig. 2.** A cross section of *Acer japonicum* hypocotyl ($\times 20$)
a: epidermis b: cortex c: vascular bundle d: phloem e: xylem
f: location of origin of adventitious root initials g: pith
- Fig. 3.** A cross section of *Acer micro-sieboldianum* hypocotyl ($\times 20$)
a: epidermis b: cortex c: vascular bundle d: phloem e: xylem
f: location of origin of adventitious root initials g: pith
- Fig. 4.** Root primordia developed in phloem parenchyma or interfascicular parenchyma (*A. saccharinum*, $\times 50$)
a: epidermis b: cortex c: vascular bundle d: xylem e: phloem
f: root primodium g: pith
- Fig. 5.** Adventitious roots formed in interfascicular parenchyma related with phloem cells (*A. japonicum* $\times 20$)
- Fig. 6.** Close-up of the Fig. 5 ($\times 50$)
- Fig. 7.** An adventitious root originated in interfascicular parenchyma related with phloem cells grows through cortex and epithermis (*A. micro-sieboldianum* $\times 20$)
- Fig. 8.** Close-up of the Fig.7 ($\times 50$)



