

## 왕버들과 굴참나무의 뿌리, 줄기 및 가지에 있어서 二期木部の 解剖學的 比較<sup>1</sup>

柳夏容<sup>2</sup> · 蘇雄永<sup>2</sup>

### An Anatomical Comparison of the Secondary Xylem in the Branch, Stem and Root of *Salix glandulosa* and *Quercus variabilis*<sup>1</sup>

Ha Yong Ryu<sup>2</sup> · Woong Young Soh<sup>2</sup>

#### 要 約

散孔材인 왕버들(*Salix glandulosa* Seemenn)과 環孔材인 굴참나무(*Quercus variabilis* Bl.)의 뿌리, 줄기 및 가지에 있어서 二期木部組織을 解剖學的으로 比較觀察하였다.

굴참나무의 뿌리의 導管分布는 줄기와 달리 散孔型이다. 뿌리의 年輪 境界는 兩 樹種에서 大體로 不分明하다. 導管要素 및 大纖維는 뿌리에서 제일 길고, 가지에서 가장 짧다. 또한 導管의 直徑은 뿌리, 줄기, 가지의 順으로 줄어진다. 橫斷面에서 導管의 單位面積當 分布數는 가지에서 제일 많고 뿌리에서 가장 적다. 導管要素의 穿孔은 두 樹種 모두 單穿孔이고, 穿孔板의 傾斜角은 뿌리, 줄기, 가지의 順으로 작아진다. 接線斷面에서 放射組織은 뿌리가 줄기나 가지에 비해 높은 反面, 單位面積當 分布數는 뿌리에서 줄기나 가지에 비해 적다.

#### ABSTRACT

Anatomical features of the secondary xylem were described in the branches, stems, and roots of *Salix glandulosa* and *Quercus variabilis*. In *Quercus variabilis*, the stem shows ring-porous wood, while the root shows diffuse-porous wood. In both species, it is found that the boundaries between the growth rings are not well defined in the roots. Both vessel elements and fibers are the longest in the roots followed by the stems and the branches in turn and diameter of vessel elements shows the same trend. In cross section, the number of vessels per unit area are the longest in the branches followed by the stems and the roots in turn as well. Perforation plates are simple in both species and their angles are wide in the root, intermediate in the stems, and narrow in the branches. In tangential section, height of rays is taller in the roots than in the stem and branches.

Key words : vessel elements ; fibers ; perforation plate ; rays.

<sup>1</sup> 接受 6月 8日 Received on June 8, 1988.

<sup>2</sup> 全北大學校 自然科學大學 生物學科 Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju, Korea.

## 緒 論

植物에 있어서 뿌리와 줄기는 각기 서로 다른 환경에서 生長하고 機能에 있어서도 서로 다르므로, 그 構成組織이 解剖學的으로 同一하다고 보기는 어렵다.

植物體의 木部組織에 對한 解剖學的인 研究는 主로 줄기를 中心으로 이루어졌으며 뿌리에 對한 研究는 줄기에 比하여 훨씬 貧弱한 實情이다. Sanio<sup>22)</sup>가 *Pinus sylvestris*에서 처음으로 뿌리에 對한 研究報告를 한 以來 Patel<sup>20,21)</sup>, Cutler<sup>6)</sup>, Bhat와 Käkkäinen<sup>4,4)</sup>, 蘇와 李<sup>25)</sup> 및 蘇와 朴<sup>26)</sup> 등에 依해 一部 樹種에서 이루어진 바 있는데 이와같은 研究 結果를 보면 二期木部組織은 樹種에 따라 多樣性이 있음을 알 수 있다. 즉 Patel<sup>21)</sup>과 Manwiller<sup>17)</sup>는 松柏類에서, Gibson<sup>17)</sup>은 선인장科 (Cactaceae)에서, 假導管이나 導管要素의 길이는 뿌리가 줄기보다 더 길다고 報告한 反面, Süb와 Müller-Stoll<sup>27)</sup>은 *Platanus acerifolia*에서, Bhat와 Käkkäinen<sup>4)</sup>은 *Betula pendula*와 *B. pubescens*에서, 導管要素의 길이는 뿌리가 줄기보다 더 짧은 것으로 報告하고 있어서, 通水要素의 길이만 가지고도 器官別로 樹種에 따라 相反된 結果가 報告되고 있음을 알 수 있다.

이와같이 植物의 二期木部組織은 器官間에 相當한 差異가 있음이 밝혀지고 있어 뿌리의 二期木部組織의 構造는 줄기와 同一視 될 수 없다. 그뿐 아니라 樹種間에도 一貫性이 없으므로 뿌리와 줄기의 一般의인 解剖學的 傾向을 理解하기 위하여는 좀 더 많은 植物에 對한 研究를 必要로 한다.

또한 뿌리의 解剖學的인 知識은 樹木의 生長을 理解하는데 뿐만 아니라<sup>21)</sup> 木材의 識別 및 合理的인 利用面에서도 必要할 것이다.<sup>3)</sup> 그러므로 本 研究는 散孔材인 왕버들과 環孔材인 굴참나무의 뿌리, 줄기 및 가지에 있어서 二期木部 組織의 比較解剖學的인 側面에서 그 差異를 究明하기 爲하여 試圖하였다.

## 材料 및 方法

本 研究에 利用된 樹種은 Table 1에 나타난 바와 같이 散孔材인 왕버들(*Salix glandulosa* Seemann)과 環孔材인 굴참나무(*Quercus variabilis* Bl.)를 3個體씩 選拔하여 各 部位別로 試料를 採取하였다.

試料의 採取部位는 解剖學的인 變異差를 考慮하여 正常生長을 하고 있는 樹木의 一定한 部位, 즉 뿌리材는 基部(root collar)에서 地下 0.5m 部位의 主根과 1.0m 部位의 側根을, 줄기材는 基部

Table 1. Properties of materials examined.

Species	Tree No.	Tree height (m)	Diameter (cm)			Age (yr.)			Collection		
			Root	Stem	Branch	Root	Stem	Branch	Date	Locality	
<i>Salix glandulosa</i>	1	9.4	A	4.2	18.0	5.2	9	11	8	Jan .31, 1983	Namwon
			B	3.4	14.7	3.7	8	8	4		
	2	9.0	A	2.9	20.5	4.6	8	10	6	Jan .23, 1984	Imsil
			B	2.3	17.1	2.5	6	7	4		
	3	8.5	A	3.5	12.2	4.2	8	8	5	Aug .25, 1984	Namwon
			B	1.7	9.8	2.6	5	7	3		
<i>Quercus variabilis</i>	1	10.7	A	3.4	17.5	3.3	4	16	5	Aug . 1, 1984	Muju
			B	2.5	14.3	1.6	2	13	3		
	2	9.6	A	5.5	17.0	3.5	6	20	4	Aug . 1, 1984	Muju
			B	1.7	13.2	2.0	3	13	3		
	3	8.7	A	3.5	13.5	2.9	7	14	4	Aug . 1, 1984	Muju
			B	1.7	11.3	1.5	5	12	3		

A : Root, stem, and branch were sampled at the positions of 0.5m, 1.2m, and 1.0m from their bases respectively.

B : Root, stem, and branch were sampled at the positions of 1.0m, 2.4m, and 2.0m from their bases respectively.

에서 地上 約 1.2m 部位와 2.4m 部位를 그리고 가지材는 줄기에서 직접나온 가지와 그 가지에서 생긴 가지를, 각각 줄기에서 1m와 2m 部位떨어진 곳에서 採取하였다. 試片은 3~5年次 年輪에서 約 1cm<sup>3</sup>의 크기로 切取하여 直接 滑走式 마이크로톰으로 20~25 $\mu$ m 두께의 三斷面 切片을 만든 다음, safranin 또는 basic fuchsin 으로 染色한 後 알코올系列에 依한 脫水를 하고 캐나다발삼으로 封入하여 永久組織標本을 만들었다.<sup>23)</sup>

이 永久組織標本으로 橫斷面에서는 導管의 放射 및 接線方向의 直徑과 單位面積(mm<sup>2</sup>)當 分布數를, 接線斷面에서는 放射組織의 높이와 單位面積(mm<sup>2</sup>)當 分布數를 그리고 放射斷面에서는 其他組織 細胞들의 解剖學的인 特徵을 測定하였다. 한편 一部 試片은 Jeffrey 法에 依한 解離標本으로 製作하여<sup>2)</sup>, 導管要素와 木纖維의 길이 및 導管要素 穿孔板의 主軸에 對한 傾斜角 等도 測定하였다. 計測은 顯微鏡마이크로미터를 利用, 各 部位別로 50회씩 測定하였다.

### 結 果

一般的인 特徵으로 年輪은 왕버들과 굴참나무에서 다같이 줄기 및 가지에서는 뚜렷하지만, 뿌리에서는 그 境界가 究明하지 않다(Plate III, IV-1c, G).

橫斷面에서 본 왕버들의 導管은 橢圓形 또는 多角形으로 獨立管孔 或은 複合管孔이 散孔分布한다(Plate III-1c, 2c, 3c). 複合管孔인 導管은 2~7個가 複合하여 放射方向으로 列을 이루고, 이는 뿌리보다 줄기와 가지에서 더 뚜렷하며 특히 줄기의 年輪 境界部位와 接하는 秋材部에서 顯著하게 發達한다(Plate III-2c). 굴참나무의 導管은 大概 줄기에서는 橢圓形, 가지에서는 環狀의 獨立管孔으로 環孔分布하고, 填充體(tylosis)도 자주 觀察되는 反面(Plate IV-2c, 3c), 뿌리에서는 散孔分布하고 填充體도 드물게 觀察된다(Plate IV-1c). 導管 側壁의 壁孔은 왕버들에서는 大部分 交互狀이나 줄기와 가지에서는 對狀도 드물게 나타나고(Plate II-1, 2, 3) 굴참나무에서는 主로 對狀이다(Plate II-4.5.6). 接線斷面에서 본 두 樹種의 組織은 非階層狀排列을 나타낸다(Plate III, IV-1T, 2T, 3T). 主軸方向柔組織은 大體로 왕버들에게 散在型離

管狀으로 分布하고(Plate III-1c, 2c, 3c), 굴참나무에서는 散在型 또는 韌帶型 離管狀 柔組織으로 分布한다(Plate IV-1c, 2c, 3c). 放射組織은 大體로 왕버들에서는 單列異性型이지만(Plate III-1T, 2T, 3T), 間或 中央部位에 二列로 排列하는 複列放射組織도 觀察되고(Plate III-1T), 굴참나무에서는 同性型으로 單列放射組織과 複合放射組織이 混在한다(Plate IV-1T, 2T, 3T).

放射組織을 이루고 있는 柔細胞들은 두 樹種 모두 뿌리에서 줄기나 가지의 것보다 훨씬 크다. 導管要素에 對한 測定值를 보면(Table 2) 왕버들의 導管要素 길이는 뿌리 464 $\mu$ m, 줄기 346 $\mu$ m, 가지 345 $\mu$ m로 뿌리가 줄기나 가지에 비해 훨씬 길며, 줄기와 가지는 거의 비슷하다. 한편 굴참나무의 導管要素 길이는 뿌리 430 $\mu$ m, 줄기 335 $\mu$ m, 가지 292 $\mu$ m로 뿌리에서 제일 길고 가지에서 가장 짧다. 왕버들에 있어서 導管의 放射方向 直徑은 뿌리가 132 $\mu$ m로 가장 넓고, 다음은 줄기 93 $\mu$ m, 가지 69 $\mu$ m의 順으로 나타나며, 接線方向 直徑도 역시 뿌리에서 91 $\mu$ m로 가장 넓고 줄기 62 $\mu$ m, 가지 49 $\mu$ m의 順이어서 放射徑과 接線徑은 같은 傾向을 보이고 있다.

한편, 굴참나무에서 春材部와 秋材部의 導管 直徑을 平均한 放射徑은 뿌리 162 $\mu$ m, 줄기 133 $\mu$ m, 가지 95 $\mu$ m로 뿌리에서 제일 넓고 가지에서 가장 좁다. 接線徑도 뿌리 129 $\mu$ m, 줄기 103 $\mu$ m, 가지 77 $\mu$ m로 역시 放射徑과 같은 傾向을 보인다. 왕버들에 있어서 導管의 單位面積(mm<sup>2</sup>)當 分布數는 뿌리 47.63個, 줄기 66.85個, 가지 111.99個이다. 한편, 굴참나무에서 春材部와 秋材部의 導管은 單位面積當 分布數를 平均한 값은 뿌리 7.27個, 줄기 7.62個, 가지 16.56個로 가지가 뿌리나 줄기에 비해 2倍 以上. 많으나, 뿌리와 줄기는 거의 비슷하다. 導管의 穿孔板은 두 樹種의 뿌리, 줄기 및 가지에서 모두 單穿孔이다(Plate 1). 왕버들에 있어서 穿孔板의 主軸에 對한 傾斜角은 뿌리가 66.84°로 제일 크고 다음은 줄기 61.79°이며 가지는 57.70°로서 가장 작다. 한편 굴참나무에서도 뿌리 69.19°, 줄기 54.80°, 가지 52.46°로 뿌리 穿孔板의 傾斜角이 줄기와 가지에 비해 더 크다. 木纖維 길이에 對해 살펴보면, 왕버들의 木纖維 길이는 뿌리 1,000 $\mu$ m, 줄기 878 $\mu$ m, 가지 710 $\mu$ m로 뿌리에서 제일 길고 가지에서 가장 짧다.

**Table 2.** A anatomical features in the branches, stems and roots of *S. glandulosa* and *Q. variabilis*.

Anatomical	Tree organ	<i>S. glandulosa</i>				<i>Q. variabilis</i>				
		A	B	Mean	T-value	A	B	Mean	T-value	
Length of vessel element ( $\mu\text{m}$ )	Root	483	444	464 $\pm$ 74	4.704**	417	442	430 $\pm$ 92	4.260**	
	Stem	325	367	346 $\pm$ 62		2.423 <sup>ns</sup>	344	326		335 $\pm$ 72
	Branch	371	320	345 $\pm$ 55		304	279	292 $\pm$ 71		3.834*
Diameter of vessel ( $\mu\text{m}$ )	Radial	Root	146	118	132 $\pm$ 17	3.527**	158	165	162 $\pm$ 39	4.732**
		Stem	84	102	93 $\pm$ 14		131	136	133 $\pm$ 38	
		Branch	69	69	69 $\pm$ 13		3.005*	100	89	
	Tangential	Root	93	89	91 $\pm$ 11	6.688**	123	135	129 $\pm$ 28	4.276**
		Stem	59	65	62 $\pm$ 10		102	105	103 $\pm$ 32	
		Branch	50	48	49 $\pm$ 8		2.665*	81	73	
Number of vessel per unit area ( $\text{mm}^2$ )	Root	45.54	49.73	47.63 $\pm$ 2.85	3.540*	7.32	7.22	7.27 $\pm$ 1.56	2.091 <sup>ns</sup>	
	Stem	68.82	64.87	66.85 $\pm$ 5.78		8.232**	7.77	7.47		7.62 $\pm$ 1.51
	Branch	108.96	115.02	111.99 $\pm$ 6.53			13.77	19.36		16.56 $\pm$ 2.52
Angle of perforation plate in vessel element	Root	67.79	65.88	66.84 $\pm$ 5.08	3.922*	70.02	68.36	69.19 $\pm$ 6.03	64.63**	
	Stem	62.52	60.88	61.70 $\pm$ 6.39		2.902*	54.62	54.98		54.80 $\pm$ 6.61
	Branch	59.39	56.01	57.70 $\pm$ 5.67			53.73	51.18		52.46 $\pm$ 7.18
Length of fibre ( $\mu\text{m}$ )	Root	1,015	984	1,000 $\pm$ 115	3.014*	1,263	1,203	1,233 $\pm$ 145	3.066*	
	Stem	871	884	878 $\pm$ 99		5.183**	1,095	1,118		1,106 $\pm$ 140
	Branch	704	716	710 $\pm$ 89			923	884		904 $\pm$ 112
Height of ray (cells)	Root	11.97	12.65	12.31 $\pm$ 2.49	4.395*	13.76	14.97	14.37 $\pm$ 3.28	2.999*	
	Stem	9.15	9.51	9.33 $\pm$ 1.72		1.298 <sup>ns</sup>	12.74	11.77		12.26 $\pm$ 2.73
	Branch	10.65	12.11	11.38 $\pm$ 2.30			9.65	10.13		9.89 $\pm$ 2.67
Number of ray per unit area ( $\text{mm}^2$ )	Root	37.62	29.41	33.52 $\pm$ 3.40	8.371**	44.12	38.60	41.36 $\pm$ 4.02	13.138**	
	Stem	76.15	67.05	71.60 $\pm$ 6.06		4.140**	72.69	67.56		70.13 $\pm$ 5.25
	Branch	60.00	52.28	56.14 $\pm$ 5.01			62.96	62.58		62.77 $\pm$ 4.34

In each measurement, 150 cells were treated from three plants and sampling positions are listed in the table 1.

\* : Significant at 5% level \*\* : Significant at 1% level <sup>ns</sup> : Not Significant

한편, 굴참나무에서도 뿌리 1,233 $\mu\text{m}$ , 줄기 1,106 $\mu\text{m}$ , 가지 904 $\mu\text{m}$ 로 역시 왕버들과 같은 傾向을 보인다. 放射組織에 對한 測定値에서, 왕버들의 放射組織 높이는 뿌리 12.31, 줄기 9.33, 가지 11.38 細胞高로 뿌리의 放射組織이 줄기나 가지에 比해 더 높으며, 굴참나무에서는 뿌리 14.37, 줄기 12.26, 가지 9.89 細胞高로 뿌리에서 제일 높고 가지에서 가장 낮다. 왕버들에 있어서 放射組織의 單位面積當 分布數는 줄기에서 71.60個로 제일 많고 다음은 가지 56.14個이며 뿌리에서 33.52個로 가장 적다. 한편, 굴참나무에서도 줄기(70.13個)가 제일 많고 다음은 가지(62.77個)이며 뿌리(41.36個)에서 가장 적어, 왕버들과 같은 傾向을 보이고 있다.

## 考 察

導管要素 길이는 왕버들과 굴참나무에서 모두 뿌리가 줄기보다 1.3배 程度 길어 두 器官間에는 큰 差異가 있는데, 이러한 結果는 많은 植物에 있어서 通水要素의 길이가 뿌리에서 줄기보다 긴 것으로 報告된 바와 一致한 傾向이다.<sup>8,11,29,21,17,25,18)</sup> 그러나 Bhat와 Kakkäinen<sup>9)</sup>, 및 蘇와 韓<sup>24)</sup>의 자작나무科 研究와 蘇와 朴<sup>26)</sup>의 녹나무科 研究와는 相反되는 結果를 보였다.

導管의 放射 및 接線方向 直徑은 두 樹種 모두 뿌리에서 제일 넓고 가지에서 가장 좁게 나타나, 器官間에 差異가 있다. 導管直徑에 있어서 뿌리가 줄기 보다 넓다는 結果는 *Populus canadensis*<sup>20)</sup>, 선인장科<sup>13)</sup>, *Platanus acerfolia*<sup>27)</sup>, 蘇와 韓<sup>24)</sup>의 물오리나무 및 사방오리나무 等에서의 研究結果와 一致하며, 裸子植物의 假導管 直徑도 本 研究結果와 같은 傾向으로 報告된 바 있다.<sup>5,11,14,17,18,21,29)</sup> 反面에 環孔材인 *Fraxinus excelsior*를 材料로한 研

究<sup>20)</sup>에서는 뿌리의 導管 直徑이 줄기보다 좁다고 報告한 바 있는데, 本研究에 使用된 環孔材인 굴참나무에서도 春材部에서는 뿌리의 導管 直徑이 줄기보다 훨씬 좁으나(Plate IV-1c, 2c), 秋材의 導管直徑에 있어서는 春材의 導管直徑과는 달리 뿌리의 것이 더 넓다.

이처럼 植物의 通水要素의 길이와 直徑이 줄기와 뿌리에서 相反되는 傾向을 보이는 問題는 뿌리 및 줄기의 生長 條件과 機能上的 差<sup>19)</sup>, 植物 生長 호르몬의 影響<sup>9,13)</sup> 그리고 環境因자의 差異<sup>30)</sup>에서 오는 變異로 생각된다. 그러나 樹種에 따라 相反되는 結果가 나타나 一貫性을 찾기 어려우므로 植物體를 이루고 있는 諸 構成要素의 크기와 길이의 變異에 對한 보다 多角的인 研究가 있어야 할 것으로 思料된다.

導管의 單位面積當 分布數는 왕버들에서 가지가 줄기에 비해 1.7배, 줄기가 뿌리에 비해 1.4배나 많은 것으로 나타났고, 굴참나무에서는 뿌리와 줄기間에는 별 差異가 없으나 가지는 줄기보다 2.2배나 많아 顯著的 差異가 있다. 이와같은 導管의 單位面積當 分布數가 뿌리에서 줄기보다 적다는 事實은 Fegel<sup>12)</sup>, Esau<sup>7)</sup>, Macdonald<sup>16)</sup>, Patel<sup>20)</sup>, Fayle<sup>11)</sup>, Bhat 와 Käkkäinen<sup>3)</sup>, 蘇와 李<sup>25)</sup> 및 蘇와 韓<sup>24)</sup> 등의 研究結果와 一致하나, 뿌리의 單位面積當 導管의 分布數가 줄기보다 많다는 報告도 있다.<sup>10)</sup> 뿌리에 있어서 導管의 單位面積當 分布數가 줄기나 가지보다 적은 것은 뿌리의 導管 直徑이 줄기나 가지보다 더 많은 데에서 起因되었다는 것은 쉽게 理解할 수 있다. 穿孔板의 傾斜角은 두 樹種에서 모두 뿌리가 줄기에 비해, 줄기는 가지에 비해 더 鈍角으로 나타나 器官間에 差異가 있는데, 導管의 直徑이 넓어짐에 따라 穿孔板의 傾斜角도 커지고 反對로 導管의 直徑이 좁아짐에 따라 穿孔板의 傾斜角도 작아지는 傾向을 보여주고 있어 導管의 直徑과 穿孔板의 傾斜角 사이에는 正의 相關關係가 있는 것으로 보인다.

被子植物에서 導管要素가 系統分類學上 進化的 程度를 나타내는 한 基準으로써 重要視되고 있는데<sup>5,9)</sup>, Esau<sup>9)</sup>에 依하면 直徑은 넓어지면서 길이는 짧아지는 쪽으로, 穿孔板은 主軸에 對해 斜角에서 直角으로 特殊化되는 것으로 알려지고 있다. 本研究結果에서 나타난 導管 構造上的 差異로 본 植物의 器官別 特殊化 程度를 살펴보면 導管의 直徑

과 穿孔板의 傾斜角은 뿌리가 줄기나 가지보다 더 크므로 뿌리가 通水要素로서는 特殊화된 傾向을 보이나, 導管의 길이에 있어서는 줄기나 가지가 뿌리보다 짧으므로 特殊化 傾向이 一致되지 않고 있다.

木纖維 길이는 두 樹種에서 모두 뿌리가 줄기보다 길고 가지에서 가장 짧아 導管要素 길이와 같은 傾向으로서 Bailey 와 Faull<sup>11)</sup>, Fegel<sup>12)</sup>, Fayle<sup>11)</sup>, 蘇와 李<sup>25)</sup> 등의 結果와 一致한다. 그러나 자작나무과와 녹나무과의 일부 樹種에서는 導管要素의 길이와 함께 뿌리가 줄기보다 짧은 것으로 報告되고 있다. 이와같은 導管要素 길이와 木纖維 길이는 樹種에 따라 그 變異樣相이 相反되는 境遇가 일부 있지만 大體로는 이들간에는 正의 相關關係가 있음을 볼 수 있다.

接線方向에서 放射組織의 높이는 두 樹種에서 모두 뿌리가 줄기보다 높아 Esau<sup>8)</sup>, Patel<sup>23,21)</sup>, Fayle<sup>11)</sup> 및 蘇와 李<sup>25)</sup> 등의 結果와 같은 傾向을 보이나 放射組織의 單位面積當 分布數는 뿌리가 줄기보다 적는데, 그것은 뿌리의 放射組織을 이루고 있는 柔細胞들이 줄기보다 細胞高가 높고, 細胞 자체가 크기 때문이다.

以上에서 살펴 본 바와 같이 散孔材인 왕버들과 環孔材인 굴참나무間에는 諸 構成要素들이 거의 같은 傾向으로 나타나 導管의 分布狀態는 두 樹種 모두 器官別 變異 傾向의 差異는 없었다. 그러나 植物의 뿌리, 줄기, 및 가지의 二期木部構造는 相當히 差異가 있는 데 이러한 點은 한 가지 特定要因으로 說明할 수 없고, 여러가지 複合된 因子들의 相互作用으로 나타난다고 생각되므로 더 많은 植物群에서 多角的이고 體系的인 研究가 要望된다.

### 引用 文 獻

1. Bailey, I.W. and A.F.Faull. 1934. The cambium and its derivative tissue, IX. Structural variability in the redwood, *Sequoia sempervirens*, and its significance in the identification of fossil woods. J. Arnold Arbor. 15: 233-54.
2. Berlyn, G.P. and J.P.Miksche. 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. p.123.
3. Bhat, K.M. and M.Käkkäinen. 1981a.

- Variation in structure and selected properties of Finnish birch wood: II. Observations on the anatomy of root wood. *Silva Fenn.* 15: 180-189.
4. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1981b. Variation in structure and selected properties of Finnish birch wood: IV. Fibre and vessel length in branches, stems and roots. *Silva Fenn.* 15: 10-17.
  5. Carlquist, S. 1975. *Ecological Strategies of Xylem Evolution*. Calif. Univ. Press, Berkeley. pp.83-103.
  6. Cutler, D.F. 1976. Variation in root wood anatomy. *In*: Wood Structure in Biological and Technological Research (eds. P. Baas, A.J. Bolton and D.M. Catling). *Leiden Bot. Ser.* 3: 143-156.
  7. Esau, K. 1953. *Plant Anatomy*. John Wiley and Sons, Inc., New York, Chapman and Hall Ltd., London. pp. 221-264.
  8. \_\_\_\_\_ 1965. *Plant Anatomy*. John Wiley and Sons, Inc., New York. pp. 266-269.
  9. \_\_\_\_\_ 1977. *Anatomy of Seed Plants* (2nd ed.). John Wiley and Sons, Inc., New York. pp. 101-44.
  10. Eames, A.J. and L.H. MacDaniels. 1947. *An Introduction to Plant Anatomy*. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York and London.
  11. Fayle, D.C.F. 1968. Radial growth in tree roots. *Tech. Rep. Fac. For. Univ. Toronto*. 9. pp.1-183.
  12. Fegel, A.C. 1941. Comparative anatomy and varying physical properties of trunk, branch and root wood in certain northeastern trees. *N.Y. State Coll. For. Tech. Bull.* 55: 1-22.
  13. Gibson, A.C. 1973. Comparative anatomy of secondary xylem in cactoideae (Cactaceae). *Biotropica*, 5: 29-65.
  14. 林東沃. 1986. 數種의 소나무屬 植物에 있어서 뿌리와 줄기의 二期木部に 관한 比較解剖. *식물학회지* 29: 185-196.
  15. Larson, P.R. 1962. Auxin gradients and the regulation of cambial activity. *In* *Tree Growth*. T.T. Kozlowski ed. Ronald Press Co., New York. pp. 97-117.
  16. Macdonald, R.D.S. 1960. Comparative studies of stem and root wood with special reference to some British hardwoods. *Rep. Imp. For. Inst. Oxford*. p.16.
  17. Manwiller, F.G. 1972. Tracheid dimensions in root wood of Southern pine. *Wood Sci.* 5: 122-24.
  18. Metcalfe, C.R. and L. Chalk. 1983. *Anatomy of the Dicotyledons* (2nd ed). Vol II. Clarendon Press, Oxford. pp.47-51.
  19. Panshin, A.J. and C. de Zeeuw. 1980. *Textbook of Wood Technology* (4th ed). McGraw-Hill Book Co., New York. pp. 110-149.
  20. Patel, R.N. 1965. A comparison of the anatomy of the secondary xylem in roots and stems. *Holzforschung Bd.* 19: 72-79.
  21. \_\_\_\_\_ 1971. Anatomy of stem and root wood of *Pinus radiata* Don. *New Zealand J. For. Sci.* 1: 37-49.
  22. Sanio, K. 1872. Üeber die Grosse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). *Jahrbuch für Wissenschaftliche Botanik*. B: 401-20.
  23. Sass, J.E. 1977. *Botanical Microtechnique* (3rd ed). The Iowa State Univ. Press, Ames Iowa. pp.91-98.
  24. 蘇雄永, 韓京植. 1985. 물오리나무와 사방오리나무에 있어서 導管要素 및 纖維의 寸數 變異. *植物學會誌* 28: 9-20.
  25. \_\_\_\_\_, 李昌福. 1982. 자작나무科 植物 뿌리의 木部解剖에 의한 系統分類學的 研究. *生物學研究年報(全北大, 生物學研究所)*. 3: 127-138.
  26. \_\_\_\_\_, 朴相珍. 1984. 韓國產 木本植物에 對한 系統分類學的 研究-녹나무科 植物의 木材解剖. *植物學會誌* 27: 149-162.
  27. SüB, H. and W.R. Müller-Stoll. 1973. Zur Anatomie des Ast-, Stamm und Wurzelholzes von *Platanus acerifolia* (Ait) Willd. *Österr Bot. Z.* 121: 227-49.
  28. Tabata, H. 1964. Vessel element of Japanese birches as viewed from ecology and evolution. *Physi. and Ecol. (Japan)* 12: 7-16.
  29. Zimmerman, M.H. and C.L. Brown. 1971. *Trees Structure and Function* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. p.117.

# PLATE I



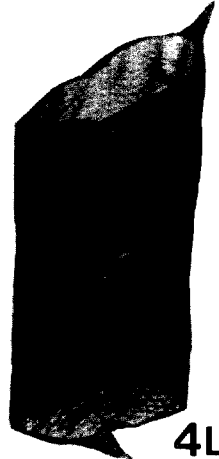
1E



1L



4E



4L



2E



2L



5E



5L



3E



3L

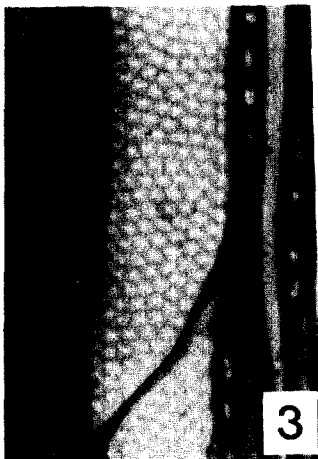
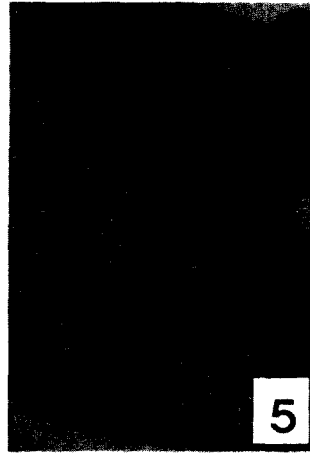
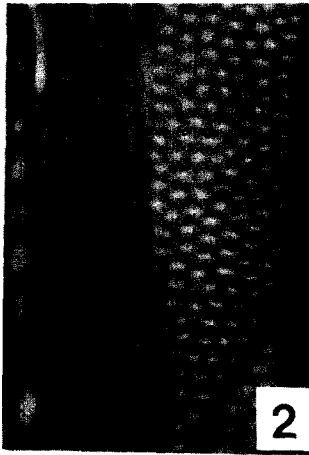
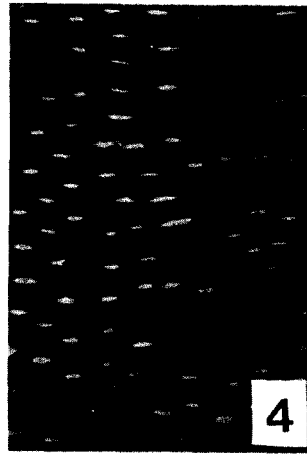
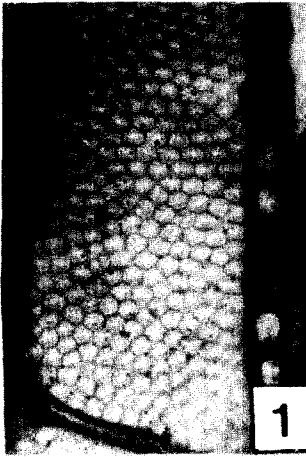


6E



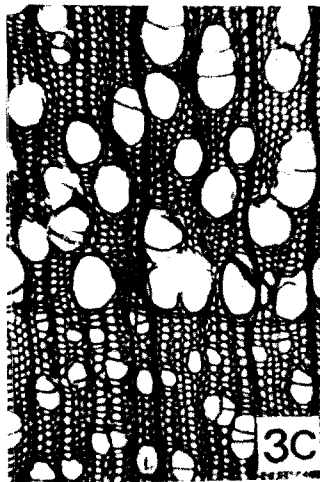
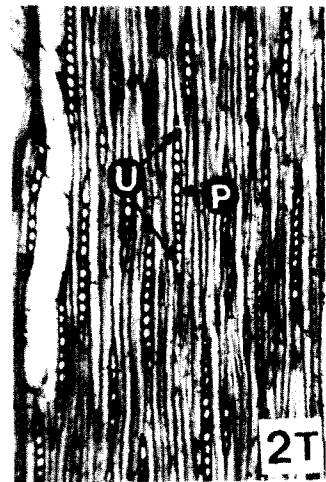
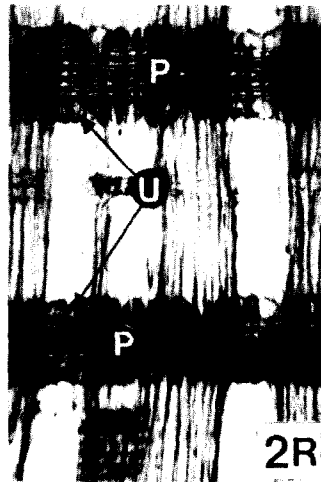
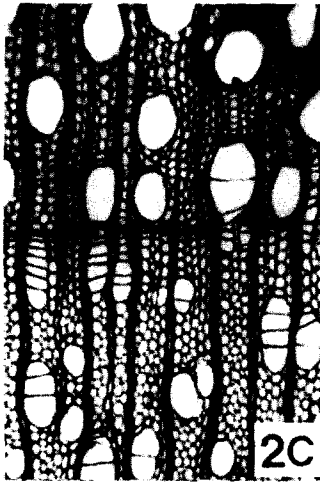
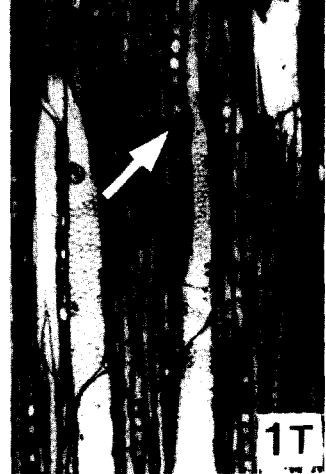
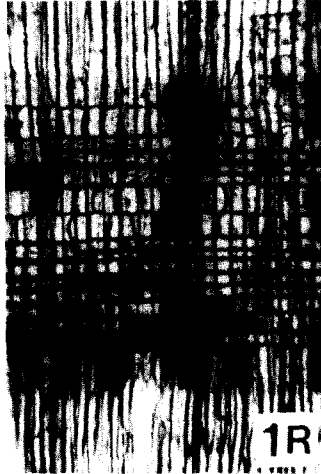
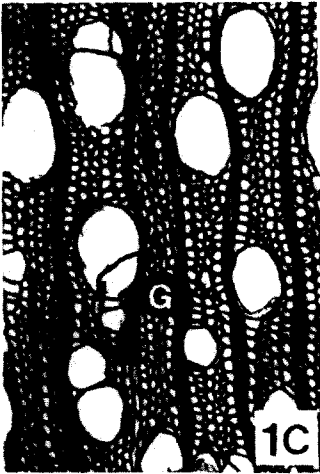
6L

# PLATE II

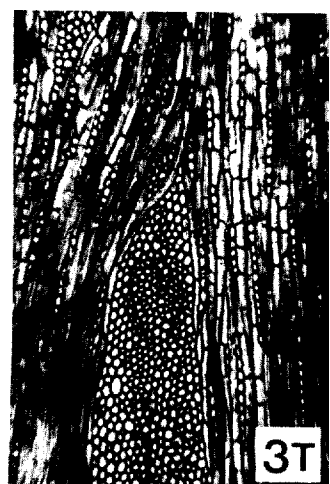
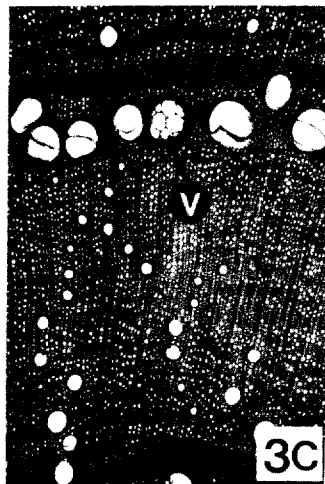
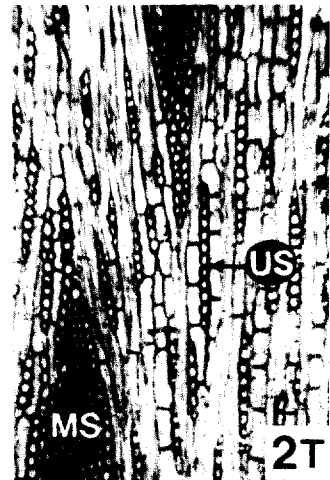
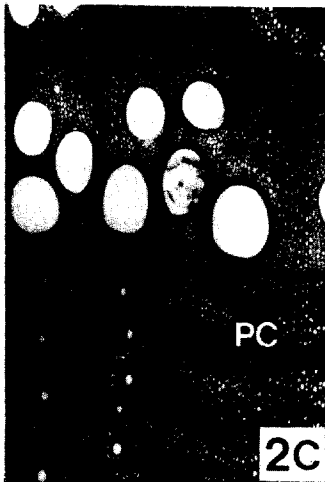
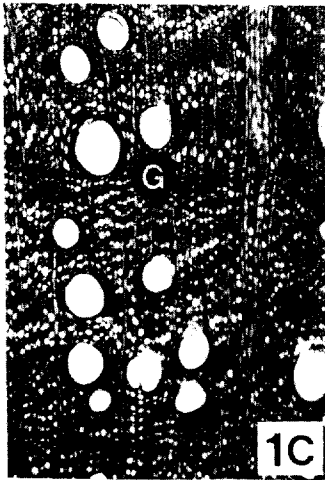




### PLATE III



# PLATE IV



### Explanation of plates

#### Plate I.

Vessel elements showing the different dimensions in the branches, stems, and roots of *Salix glandulosa* and *Quercus variabilis*. Perforation plates are simple in all the organs. E: Vessel element of the earlywood, L: Vessel element of the latewood. Fig. 1-3. *Salix glandulosa* (Fig. 1: root, 75x; Fig. 2: stem, 75x; Fig. 3: branch, 75x). Fig. 4-6. *Quercus variabilis* (Fig. 4: root, 75x; Fig. 5: stem, 75x; Fig. 6: branch, 75x).

#### Plate II.

In tangential section, intervessel pittings are alternate type in the *Salix glandulosa* (Fig. 1: root, 200x; Fig. 2: stem, 200x; Fig. 3: branch, 200x) and opposite type in the *Quercus variabilis* (Fig. 4: root, 300x; Fig. 5: stem, 200x; Fig. 6: branch, 220x).

#### Plate III, IV.

Light micrographs of the anatomical structures in the branches, stems, and roots woods. C: Cross section, R: Radial section, T: Tangential section.

#### Plate III.

Fig. 1-3. *Salix glandulosa* (Fig. 1: root, C, R, T, 55x; Fig. 2: stem, C, R, T, 55x; Fig. 3: branch, C, R, T, 55x). G: Growth ring boundary; U: Upright ray cell; P: Procumbent ray cell; arrow: biseriate ray

#### Plate IV.

Fig. 1-3. *Quercus variabilis* (Fig. 1: root, C, 22x; R, T, 55x; Fig. 2: stem, C, 22x, R, T, 55x; Fig. 3: branch, C, 22x, R, T, 55x).

G: Growth ring boundary; PC: Axial parenchyma cell; US: Uniseriate ray; MS: Multiseriate ray; V: Vessel with tyloses; PS: Strand of axial parenchyma.

C, 22x, R, T, 55x). G: Growth ring boundary; PC: Axial parenchyma cell; US: Uniseriate ray; MS: Multiseriate ray; V: Vessel with tyloses; PS: Strand of axial parenchyma.