

## 水平으로 位置한 은단풍(*Acer saccharinum* L.) 幼植物의 第1節間에 있어서 反應組織의 分化

姜 京 德·蘇 雄 永  
(全北大學校 自然科學大學 生物學科)

### Differentiation of Reaction Tissues in the First Internode of *Acer saccharinum* L. Seedling Positioned Horizontally

Kang, Kyung Duck and Woong Young Soh  
(Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju)

#### ABSTRACT

In order to elucidate the formation of reaction tissues during the transition from primary to secondary growth, the developmental anatomy was conducted in the first internode of *Acer saccharinum* seedling in horizontal position. During the transition from primary to secondary growth, tension wood(gelatinous fiber) was gradually developed on the upper side only. And the tension wood formation in the upper side of the horizontal first internode proceeds acropetally from base to apical portion. Some of the anatomical features of tension wood start to be in the primary vascular tissue and a typical tension wood show during the secondary growth. Therefore, the procambium seems to respond to the gravity as well as vascular cambium. For this reason, both procambium and vascular cambium has to regard as the same meristem. On the other hand, the upper side vessels were longer than those of the lower side in the horizontal first internode. The lateral-wall pitting of vessel elements, however, showed no differences between upper and lower sides which have alternate type. The width and height of ray on the upper side of horizontal first internode was larger as compared with the lower side.

#### 緒 論

줄기가 水平으로 위치할 경우 二期組織 分化過程에 많은 변화가 일어나서 偏心 異常生長을 하게 된다(Robards, 1965; Philipson *et al.*, 1971; Esau, 1977). 被子植物에 있어서는 이와 같은 편심적인 肥大生長 중에 수평으로 위치한 가지나 줄기의 上部에 張力材(tension wood)가 형성된다는 사실이 이미 알려진 바 있다(Perem, 1964; Wardrop, 1964, 1965; Hughes, 1965; Philipson *et al.*, 1971; Wilson and Archer, 1977). 피자식물의 張力材에 관한 연구는 裸子植物의 反應材인 壓縮材에 비하면 미진한 실정이다. 張力材에 관한 지금까지의 연구는 木部に 膠質纖維가 형성되어 二次壁의 내측에 비후한 구조에 대한 해부학적 연구가 주로 이루어졌고(Onaka, 1949; White, 1962; Wardrop, 1964;

Hughes, 1965; Robards, 1965; Scurfield, 1973; Fisher and Stevenson, 1981; Fisher, 1985; Mueller, 1988), 導管要素의 길이 비교 및 放射組織에 관한 연구는 비교적 부진한 상태이다.

한편, 나자식물의 莖葉部に 있어서 유관속형성층의 발생과 압축재의 형성에 관한 연구 결과에 의하면, 壓縮材의 形成은 一期維管束組織의 分化과정에서가 아니고 유관속형성층으로부터 분화되는 二期木部組織들의 分化과정에서 일어나는 것으로 보고된 바 있다(Yoshizawa *et al.*, 1986). 그러나 張力材의 解剖學의 特性에 관한 대부분의 연구에서, 水平 위치에서 生長하는 동안에 분화되는 張力材에 대하여 維管束形成層의 초기발생과 관련지어 수행한 연구는 거의 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구는 중력 자극을 받는 경우 식물체의 一

期主長으로 부터 이어지는 二期生長 初期에 維管束組織의 發生에 어떤 변화가 일어나는지를 알아보기 위하여, 幼植物이 水平 위치에서 生長하는 동안에 反應組織의 發生을 규명하고자 수행되었다.

### 材料 및 方法

**材料 植物의 栽培.** 실험재료는 약 0.4 g의 무게에 해당하는 은단풍(*Acer saccharinum* L.)의 種子만을 선별하여 25°C가 유지되는 암처의 호르는 물에서 3시간 정도 침적시켰다. 이어 축축한 가아제를 24시간 덮어 놓아서 種皮가 과열되어 幼根의 길이가 1 mm 정도의 種子만을 골라 水洗한 모래(직경 1-1.5 mm)가 담긴 종이컵(직경 80 mm, 높이 120 mm)에 移植하여 온실내에서 栽培하였다.

**材料 採取 方法 및 處理.** 移植한 후 5日째 第1節間의 길이가 30 mm에 해당하는 幼植物만을 선정하여 은행나무에 대한 연구(Kang and Soh, 1990)에서와 같은 방식으로 줄기가 水平으로 生長하도록 처리한 후에 채취하였다.

**光學顯微鏡 및 電子顯微鏡的 觀察.** 해부학적인 관찰을 위해 채취한 재료를 고정 전에 主軸의 上部를 먹물로 표시하여 FAA에 넣어 고정시켰다. 膠質纖維의 識別을 위하여 Robards and Purvis(1964) 방식을 변형시켜 safranin과 methyl cellosolve로 용해시킨 1% chlorazol black E로 염색하여 영구조직 표본을 제작하였다. 이외에는 저자의 연구에서와 동일한 방법으로 진행하였다(Kang and Soh, 1990).

### 結 果

**橫斷面 觀察.** 膠質纖維의 발달 상태, 導管의 크기와 數 및 導管의 二次壁의 木質化 정도를 중심으로 第1節間의 生長 중의 관찰을 편의상 (1) 一期生長의 末期, (2) 二期生長의 初期 및 (3) 二期生長의 中期로 나누어서 기재하고자 한다. 한편, 一期木部에서 교질섬유의 발달 여부를 확인하기 위하여, 一期木部와 二期木部の 구분은 저자의 연구 결과를 따랐다(Soh *et al.*, 1990). 본 연구에 있어서 一期生長의 末期는 Soh *et al.*(1990)의 伸長 減少期에 해당하였다.

먼저 수평 위치로의 생장을 유도할 당시 수직으로 正常生長한 은단풍 유식물의 第1節間에 있어서 유관속조직의 분화 상태를 살펴보면, 횡단면에서 維管束間組織의 並層分裂이 일어나기 시작하고 있다(Fig. 1). 유관속 내부에서는 前形成層 세포들이 방사상으로 다소 납작하게 배열하고 있고, 병층분열이 일어난 결과 각 放射列들은 2-3개의 세포로 이루어져 있다(Fig. 1.pc). 전형성층 안쪽에 一期木部 要素들이 하나의 방사열을 이루고 있다(Fig. 1.px). 전형성

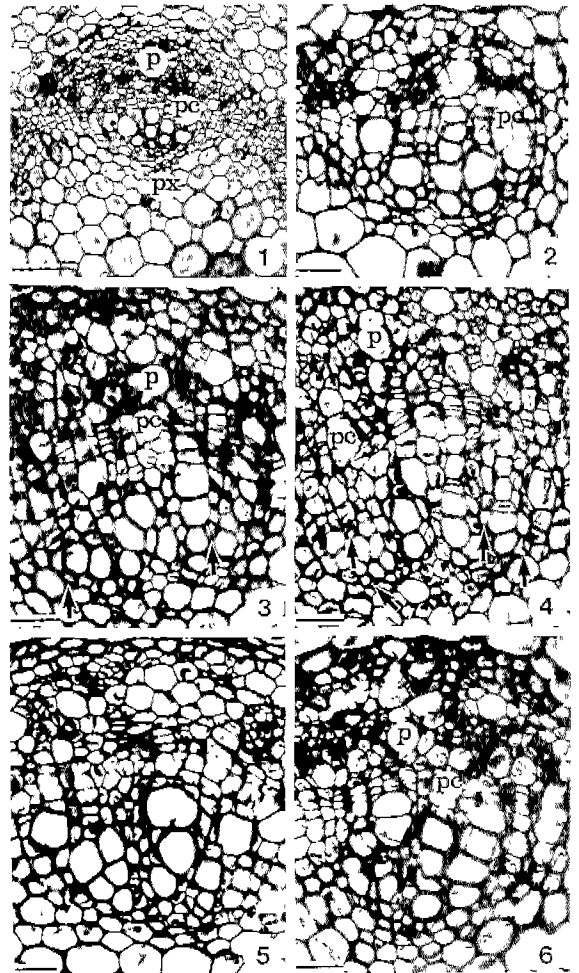
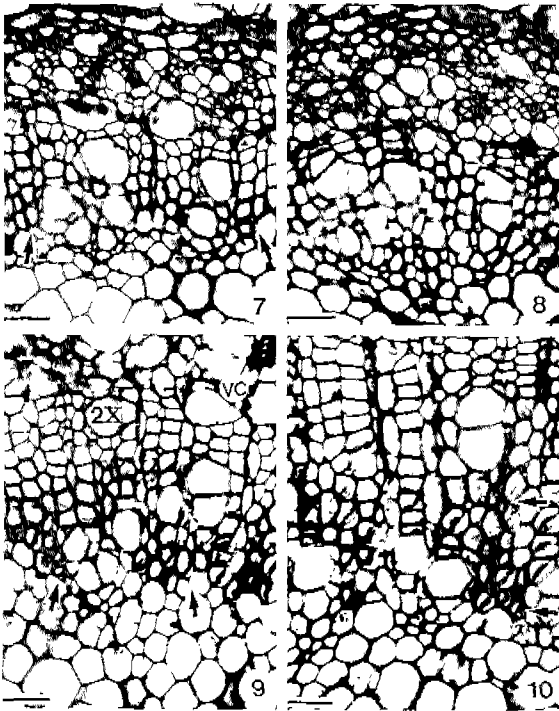


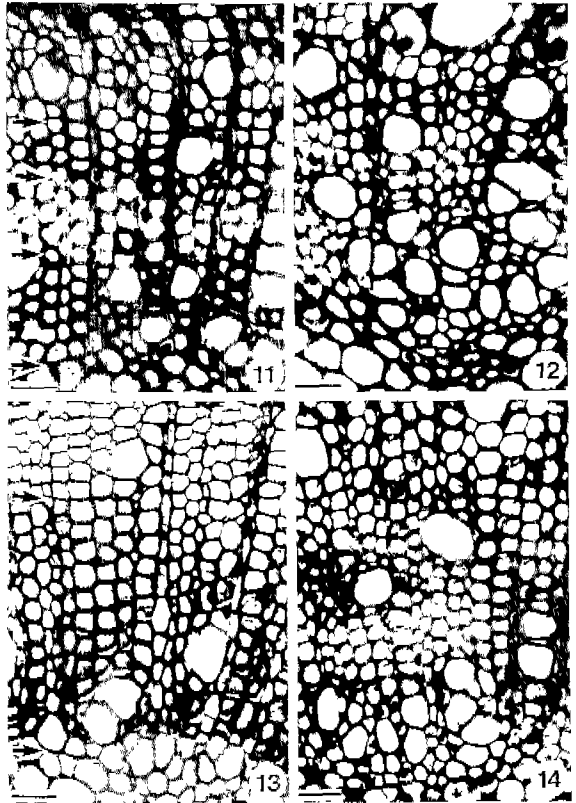
Fig. 1. Transverse section of the 1st internode of *Acer saccharinum*. Bar=75  $\mu$ m. p, phloem; pc, procambium; px, primary xylem.

Figs. 2-5. Transverse sections of the horizontal 1st internode at the completion of primary growth of *A. saccharinum*. Bars=50  $\mu$ m. Figs. 2 and 3. Upper sides of the vertical and bent portions. Figs. 4 and 5. Upper and lower sides of horizontal portion. Note the xylem fibers showing the development of G (gelatinous)-fibers (arrows in Figs. 3 and 4). Vessels in upper side (Fig.4) are reduced in both number and size. p, phloem; pc, procambium. Fig. 6. Transverse section of the coincident side with horizontal portion of the 1st internode at the completion of primary growth of *A. saccharinum* under normal condition. Bars=50  $\mu$ m. p, phloem; pc, procambium.

층의 바깥쪽으로는 篩部가 분화하고 있다(Fig. 1.p). 한편, 수평 위치로 생장을 시킨 은단풍 유식물의 제 1절간은 수평



Figs. 7-10. Transverse sections of the upper and lower sides of the horizontal 1st internode at the initiation of secondary growth of *A. saccharinum*. Bars=50  $\mu$ m. Figs. 7 and 8. Upper and lower sides of the vertical portion. Showing the development of G-fibers in upper side of the vertical portion (Fig. 7, arrows). Figs. 9 and 10. Upper sides of the bent and horizontal portions. Arrows indicate distribution of xylem G-fibers. vc, vascular cambium; 2x, secondary xylem.



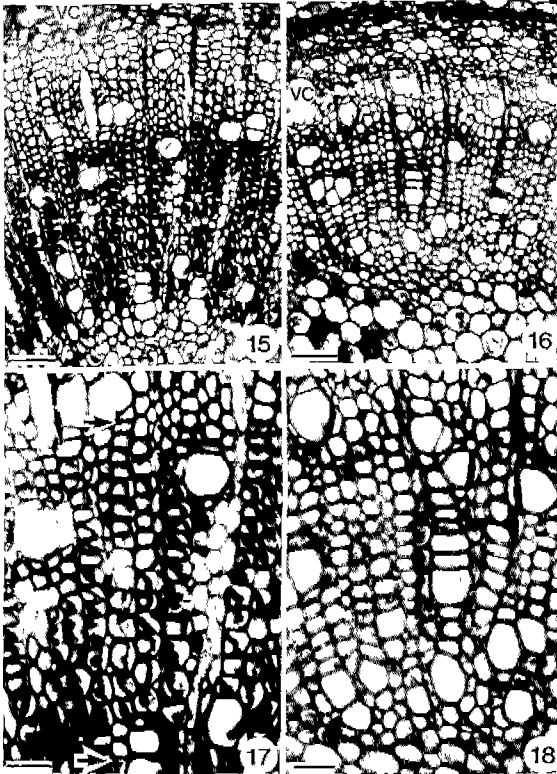
Figs. 11-14. Transverse sections of the upper and lower sides of the horizontal 1st internode at the completion of secondary growth of *A. saccharinum*. Bars=50  $\mu$ m. Figs. 11 and 12. Vertical portion. Figs. 13 and 14. Bent portion. Vessels in upper sides (Figs. 11 and 13) are reduced in both number and size. Arrows indicate distribution of xylem G-fibers.

위치로의 성장을 유도한 후 약 24 시간 이내에 直立하여 一期生長 중에 수직으로 復歸가 일어났다.

**一期生長의 末期.** 수평 위치로 성장시킨 후 3日째에 一期木部要素들이 점점 더 발달하여 一期木部の 양이 증가하고 있다. 垂直으로 직립한 제 1절간의 상부와 하부에 해당하는 부분에서는 유관속의 분화상의 차이가 나타나지 않으나, 제 1절간의 屈曲된 부분의 上部에서 일부 목부섬유 세포벽의 1차벽 내측에 비후된 膠質纖維가 발생되고 있다 (Fig. 3). 水平으로 위치한 제 1절간의 上部에 있어서는 교질섬유의 발달이 屈曲된 부분에 비하여 다소 뚜렷하며, 上部에만 국한되어 일어나고 있다(Fig. 4). 한편, 導管의 크기 및 數에 있어서는 下部の 維管束이 상부의 유관속에 비하여 크고 많은 것으로 나타났다(Figs. 4 and 5). 그러나 유관속조직 중 篩部는 上, 下部에서 構造의 큰 차이가 없으며, 膠質纖維의 발생도 없었다. 같은 시기에 정상성장한

第1節間の 維管束은 전반적으로 水平으로 위치한 第1節間の 下部의 경우와 분화 정도가 유사하다(Fig. 6).

**二期生長의 初期.** 수평 위치로 성장시킨 후 7日에 二期木部가 일부 형성되기 시작하고 있다. 상부와 하부에 있어 유관속의 분화 정도가 점단계에 비하여 다소 더 진전되어 一期木部の 增加와 아울러 일부 성숙한 二期木部들이 분화되고 있다(Figs. 7-10). 垂直으로 직립한 제 1절간의 上部의 경우 木部纖維 細胞壁의 1차벽 내측에 膠質纖維의 發達을 보이고 있다(Fig. 7). 목부섬유와 도관 세포벽의 木質化는 下部에서 뚜렷이 증가하는 경향을 보이기 시작한다(Fig. 8). 아울러 제 1절간의 屈曲된 부분과 水平으로 위치한 부분의 上部에서는 목부섬유 세포벽의 내측으로 교질섬유의 발달이 뚜렷해지기 시작한다(Figs. 9 and 10).



Figs. 15-18. Transverse sections of the horizontal portion of the 1st internode at the completion of secondary growth of *A. saccharinum*. Bars=75  $\mu$ m (Figs. 15 and 16). 50  $\mu$ m (Figs. 17 and 18). Figs. 15 and 17. Upper sides. Figs. 16 and 18. Lower sides. Arrows indicate distribution of xylem G-fibers. vc, vascular cambium.

**二期生長의 中期.** 수평 위치로 생장시킨 후 14日째로 二期木部の 양이 증가하는 시기이다. 垂直으로 직립한 제 1절간의 上部에서 목부의 증가와 함께 교질섬유의 비후정

도가 높게 나타난다(Fig. 11). 제 1절간의 屈曲된 부분과 水平으로 위치한 부분의 上部에서도 교질섬유의 발달이 전단계에 비하여 훨씬 진전된 것을 보이고 있다(Figs. 13, 15 and 17). 導管의 크기와 數에 있어서의 차이도 보다 뚜렷하여 3부분의 上部에서 작고 적었으며, 도관 세포벽의 목질화 정도도 上部에서 감소를 보이게 되어, 수평으로 생장하도록 처리한 第1節間の 上部 전체에 걸쳐 張力材의 解剖學的 特性이 나타나게 된다(Figs. 11, 13, 15 and 17).

**導管要素의 길이 및 측벽무늬.** 횡단면에서 관찰한 각 단계의 垂直으로 직립한 부분과 水平으로 위치한 부분의 上, 下部에 해당하는 木部만을 관찰한 導管要素의 길이는 수직으로 직립한 부분과 수평으로 위치한 부분 모두 下部보다 上部에서 더 길었다(Table 1). 2기생장 중에 수평으로 생장한 第1節間에 있어 橫斷面에서 구분하기 어려운 水平으로 위치한 부분의 上, 하부의 해부학적 특성들의 미세구조들을 接線斷面에서 비교 관찰한 결과는 Fig. 19, 20 및 Table 2와 같다. 導管의 측벽무늬에 있어서는 상부와 하부에서 모두 互生으로 나타나 차이가 없었으며, 膠質纖維의 發生은 上部에서만 볼 수 있는 특징이 되고 있다(Fig. 19.G).

放射組織細胞의 비교 관찰 결과 上部의 경우 二列放射組織을 이루고 있어 單列放射組織을 이루는 下部에 비하여 방사조직의 幅이 넓고, 방사조직의 높이(細胞數)에 있어서도 上部에서 다소 높았다(Table 2, Figs. 19 and 20).

**考 察**

은단종 幼植物의 第1節間에 있어서 張力材의 발생과정은 求頂的이며 漸進的인 과정으로서, 張力材의 해부학적 특성 중 일부는 一期木部에서 부터 나타나기 시작하고 그 전형적인 해부학적 특성은 二期生長 동안에 나타난다. 그러므로 저자의 연구에서 二期生長에서만 張力材 발생이 보고되었

Table 1. Mean length of vessel elements in the 1st internode positioned horizontally of *Acer saccharinum* seedling

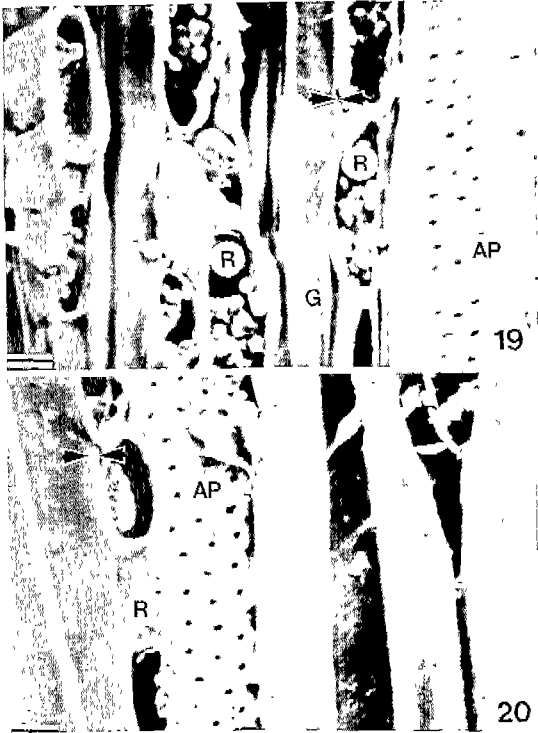
Length( $\mu$ m)	Vertical portion		Horizontal portion	
	Upper side* ( $a_1$ )	Lower side** ( $a_2$ )	Upper side ( $b_1$ )	Lower side ( $b_2$ )
Stages(days)※				
End of primary growth(3)	-	-	-	-
Initiation of secondary growth(7)	290.5 $\pm$ 2.7	263.8 $\pm$ 3.7	296.2 $\pm$ 3.7	279.0 $\pm$ 4.1
Completion of secondary growth(14)	262.4 $\pm$ 5.3	248.1 $\pm$ 3.7	231.9 $\pm$ 3.9	211.9 $\pm$ 3.8

※Day after horizontal position of the 1st internode. \*Coincide with upper side of the horizontal portion. \*\*Coincide with lower side of the horizontal portion. All values of  $a_1$  vs.  $a_2$  and  $b_1$  vs.  $b_2$  are significant ( $p < 0.05$ ) by t-test.

Table 2. Scanning electron microscopical features in the upper and lower side of the horizontal 1st internode of *Acer saccharinum* seedling after the completion of secondary growth

Anatomical features	Location	
	Upper side	Lower side
Vessel pitting pattern	alternate	alternate
Lignification of xylem fiber	+	++
Gelatinous fiber	present	absent
Ray		
Height(cells)	5-12	4-8
Width	biseriate	uniseriate

+: low, ++: high.



Figs. 19 and 20. Tangential sections of the upper and lower sides of the horizontal 1st internode at the completion of secondary growth of *A. saccharinum*. Bars=8.3  $\mu$ m. Arrows indicate degrees of lignification of xylem fibers; G, gelatinous fibers; R, ray; AP, alternate pitting of vessel elements. Note the upper side of horizontal 1st internode showing the occurrence of biseriate ray.

던 결과와는 달리 본 연구에서는 후생목부에서도 교질섬유의 발생이 있었다(Robards, 1965; Höster and Liese,

1966; Fisher and Stevenson, 1981; Fisher, 1985). 그러므로 중력에 대한 반응은 二期木部和 一期木部에서 뚜렷이 구분되지 않는 점으로 보아 前形成層과 維管束形成層이 별개의 分裂組織이 아니고 同一分裂組織의 2개의 發生段階로 보인다(Esau, 1965). 이와 같이 수평으로 위치한 은단풍 유식물의 第1節間의 上部에 膠質纖維가 발달하는 현상은 수직으로 재배한 *Acer rubrum*의 절간에 항오옥신인 TIBA를 처리한 결과 그 아래부분에서 膠質纖維가 유도된 것과 같이 오옥신의 분포 차이에 대한 반응으로 보인다(Morey and Cronshaw, 1968). 결국 張力材는 오옥신 농도가 낮은 부분에서 유도되는 것으로 사료된다.

한편, 수평으로 위치하는 동안 1기생장으로 부터 이어지는 2기생장 중에 은단풍 유식물의 제 1절간에서 발달하는 維管束組織 중 篩部는 상, 하부에서 큰 변화가 일어나지 않았다. 따라서 사부섬유 세포벽의 내측에서 膠質纖維의 발달도 보이지 않아 구조적으로 정상생장한 경우와 유사하였다. 이와 같이 사부섬유에 교질섬유가 발달하지 않는 현상은 45° 斜面으로 위치한 *Ochroma pyramidale* 과 *Carica papaya* 줄기에서도 보고된 바 있으나, 이 두 種의 경우 편심생장한 上部에 보다 많은 二期篩部組織들이 분화되는 차이를 보였다(Fisher and Mueller, 1983). 그러나 篩部에서 교질섬유가 발달하는 현상에 대해서는 木部의 경우에 비하여 비교적 그 예가 적다(Dadswell and Wardrop, 1955; Wardrop, 1964; Nanko and Côté, 1982; Timell, 1986; Kang, 1990).

수평으로 생장하는 동안 은단풍 유식물의 第1節間에 있어서 木部組織의 解剖學的 特性 중 導管의 크기나 數는 一期生長에서 부터 제 1절간의 상부에 비하여 下部에서 크고 많은 차이를 보이기 시작하여 二期生長 동안 계속되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 2기생장에서만 도관의 크기나 數가 上部에서 감소한다는 저자의 연구 결과와 다른 점이다(Onaka, 1949; Wardrop, 1964; Robards, 1965; Scurfield, 1973; Esau, 1977; Wilson and Archer, 1977). 또한 목부섬유와 도관의 세포벽에 있어서 木質化 정도 역시 上部에서 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 정상재와 반응재에 존재하는 목부섬유와 도관의 세포벽의 리그닌 함량을 조사한 결과 반응재에서 보다 정상재에서 더 많다는 결과와 유사하다(Wardrop, 1964; Hughes, 1965; Scurfield, 1973; Wilson and Archer, 1977).

수평으로 위치한 第1節間에 있어서 발생단계별 導管要素의 길이는 垂直으로 직립한 부분과 水平으로 위치한 부분에서 모두 上部가 下部에서 보다 길게 나타났다. 導管要素의 길이가 下部보다 상부가 긴 이유는 上部에 오옥신 분포가 적으므로 천천히 분화되어 오랜 시간 분화하는 중에 길어진 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 정상 위치로 생장하는 식물의 경우 頂端部로부터 거리에 따라 오옥신의

농도구배가 형성되어, 줄기의 基部로 감에 따라 오옥신 농도가 감소하여 導管要素의 길이가 증가한다는 보고와 일치하였다(Aloni and Zimmerman, 1984; Aloni, 1987). 그러나 수평생장한 被子植物에 있어서 도관요소들의 길이 비교에 관한 연구는 지금까지 거의 알려진 바 없이 보다 많은 조사가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

二期生長의 中期에 수평생장한 제 1절간의 接線斷面 관찰 결과 導管要素의 幅이 좁아지는 상부와 하부에서 모두 互生으로 나타나 큰 차이가 없었다. 그러나 목부섬유 세포벽의 木質化 정도는 下部에서 다소 높게 나타나 횡단면에서의 결과와 일치하고 있다.

2기성장 중에 수평으로 위치한 제 1절간의 접선단면에서 木部の 放射組織은 二列放射組織을 이루는 上部가 單列放射組織을 이루는 하부에 비하여 幅이 넓은 차이를 보였으며, 방사조직의 높이(細胞數)에 있어서도 장력재가 발달하는 上部에서 다소 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 일반적으로 장력재가 발달하는 동안 방사조직에서는 변화가 일어나지 않는다는 Wardrop(1964)의 보고와는 다르다. 반면에 偏心生長한 *Albizia falcata*의 경우 放射組織의 높이와 부피는 편심생장한 부위가 정상생장한 부위보다 증가한다는 보고가 있다(Shiokura and Lantican, 1987). 한편 *Ochroma pyramidale* 과 *Carica papaya* 줄기의 경우 편심생장한 上部의 節部에 존재하는 放射組織이 하부에 비하여 幅이 넓고 細胞數도 더 많다는 결과도 있어(Fisher and Mueller, 1983), 수평으로 위치한 피자식물에 있어서 放射組織에 관한 연구는 보다 많은 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 摘 要

본 연구는 중력자극에 대하여 식물체의 一期生長으로부터 이어지는 二期生長 중에 일어나는 성장 반응과 관련지어 維管束組織의 발생상의 변화를 규명하기 위하여, 은단풍 幼植物의 第1節間이 수평 위치에서 성장하는 동안에 일어나는 反應組織의 發生過程을 연구하였다.

수평 위치에서 성장한 은단풍 幼植物의 第1節間에서 張力材(膠質纖維)의 發生過程은 漸進的인 과정으로 나타났다. 수평으로 위치한 第1節間의 上部에서 장력재의 발생 과정은 基部에서 頂端部를 향해 求頂的으로 일어났다. 장력재의 해부학적 특성 중 일부는 一期維管束에서도 나타나기 시작하여, 二期生長 중에 전형적인 張力材가 나타나게 되므로 전형성층도 유관속형성층과 마찬가지로 중력에 대하여 반응하는 것으로 볼 수 있다. 이런점으로 보아 전형성층은 유관속형성층과 동일 분열조직으로 보아야 할 것이다. 導管要素의 길이는 上部에서 길게 나타났고, 導管의 幅이 좁아지는 상부와 하부에서 모두 互生으로 차

이가 없었다. 放射組織의 幅은 二列放射組織을 이루는 上部가 單列放射組織을 이루는 하부에 비하여 넓고, 높이도 上部에서 다소 높게 나타났다.

## 參 考 文 獻

- Aloni, R. 1987. The induction of vascular tissues by auxin. In, Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development, P.J. Davies (ed.). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp. 363-375.
- Aloni, R. and M.H. Zimmermann. 1984. Length, width and pattern of regenerative vessels along strips of vascular tissue. *Bot. Gaz.* **145**: 50-54.
- Dadswell, H.E. and A.B. Wardrop. 1955. The structure and properties of tension wood. *Holzforschung* **9**: 97-104.
- Esau, K. 1965. Plant Anatomy. 2nd ed., John Wiley & Sons, New York. pp. 89-130.
- Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. 2nd ed., John Wiley & Sons, New York. pp. 125-144.
- Fisher, J.B. 1985. Induction of reaction wood in *Terminalia* (Combretaceae): roles of gravity and stress. *Ann. Bot.* **55**: 237-248.
- Fisher, J.B. and J.W. Stevenson. 1981. Occurrence of reaction wood in branches of dicotyledons and its role in tree architecture. *Bot. Gaz.* **142**: 82-95.
- Fisher, J.B. and R.J. Mueller. 1983. Reaction anatomy and reorientation in leaning stems of balsa (*Ochroma*) and papaya (*Carica*). *Can. J. Bot.* **61**: 880-887.
- Höster, H.R. and W. Liese. 1966. Über das Vorkommen von Reaktionsgewebe in Wurzeln und Ästen der Dikotyledonen. *Holzforschung* **2**: 8-90.
- Hughes, J.F. 1965. Tension wood: a review of literature. *Forest. Abstr.* **26**: 1-9, 179-186.
- Kang, K.D. 1990. Anatomical studies on differentiation of reaction tissues in some seed plants during early growth stage. Ph.D. Thesis, Chonbuk National Univ., Korea.
- Kang, K.D. and W.Y. Soh. 1990. Anatomical studies on the differentiation of reaction tissues in *Ginkgo biloba* L. seedling. *Korean J. Bot.* **33**: 285-292.
- Morey, P.R. and J. Cronshaw. 1968. Developmental changes in the secondary xylem of *Acer rubrum* induced by various auxins and 2,3,5-tri-iodobenzoic acid. *Protoplasma* **65**: 287-313.
- Mueller, R.J. 1988. Shoot tip abortion and sympodial branch reorientation in *Brownea ariza* (Leguminosae). *Am. J. Bot.* **75**: 391-400.
- Nanko, H. and W.A. Côté, Jr. 1982. Bark structure of hardwoods grown on southern pine sites. Syracuse Univ. Press, Syracuse. pp. 39-42.
- Onaka, F. 1949. Studies on compression and tension wood.

- Bull. Wood Res. Inst., Kyoto* 1: 1-88.
- Perem, E. 1964. Tension wood in Canadian hardwoods. *Dep. For. Can. Publ.* 1057. 38 pp.
- Philipson, W.R., J.M. Ward and B.G. Butterfield. 1971. The vascular cambium: Its development and activity. Chapman and Hall, London. pp. 159-169.
- Robards, A.W. 1965. Tension wood and eccentric growth in crack willow (*Salix fragilis* L.). *Ann. Bot.* 29: 419-431.
- Robards, A.W. and M.J. Purvis. 1964. Chlorazol black E as a stain for tension wood. *Stain Technol.* 39: 309-315.
- Scurfield, G. 1973. Reaction wood: its structure and function. *Science* 179: 647-655.
- Shiokura, T. and C. B. Lantican. 1987. Anatomical structure of *Albizia falcataria* grown eccentrically. *Mokuzai Gakkaishi.* 33: 157-162.
- Soh, W.Y., S.S. Hong and D.Y. Cho. 1990. The early ontogeny of the vascular cambium in *Acer saccharinum* L. seedling-The first internode. *Plant Morphology* 2: 15-21.
- Timell, T.E. 1986. Compression Wood in Gymnosperms. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 81-288.
- Wardrop, A.B. 1964. The reaction anatomy of arborescent angiosperms. In, *The Formation of Wood in Forest Trees*, M.H. Zimmermann (ed.). Academic Press, New York. pp. 405-456.
- Wardrop, A.B. 1965. The formation and function of reaction wood. In, *Cellular Ultrastructure of Woody Plants*, W.A. Côté, Jr. (ed.). Syracuse Univ. Press, Syracuse. pp. 371-390.
- White, D.J.B. 1962. Tension wood in a branch of sassafras. *J. Inst. Wood Sci.* 10: 74-80.
- Wilson, B.F. and R.R. Archer. 1977. Reaction wood: induction and mechanism of action. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 24-43.
- Yoshizawa, N., Y. Tanaka and T. Idei. 1986. Development of vascular cambium and compression wood formation in the shoot of young spruce (*Picea jezoensis* var. *hondoensis*). *IAWA Bulletin n.s.* 7: 21-30.

(1992. 6. 23 接受)