

산복사나무(*Prunus davidiana* FR.)의 成熟胚와 幼植物에 있어서 維管束系의 分化

洪性式 · 李載斗* · 蘇雄永**

(全南大學校 生物教育學科 · *成均館大學校 生物學科 · **全北大學校 生物學科)

Differentiation of the Vascular System in Mature Embryo and Seedling of *Prunus davidiana* FR.

Hong, Sung Sik, Chai Doo Lee* and Woong Young Soh**

(Department of Biology Education, Chonnam National University, Kwangju,

*Department of Biology, Sung Kyun Kwan University, Seoul and

**Department of Biology, Jeonbug National University, Jeonju)

ABSTRACT

To examine the differentiation and transition of vascular system in *Prunus davidiana* FR., the mature embryo and developing seedlings were embedded in paraplast and treated by clearing method. In mature embryo, the procambium was connected with the epicotyl-hypocotyl-radicle axis and cotyledons, whereas protophloem and protoxylem were restricted primarily to the mid-vein and two lateral veins of the cotyledonary base. With the onset of germination, protophloem and protoxylem were differentiated both acropetally and basipetally from the cotyledonary base. The first and second leaf traces appeared in the cotyledonary node, and then differentiated bidirectionally toward the epicotyl and the root tip. The 3rd to 6th leaf traces were connected with the cotyledonary traces in hypocotyl. At the part of the root tip, the xylem was a diarch. As the first and second leaf traces were superimposed at the middle part of the root, the diarch xylem was changed to a tetrarch. As the cotyledonary traces were diverged below the root base, the tetrarch xylem was changed to an octarch. It was suggested that the vascular system of the epicotyl might be superimposed on that of the cotyledon-hypocotyl-root during the formation of the primary vascular system of *Prunus davidiana*.

緒 論

種子植物에 胚가 發芽하여 幼植物이 되는 동안의 維管束分化에 관한 研究는 Buchholz and Old(1933)는 *Cedrus*屬 成熟胚의 子葉에서 原生木部를 관찰한 以來 많은 연구자들에 의하여 보고되었다(Carpenter, 1941; Nast, 1941; Esau, 1943; Miller and Wetmore, 1945;

* 本 論文은 1984年度 文敎部 學術研究 助成費에 의하여 研究되었음.

Spurr, 1950; Millington and Fisk, 1956; Mahlberg, 1960; Moens, 1963; Sundberg, 1983; Juncosa, 1984). 그러나 胚時期의 維管束分化에 관한 보고는 불충분한 것으로 Esau (1965a)는 지적한 바 있다. Esau(1943)는 몇몇 植物種의 成熟胚에서 原生篩部를 관찰하였으나, 原生木部는 幼植物에서 관찰하였다. *Populus*屬(Sundberg, 1983)에서도 原生篩部는 成熟胚 그리고 原生木部는 幼植物에서 관찰된 바 있다. 반면에, Juncosa(1984)는 *Cassipourea*屬 成熟胚의 子葉과 胚軸에서 原生篩部가 分化되기 전에 原生木部가 분화되어 있는 것을 확인하였고, *Phlox*屬(Miller and Wetmore, 1945) 成熟胚의 子葉에서도 유사한 분화과정이 보고된 바 있다. 그리고 Nast(1941)는 *Juglans*屬 成熟胚에서 原生篩部와 原生木部가 독립적으로 분화되는 것을 관찰한 바 있다.

胚가 發芽하여 幼植物을 형성하는 단계에서 維管束이 分化되는 樣相은 다양하다. Compton (1912)을 위시한 여러 연구자들(Winter, 1932; Crooks, 1933; McMurray and Fisk, 1936; Allen, 1947; Scheirer and Hillson, 1973)은 上胚軸의 維管束은 子葉-胚軸-根系의 維管束에 追加됨을 확인하였고, James(1950)와 몇몇 연구자들(Weaver, 1960; Pyykko, 1974)은 子葉-胚軸-根系에 上胚軸의 一期木部만이 追加로 速綴되는 것으로 보고하였으며, Marsden and Bailey(1955)와 Bisalputra(1961)는 胚軸-根系, 子葉系 및 上胚軸系는 相異한 것으로 취급하였다. 그리고 Eames and MacDaniels(1947)와 Sundberg(1983)는 上胚軸-胚軸-根系은 單一系라고 解析하였다.

洪과 蘇(1983)는 은행나무, 洪(1984)은 수락의 成熟胚와 幼植物에서 維管束分化에 관해 보고한 바 있다.

本 研究은 산복사나무의 成熟胚에서 維管束의 分化與否, 幼植物에서 維管束이 分化되는 위치와 방향 그리고 維管束轉移와 維管束系의 形成過程을 究明하고자 試圖되었다.

材料 및 方法

1984년 9월 중순경에 지리산 피아골에서 採取한 산복사나무의 種子를 4°C에서 20일간 低溫處理한 것을 成熟胚로 하고, 이를 growth cabinet內的 모래에 파종하여 種皮가 破裂된 種子的 胚, 그리고 種皮가 破裂된 種子만을 growth cabinet內的 모래에 재파종하여 1일 간격으로 4회 採取한 幼植物들을 材料로 이용하였다. growth cabinet內的 조건은 16시간 照明(4,000 lux; 25±1°C)과 8시간 遮光으로 구분하고, 遮光時의 온도는 20±1°C로 조절하였으며, 습도는 70~80%로 유지시켰다.

단계별로 채취된 材料를 部位別로 測定한 후, FAA液에서 48시간 固定시켰다. safranin과 hematoxylin으로 염색한 것을 제외하고는 은행나무(洪과 蘇, 1983)에서와 동일한 방법으로 영구표본을 제작하여 관찰하였다. 다른 한편으로는 단계별로 채취된 材料를 clearing method(Shobe and Lersten, 1967)에 의한 임시표본을 만들어 一期木部의 분화과정을 관찰하였다.

結 果

成熟胚. 산복사나무는 無胚乳種子로 子葉이 다른 胚器官에 비하여 대단히 크다(Table

1). 胚의 해부학적 특성을 살펴보면, 前形成層은 子葉과 上胚軸-胚軸-幼根의 전반에 걸쳐 分布되고 있으나 子葉先端部에는 分布되지 않고 있다(Fig. 1A-B). 上胚軸은 대단히 짧지만 2개의 어린 제1·2葉과 6개의 葉原基가 형성되어 있으며, 그 중 제1·2葉은 길이가 1,500 μm 로 上胚軸보다 2배 이상 더 길다. 제1·2葉의 중앙부에 위치한 主脈의 長軸에는 前形成層이 분화되어 上胚軸의 前形成層과 연속되어 있으나(Fig. 1B), 나머지 6개의 葉原基에서는 前形成層을 識別하지 못 하였다. 原生節部는 子葉의 主脈과 그 좌우에 있는 두 側脈의 基部에서 前形成層의 바깥쪽 부분에 분화되어 있는데(Fig. 1A), 이 부위에서는 核이 소실된 篩管要素들이 관찰된다. 原生木部도 原生節部가 분화된 위치에서 前形成層의 안쪽 부분에 原生節部보다 짧게 분화되어 있다(Fig. 1A, 4). 原生木部內에는 細胞質이 소실된 螺旋狀導管이 관찰되며, 분화되어 있는 부위의 중앙부에서 4~5개로 가장 많이 관찰된다. 胚의 主

Table 1. Length of epicotyl, hypocotyl, root and cotyledon during the growth of *Prunus davidiana* FR. seedling (mm)

Growth	Epicotyl	Hypocotyl	(Radicl)e Root	Cotyledon
Mature embryo	0.63±0.05	0.20±0.02	(0.82±0.04)	14.42±0.49
Embryo at the time of seed coat rupture	0.70±0.04	0.42±0.08	1.42±0.26	14.95±0.50
1st day after rupture	0.93±0.07	0.95±0.10	2.75±0.51	14.55±0.41
2nd day after rupture	1.21±0.09	1.31±0.25	4.89±0.96	14.88±0.76
3rd day after rupture	1.41±0.18	1.55±0.31	9.58±1.21	14.60±0.51
4th day after rupture	1.64±0.39	1.81±0.36	14.75±1.85	14.98±0.78

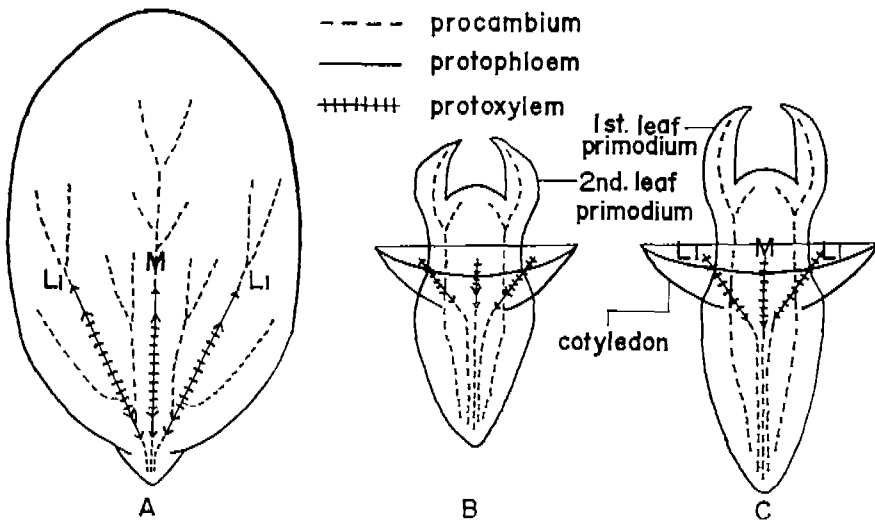


Fig. 1. Schematic diagrams of vascularization in embryos of *Prunus davidiana*. A and B; Mature embryo, C; Embryo at the time of seed coat rupture, M; Mid-vein, L1; Lateral vein.

軸에서는 原生篩部나 原生木部가 分化되지 않았지만, 子葉節에서는 原生篩部가 될 前形成層의 右側에 細胞分裂이 시작되고 있다.

種皮破裂時의 胚. 成熟種子를 파종한 후 7일경부터 種皮가 破裂되기 시작한다. 이 時期의 胚에서 胚軸-根은 成熟胚에서 보다 거의 2배로 伸長되지만, 上胚軸과 子葉은 거의 伸長되지 않고 있다(Table 1). 胚軸-根이 신장됨에 따라 前形成層의 分化도 根端部로 진행된다. 子葉은 거의 신장되지 않을지라도 前形成層의 分化는 求頂的인 先端部로 진행된다. 子葉基部에 分化되어 있던 原生篩部는 求頂的으로 子葉의 中央部까지, 求基的으로는 胚軸까지 分化된다(Fig. 1C). 역시 子葉基部에서 原生篩部の 반대쪽에 분화되어 있던 原生木部도 兩極性을 띠면서 分化되는데, 先端方向으로는 子葉의 中央部까지, 胚軸方向으로는 子葉節까지 伸縮되며, 原生木部の 伸縮과정에서는 가끔 不連續的인 경우도 관찰된다(Fig. 5). 子葉節에서 제1·2葉跡과 연속된 維管束에서는 子葉과는 별도로 原生篩部가 分化되어 上胚軸과 胚軸의 兩方向으로 진행되기 시작하지만, 原生木部는 分化되지 않고 있다(Fig. 1C).

幼植物에서 維管束組織의 分化. 發芽開始와 더불어 뿌리는 신속하게 신장되어 種皮破裂 4일 후에는 거의 1.5cm에 이르고, 上胚·軸과 胚軸은 점진적으로 신장된다(Table 1). 胚軸은 種皮破裂 4일 이후에도 2mm정도로 유지되고, 子葉은 거의 成熟胚의 상태로 남아 있다.

種皮破裂 1일 후에 이미 子葉의 主脈과 2개의 側脈에 분화되어 있는 原生篩部와 原生木部는 兩極方向으로 더욱 分化되는데, 뿌리방향으로 분화되는 原生篩部는 뿌리基部(Fig. 2A)까지, 原生木部는 子葉節을 지나 胚軸(Fig. 2A, 6)까지 분화되어 子葉跡으로 연속된다. 子葉節의 횡단면에서 제1·2葉의 방향에 3개씩 모여 있는 維管束들이 구별되는데, 이들 중 중앙에 있는 維管束들은 제1·2葉의 主脈과, 좌우에 있는 2개씩의 維管束들은 제1·2葉의 側脈들과 연속된다. 이들 중 제1·2葉의 主脈과 연속된 維管束들에서는 原生篩部와 原生木部

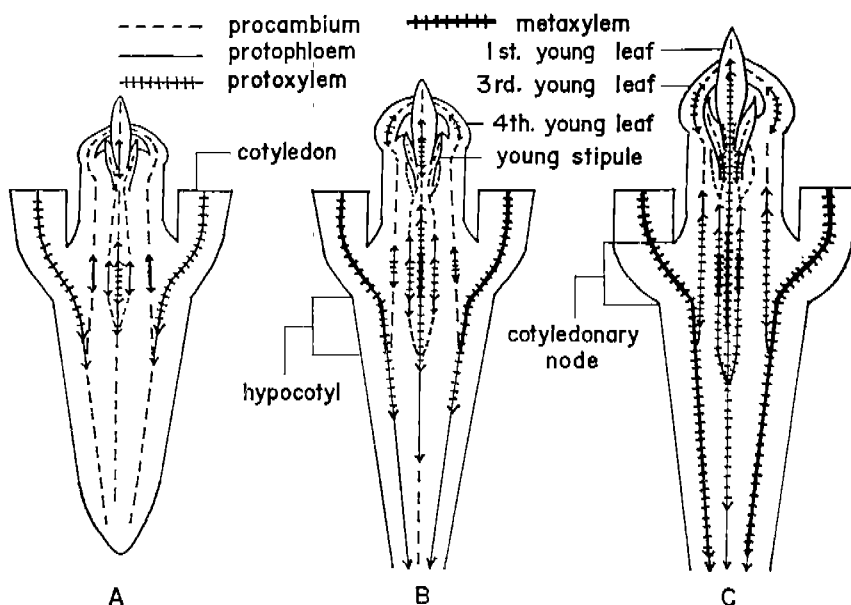


Fig. 2. Schematic diagrams of primary vascular differentiation in the seedlings 1(A), 2(B) and 3(C) days old after seed coat rupture.

가 兩極木部가 兩極方向으로 分化되고 있으나, 나머지 維管束들과 제3·4葉의 主脈들과 연속된 維管束들에서는 原生節部가 分化되기 시작하고 있다(Fig. 2A). 이와는 별도로 제 1葉基部에서도 原生節部가 分化되고 있다(Fig. 2A).

種皮破裂 2일 후에 子葉跡에는 後生木部가 성숙되며, 原生節部와 原生木部는 뿌리까지 분화된다(Fig. 2B). 子葉節에서 제1·2葉의 側脈들과 연속되거나 제3·4葉의 主脈과 연속된 維管束들에서도 原生木部들이 兩極方向으로 分化되고 있다(Fig. 2B). 그리고 제 1葉의 主脈基部에서도 原生木部가 兩極性을 띠면서 분화되는데, 子葉節에서 제 1葉跡의 主脈과 연속된 維管束에서 求頂적으로 分化되는 原生木部와는 아직 제 1葉節에서 不連續되고 있다(Fig. 8).

種皮破裂 3일 후에 後生木部들은 더욱 성숙되고, 뿌리방향으로 分化되는 子葉의 主脈跡과 2개의 側脈跡은 뿌리基部 아래에서 하나로 합쳐지고, 또 子葉節에서 3개씩으로 분리된 제1·2葉跡들은 각각 胚軸에서 하나로 합쳐져 뿌리로 연속되는 뿌리의 維管束系를 구성하게 된다(Fig. 2C). 그러나 제3, 4, 5, 6葉跡들은 胚軸에서 子葉跡들과 합쳐지게 되고, 또 제 1葉의 主脈基部에서 求基적으로 分化되는 原生木部와 子葉節의 제 1葉跡으로 부터 求頂적으로 分化되는 原生木部는 제 1葉節에서 연결됨으로서 제 1葉跡이 완성된다(Fig. 2C, 9).

幼植物에서 一期維管束의 轉移. 種皮破裂 4일 후의 幼植物에서는 一期維管組織이 각 부위 별로 분화되어 연결되고 있다. 뿌리의 根端部에서는 2개의 子葉跡에 연속된 外原型木部가 분화되어 二原型木部를 형성하고 있으나, 一期節部는 4개로 분리되어 있다(Fig. 3). 뿌리의 中央部에서는 2개의 子葉跡에 연속된 木部極에 제1·2葉跡의 木部極이 追加됨으로서 四原型木部를 형성하게 된다(Fig. 3, 11). 뿌리基部 아래에서 後生木部는 원심적으로 이동되기 시작하고, 또 2개의 子葉跡은 각각 3개씩의 木部極으로 분리되어 제1·2葉跡의 木部極과 함께 八原型木部를 구성하게 되며, 4개의 一期節部도 원심적으로 각각 2개씩 분리되어 8개의 一期節部를 만든다(Fig. 3, 12). 뿌리基부와 胚軸사이에서 一期木部는 內原型木部로 전환되고, 8개의 一期節部들도 8개의 木部極을 중심으로 이동됨으로서 8개의 並立維管束의 형태를 갖추게 된다(Fig. 3, 13). 그리고 胚軸의 子葉跡들에서 분리된 4개의 작은 維管束들은 子葉節을 거쳐 제3, 4, 5, 6葉跡들로 연속된다. 뿌리基部 아래에서 3개로 분리되기 시작한 1개의 子葉跡은 胚軸에서 3개의 並立維管束으로 독립되면서 子葉의 主脈과 2개의 側脈으로 연속된다. 그리고 胚軸에서 1개씩의 並立維管束으로 된 제1·2葉跡들은 子葉節에서 각각 3개씩으로 분리되고, 제3, 4, 5, 6葉跡들은 子葉跡들 사이에서 뚜렷하게 나타난다(Fig. 3,

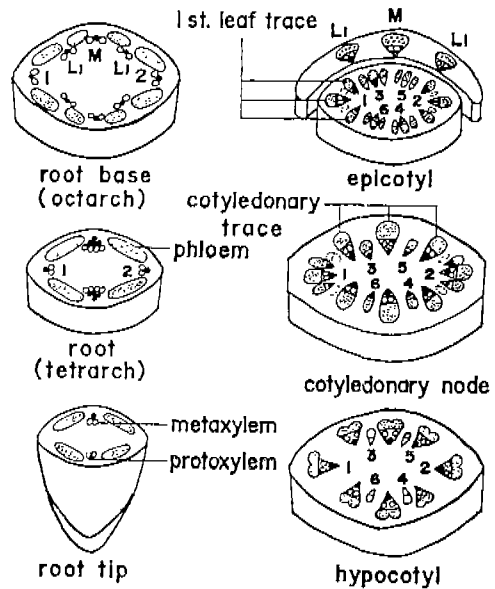


Fig. 3. Diagrams illustrating the vascular transition in root, hypocotyl, epicotyl and cotyledons of 4 days old seedling.

14). 子葉節에서 3개로 분리된 第1葉跡 가운데 중앙에 있는 維管束은 上胚軸을 지나 第1葉의 主脈으로 연속되고, 나머지 2개의 維管束들은 第1節間중앙에서 각각 2개로 分岐되어 일부는 第1葉의 托葉跡과 本葉의 側脈跡으로 연속되고, 나머지는 세로 형성되는 葉跡으로 연속되게 된다(Fig. 10). 그리고 子葉節에 있던 第3, 4, 5, 6葉跡들은 上胚軸의 第1節間에서 각각 3개씩으로 분리되며(Fig. 3, 15), 이들도 第1葉跡과 같은 양상으로 각각의 葉跡들과 연속된다.

이와같이 산복사나무의 幼植物에서 一期維管束의 轉移는 뿌리基部에서 시작되어 子葉節에서 완성되고, 維管束系는 子葉-胚軸-根의 維管束系에 子葉節에서 起源된 上胚軸의 維管束系가 追加되어 一期維管束系를 형성하게 된다(Fig. 16).

考 察

種子植物의 成熟胚에서 維管束組織이 分化되어 있다는 보고는 일부 식물들에서 찾아 볼 수 있지만, 이들의 대다수가 原生篩部만 分化되어 있거나(Esau, 1943; Moens, 1963; Sundberg, 1983; 洪, 1984), 原生木部가 分化되어 있는 경우이다(Buchholz and Old, 1933; Juncosa, 1984). 그리고 *Phlox*屬(Miller and Wetmore, 1945)의 子葉과 *Coffea*屬(Moens, 1963)의 胚軸에서 原生木部가 관찰된 바 있으나, Esau(1965a)는 原生木部에 2차벽이 비후되었을 지라도 原形體들이 잔존한다면 未熟한 것이기 때문에 이들의 成熟與否에 의문을 제기하고 있다. 또 子葉에 原生木部가 分化되어 있는 *Cedrus*屬(Buchholz and Old, 1933)에서 原生篩部の 分化는 미확인되었는데, 이의 分化與否에 대해서는 자세한 관찰이 필요하다고 생각된다. 그러나 *Juglans*屬(Nast, 1941)의 胚軸에서는 原生篩部가, 子葉跡에서는 原生木部가 관찰된 예가 있고, 또 은행나무(洪과 蘇, 1983)의 子葉과 드물게는 胚軸上部에서 原生篩部和 原生木部가 分化되어 있는 것으로 보고된 바 있는데, 이들을 제외하고는 成熟胚에서 原生篩部和 原生木部가 모두 分化되어 있는 경우는 찾아보기 어렵다. 산복사나무의 成熟胚를 관찰한 결과, 子葉의 主脈과 두 側脈의 基部에 核이 소실된 原生篩部和 細胞內腔이 비어있고 2차벽이 螺旋狀으로 비후된 原生木部가 分化되어 있는 것이 확인되었다.

維管束組織의 分化순서에 있어서 Esau(1943)는 여러 植物種에서 原生篩部가 먼저 分化되는 것을 관찰하였고, *Coffea*屬(Moens, 1963), *Populus*屬(Sundberg, 1983), 은행나무(洪과 蘇, 1983) 및 수박(洪, 1984)에서도 이와 유사하게 分化되는 것으로 보고된 바 있다. 그러나 *Phlox*屬(Miller and Wetmore, 1945)와 *Cassipourea*屬(Juncosa, 1984)에서는 原生木部에 이어 原生篩部가 分化되는 것으로 보고되어 있다. 그리고 一期維管束組織들이 최초로 分化되는 위치도 다양하게 나타나고 있다. 原生篩部는 胚軸(Miller and Wetmore, 1945)이나 子葉(洪, 1984)에서 최초로 分化되는 경우가 보고된 반면에, 原生木部の 경우는 子葉(Buchholz and Old, 1933; Arnott, 1962; 洪, 1984), 胚軸(Spurr, 1950) 및 子葉節(Allen, 1947; Sundberg, 1983)의 어느 한 部位에서 최초로 分化되는가 하면, *Cassipourea*屬(Juncosa, 1984)과 은행나무(洪과 蘇, 1983) 그리고 *Coffea*屬(Moens, 1963)에서는 子葉과 胚軸의 두 部位에서 分化되는 것으로 보고되어 있다. 산복사나무에서는 子葉基部에서 최초로 原生篩部の 分化에 이어 原生木部가 分化되는 것으로 관찰된다.

原生篩部の 分化方向에 있어서 *Phlox*屬(Miller and Wetmore, 1945)의 胚軸基部에 分化

된 原生節部는 兩極性을 띄면서 분화되는 것으로記載되어 있고, 은행나무(洪과 蘇, 1983)와 수박(洪, 1984)에서도 이와 유사한 과정이 관찰된 바 있다. 原生木部의 分化方向은 子葉 또는 子葉節에서 兩極性이라고記載되어 있다. (Miller and Wetmore, 1945; Arnott, 1962; Sunberg, 1983). 그리고 *Cassipourea*屬(Juncosa, 1984)의 子葉과 胚軸에 독립적으로 분화된 原生木部는 각각 求基的 및 求頂的인 方向으로 분화되어 子葉節에서 연결되는 것으로記術되어 있는데, 이와 유사한 분화양식이 은행나무(洪과 蘇, 1983)에서도 보고된 바 있다. 산복사나무의 子葉基部和 子葉節에서 起原한 葉跡들의 原生節部와 原生木部 역시 兩極性을 띄는 것으로 관찰된다. 또 第1葉의 基部에 분화된 原生木部는 求基的으로, 子葉節의 제1葉跡에서 求頂的으로 분화된 原生木部는 第1葉節에서 연결되는데, 이는 *Cassipourea*屬(Juncosa, 1984)의 경우와 일치된다.

原生木部의 不連續的인 분화는 *Phlox*屬(Miller and Wetmore, 1945)과 수박(洪, 1984)의 子葉에서 보고된 바 있고, 또 수박(洪, 1984)의 子葉節과 胚軸-뿌리基部사이에서는 後生木部의 不連續的인 分化가 관찰된 바 있다. 그리고 Esau(1965a)도 子葉이나 잎에서 一期木部의 分化는 不連續的이라고 기술하고 있다. 산복사나무의 子葉(Fig. 5)과 第1葉節(Fig. 8)에서도 原生木部의 不連續的인 分化가 관찰되지만, 왜 不連續的인가에 대해서는 더 많은 연구가 요청된다.

一期維管束의 轉移는 사탕무우(Esau, 1965b)와 *Chenopodiaceae*(Bisalputra, 1961)의 경우에서는 胚軸上部와 子葉사이에서 이루어지고, 해바라기(Siler, 1931; Scheirer and Hillson, 1973)와 수박(洪과 楊, 1984)에서는 뿌리基部에서 시작되어 胚軸下部에서 완성되며, 은행나무(洪과 蘇, 1983)는 뿌리基部에서 시작되지만 子葉節에서 완성된다. 산복사나무에서는 胚軸이 짧은 은행나무(洪과 蘇, 1983)에서와 유사하게 이루어진다. 그리고 은행나무(洪과 蘇, 1983)의 뿌리에서는 2개의 子葉跡木部에 제1·2葉跡의 木部가 追加되는 시기에 따라 二原型, 三原型 및 四原型木部로 변화되는 것이 보고된 바 있다. 산복사나무의 뿌리에서는 根端部에서 두 子葉跡의 木部만 분화되어 있을 때는 二原型, 여기에 第1·2葉跡이 追加되면 四原型木部로 되고(Fig. 11), 또 子葉跡들이 分岐되면 八原型木部로 전환된다(Fig. 12).

成熟胚로 부터 發芽가 開始되면서 子葉-胚軸-根의 維管束系가 확립되고, 이에 上胚軸의 維管束系가 연속됨으로서 一期維管束系가 완성된다. 산복사나무의 경우를 보면, 成熟胚에서 子葉의 主脈과 두 側脈의 基部에 分化된 一期維管束은 幼植物에서 求頂的 및 求基的으로 분화되어 子葉-胚軸-根의 維管束系가 확립되고, 이와는 별도로 種皮破裂 1일 후의 子葉節에서 분화되기 시작한 葉跡들이 분화됨으로서 上胚軸의 維管束系가 이룩된다. 따라서 산복사나무의 幼植物에서 유관속의 분화순서와 구조로 보았을 때, 一期維管束系는 子葉-胚軸-根의 維管束系에 上胚軸의 維管束系가 追加連結되는 것으로 판단된다(Fig. 16).

이와같은 維管束系에 대한 解析은 여러 植物들(Compton, 1912; Winter, 1932; Crooks, 1933; McMurray and Fisk, 1936; Allen, 1947; Scheirer and Hillson, 1973; 洪과 蘇, 1983)에서 관찰된 결과와 일치된다.

摘 要

산복사나무의 成熟胚와 幼植物을 paraplast에 매들시켜 영구표본을 제작하고, 또 clearing方法에 의한

임시표본을 만들어 維管束系의 分化和 維管束轉移를 관찰하였다. 成熟胚에서 前形成層은 胚 전반에 걸쳐 分布되어 있으나, 原生篩部와 原生木部는 子葉基部의 主脈과 두 側脈에 分化되어 있다. 種子發芽와 더불어 原生篩部와 原生木部는 子葉基部로 부터 求頂的 및 求基的으로 分化되고, 또 子葉節에 분화된 第1·2葉跡의 原生篩部와 原生木部 역시 上胚軸과 根端方向으로 分化된다. 子葉節에 分化된 第1·2葉跡은 뿌리까지 연속되지만, 第3, 4, 5, 6葉跡은 胚軸에서 子葉跡들과 연결된다. 이런 뿌리에서는 처음에 二原型木部가 형성되고, 여기에 第1·2葉跡이 追加되면 四原型木部로 전환된다. 四原型木部는 뿌리基部 아래에서 두 子葉跡이 각각 3개씩으로 分岐되면서 八原型木部를 구성하게 된다. 산복사나무의 一期維管束系는 子葉-胚軸-根의 維管束系에 上胚軸의 維管束系가 追加됨으로써 완성되는 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- Allen, G.S. 1947. Embryogeny and development of the apical meristems of *Pseudotsuga*. II. Late Embryogeny. *Amer. J. Bot.* 34: 73-80.
- Arnott, H.J. 1962. The seed, germination, and seedling of *Yucca*. *Univ. Calif. Publ. Bot.* 35: 1-164.
- Bisalputra, T. 1961. Anatomical and morphological studies in the Chenopodiaceae. *Aust. J. Bot.* 9: 1-18.
- Buchholz, J.T. and E.M. Old. 1933. The anatomy of the embryo of *Cedrus* in dormant stage. *Amer. J. Bot.* 20: 35-44.
- Carpenter, A.M. 1941. Seedling anatomy of certain Pinaceae. *Univ. Pittsburgh Bull.* 37: 1-8.
- Compton, R.H. 1912. An investigation of seedling structure in the Leguminosae. *J. Linn. Soc. London(Bot.)* 41: 1-132.
- Crooks, D.M. 1933. Histological and regenerative studies on the flax seedling. *Bot. Gaz.* 95: 209-239.
- Eames, A.J. and L.H. MacDaniels. 1947. Introduction to plant anatomy. 2nd ed. McGraw-Hill, New York. pp. 1-427.
- Esau, K. 1943. Origin and development of primary vascular tissues in seed plants. *Bot. Rev.* 9: 125-206.
- Esau, K. 1965a. Vascular Differentiation in Plants. Holt, Rinehart and Winston. New York. pp. 1-160.
- Esau, K. 1965b. Plant Anatomy. 2nd ed. John Willey and Sons. New York. pp. 1-767.
- 洪性式·蘇雄永. 1983. 은행나무의 成熟胚 및 幼植物에 있어서 維管束組織의 分化. 韓國植物學會誌, 26: 207-216.
- 洪性式. 1984. 수락의 成熟胚 및 初期幼植物에 있어서 一期木部の 分化. 全南大 科學教育研究誌, 9: 81-90.
- 洪性式·楊秉堯. 1984. 수락의 成熟胚와 幼植物에 있어서 一期維管束의 轉移. 全南大 科學教育研究誌, 9: 91-99.
- James, L.E. 1950. Studies in the vascular and developmental anatomy of the subgenus *Hesperastragalus*. *Amer. J. Bot.* 37: 373-378.
- Juncosa, A.M. 1984. Embryogenesis and seedling development in *Cassiopourea elliptica*(SW.) Poir. (*Rhizophoraceae*). *Amer. J. Bot.* 71: 170-179.
- Mahlberg, P.G. 1960. Embryogney and histogenesis in *Nerium oleander* L. I. Organization of primary

- meristmatic tissues. *Phytomorphology* 10: 118-131.
- Marsden, M.P.F. and I.W. Bailey. 1955. A fourth type of nodal anatomy in dicotyledons illustrated by *Clerodendron trichotomum* Thunb. *J. Arnold Arbor. Harv. Univ.* 36: 1-50.
- McMurray, E.b. and E.L. Fisk. 1936. Vascular anatomy of the seedling of *Melilotus alba*. *Bot. Gaz.* 98: 121-134.
- Miller, H.A. and R.H. Wetmore. 1945. Studies in the developmental anatomy of *Phlox drummondii* Hook. I. The embryo. *Amer. J. Bot.* 32: 588-599.
- Millington, W.F. and E.L. Fisk. 1956. Shoot development in *Xanthium Pennsylvanicum*. I. The vegetative plant. *Amer. J. Bot.* 43: 655-665.
- Moens, P. 1963. La vascularization de l'embryon et la plantule de *Coffea canephora* Pierre. *Cellule* 64: 71-126.
- Nast, C.G. 1941. The embryogeny and seedling morphology of *Juglans rigia* L. *Lilloa* 6: 163-205.
- Pyykko, M. 1974. Developmental anatomy of the seedling of *Honkenya peploidis*. *Ann. Bot. Fenn.* 11: 253-261.
- Scheirer, D.C. and C.J. Hillson. 1973. The vascular transition region of *Helianthus annuus*. I. Bilateral and unilateral patterns of differentiation. *Amer. J. Bot.* 60: 242-246.
- Shobe, W.R. and N.R. Lersten. 1967. A technique for clearing and staining gymnosperm leaves. *Bot. Gaz.* 128: 150-152.
- Siler, M.B. 1931. The transition from root to stem in *Helianthus annuus*. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 50: 268-274.
- Spurr, A.R. 1950. Organization of the procambium and development of the secretory cells in the embryo of *Pinus strobus* L. *Amer. J. Bot.* 37: 185-197.
- Sundberg, M.D. 1983. Vascular development in the transition region of *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. seedlings. *Amer. J. Bot.* 70: 735-743.
- Weaver, H.L. 1960. Vascularization of the root-hypocotyl-cotyledon axis of *Glycine max* (L.) Merrill. *Phytomorphology* 10: 82-86.
- Winter, C.W. 1932. Vascular system of young plants of *Medicago sativa*. *Bot. Gaz.* 94: 152-167.

Explanation of Figures

Figs. 4-10. Vascular differentiation in mature embryo and developing seedlings. Fig. 4. Cleared cotyledon. Protoxylem differentiating in cotyledonary base of mature embryo. Fig. 5. Cleared embryo at the time of seed coat rupture. Protoxylem differentiating basipetally from cotyledonary base to cotyledonary node. Notice protoxylem (arrow) differentiating discontinuously. Fig. 6. Cleared cotyledonary node. Protoxylem differentiating basipetally from cotyledonary base to hypocotyl in 1 day old seedling. Fig. 7. Transverse section of the 1st leaf trace in cotyledonary node of 2 days old seedling. Fig. 8. Protoxylem of the 1st leaf trace differentiating discontinuously in the 1st node of 2 days old seedling. Fig. 9. Primary xylem connection in 3 days old seedling. Fig. 10. Divergence of lateral vein in the 1st internode of 4 days old seedling.

Figs. 11-16. Vascular transition and primary xylem system in 4 days old seedling. Fig. 11. Tetrarch xylem of root. Fig. 12. Octarch xylem of root base. Fig. 13. Collateral vascular bundles of leaf and cotyledonary traces in hypocotyl. Fig. 14. Leaf and cotyledonary traces of cotyledonary node. Notice three vascular bundles composing the 1st leaf trace. Fig. 15. Leaf traces of the 1st internode. Fig. 16. Cleared seedling. Primary xylem system of cotyledon-hypocotyl-root and epicotyl. *Abbreviations:* C, cotyledon; CN, cotyledonary node; CT, cotyledonary trace; H, hypocotyl; L, lateral vein trace; M, mid-vein trace; N, 1st node; PP, protophloem; PX, protoxylem; S, sym-podium, Arabic figures indicate leaf traces.

