

數種 소나무屬 植物에 있어서 뿌리와 줄기의 二期木부에 關한 比較解剖

林 東 沃·蘇 雄 永
(全北大學校 自然科學大學 生物學科)

A Comparative Anatomy of the Secondary Xylem in the Roots and Stems of Some *Pinus* Plants

Lim, Dong Ok and Woong Young Soh

(Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju)

ABSTRACT

Anatomical characteristics of the secondary xylem in the roots and the stems of genus *Pinus* including nine species growing naturally in Korea have been studied to elucidate the structural differences between two organs. The results, comparing the root woods with the stem woods, are as follows; The transition from the early-wood to the late-wood occurs more gradually in the root woods. In the root woods, the bordered pits on the radial wall of tracheid are frequent in the two rows. The spiral thickening on the radial and tangential wall of the tracheid can be seen in the only stem woods of four species such as *P. koraiensis*, *P. rigida*, *P. rigitaeda* and *P. banksiana*. In the majority of the species studied, the length of the tracheid is longer in the root woods, but in some species such as *P. strobus*, *P. densiflora*, *P. rigida* and *P. sylvestris*, this length is almost same in both organs. The diameter of the tracheid in the root woods is wider. The wall thickness of the tracheid in the early wood is thicker in the root woods, but *vice versa* in the late woods. More rays per unit area can be seen in the root woods.

緒 論

植物體의 木部 解剖學的인 研究는 주로 줄기를 材料로 이루어졌으며, 뿌리의 木材組織 構成은 줄기의 그것과 同一視되고 있는 것이 一般的이다(Esau, 1977). 그러나 일부 裸子植物 및 雙子葉植物 뿌리材의 解剖學的 研究에서는 種에 따라 줄기와 相當한 差異가 있음이 밝혀졌다(Shimaji, 1962; Patel, 1965, 1971; Manwiller, 1972; Bhat and Kärkkäinen, 1981a, b; Bhat, 1982; 蘇와 李, 1982; 蘇와 朴, 1984; 蘇와 韓, 1985a, b). 일부 種의 觀察 結果에서는 假導管이나 導管要素의 直徑 및 길이가 뿌리에서 줄기보다 넓고 길다고 報告된

마 있으나 (Patel, 1965, 1971; Manwiller, 1972; Cutler, 1976), 자작나무科 研究에서는 導管이나 纖維의 길이가 뿌리보다 줄기에서 더 길다는 報告가 있어 (Bhat and Kärkkäinen, 1981b) 樹種에 따라 器官間에 相反된 結果를 보이고 있음을 알 수 있다.

뿌리는 줄기에 비하여 經濟性이 적은 理由 등으로 그 構造에 대한 研究에서도 별로 注目을 끌지 못하였으나, Manwiller(1972)와 Bhat(1982)는 뿌리가 個體構成의 약 25%를 차지하고 있어서 뿌리材의 解剖學的 研究는 樹木資源의 可用幅을 넓힐 수 있는 基礎가 된다고 報告했으며, Patel(1971)은 뿌리材로 되어 있을 化石植物을 定證하기 위해서는 뿌리의 解剖學的 研究가 必要하다고 지적한 바 있다.

이런 점을 검토해 볼 때 뿌리와 줄기의 二期木部の 構造를 比較하기 위하여 同一 分類群에 속하는 數種의 植物을 觀察함으로써 構造의 差異의 傾向을 理解하는 것이 重要할 것으로 보인다. 따라서 本 研究는 韓國에서 자라고 있는 소나무屬 植物 數種의 뿌리와 줄기의 二期木部를 比較하여 그 特徵의 差異를 밝히고자 試圖되었다.

材料 및 方法

本 研究에 使用된 材料는 Table 1에 나타난 바와 같이 소나무屬 9種을 選定하였다. 材料는 줄기의 경우 樹令 13년에서 57년된 나무의 胸高部位(地上 約 120cm)에서, 뿌리는 同一種의 9년에서 12년된 材를 基部로부터 30cm 떨어진 부위의 側根에서 各各 採取하였다. 이와같이 採取된 뿌리와 줄기의 9~10年輪 部位에서 각각 1cm³의 試片을 떼어내서 그리세틴과 물(1:1) 混合液에 約 24時間 沸騰시켜 軟化處理한 후 滑走式 다이크로톰으로 20 μ m 두께의 3斷面 切片을 만들었고 이 切片을 監基性 靑신으로 染色하여 알코올용액에 脫水시켜 永久組織 標本을 만들었다(Sass, 1971). 한편 假導管 길이 의 測定을 위해 생체재료를 얇게 깎아 Jeffery法에 따라 解理시켜 Safranin染色 後 永久組織 標本을 만들었다(Berlyn and Miksche, 1976).

Table 1. List of samples of *Pinus* species collected in Korea

Species	Korean name	Locality	Age (Yr.)		Date
			Stem	Root	
Subgenus Haploxyylon					
<i>P. koraiensis</i> S. et Z.	갓 나무	Imsil, Chonbuk	57	21	Sept. 13, 1983
<i>P. strobus</i> L.	스트로브갓나무	Imsil, Chonbuk	13	9	Sept. 13, 1983
Subgenus Diploxyylon					
<i>P. densiflora</i> S. et Z.	소 나무	Gui, Chonbuk	27	10	Mar. 20, 1984
<i>P. thunbergii</i> Parl.	곰 솔	Nechodo, Chonbuk	22	16	Mar. 19, 1984
<i>P. rigida</i> Mill	리기다소나무	Gochang, Chonbuk	17	13	Aug. 4, 1983
<i>P. rigitaeda</i> Hyun	리기테다	Soyang, Chonbuk	20	12	Sept. 19, 1983
<i>P. taeda</i> L.	테다소나무	Soyang, Chonbuk	20	11	Sept. 19, 1983
<i>P. banksiana</i> Lamb.	방크스소나무	Deogjin, Chonbuk	18	9	Jan. 13, 1984
<i>P. silvestris</i> L.	구주소나무	Imsil, Chonbuk	15	9	Sept. 13, 1983

이와같이 만든 標本들을 光學顯微鏡下에서 假導管의 길이, 直徑 및 細胞壁肥厚 등은 接眼 마이크로메타로, 그리고 組織別 占有比率와 單位面積當 放射組織의 數등은 方眼 마이크로메타로 測定하였다. 이들 모든 測定値는 個體當 50회씩 測定, 平均처리하였다. 또한 뿌리와 줄기의 放射假導管, 分野壁孔, 主軸假導管 側壁上의 有緣孔 配列 및 螺旋肥厚 등의 特徵을 比較觀察하였다. 本 研究 結果의 記載에 活用된 用語는 蘇(1983), 朴 等(1981) 그리고 Committee on Nomenclature of IAWA(1964)의 解説을 準用하였다.

結 果

줄기와 뿌리 木材의 形態의 特徵은 Table 2에 要約 比較한 바와 같으며, 年輪은 줄기材나 뿌리材 모두 뚜렷이 구분되었다. 春秋材 移行狀態는 잣나무와 스트로브잣나무에서 兩器官 모두 漸進的이었으나 곰솔, 리기다소나무, 구주소나무는 반대로 急變하였고, 소나무, 리기테다소나무, 테다소나무 및 방크스소나무는 줄기에서 急變하는 反面, 뿌리에서는 漸進的인 移行을 보였다(Figs. 1C, 2C, 13, 14). 假導管의 有緣孔의 列數는 거의 單列이나 줄기에서는 스트로브잣나무와 리기테다소나무, 그리고 뿌리에서는 잣나무, 리기테다소나무, 테다소나무 및 방크스소나무에서는 2列이 나타났다(Figs. 3, 4, 5). 假導管의 螺旋肥厚는 잣나

Table 2. Anatomical characteristics in stem and root woods of some Korean *Pinus*

Species	Trait		Growth layer		Axial tracheid					Ray tracheid			Crossfield pitting		Resin cannal			
			Annual ring	Early & late wood transition	Row of bordered pits		Spiral thickening			Crassulae	Smooth	Dentate	Reticulate	Window-like	pinoid	Epithelium thin wall		Distribution
	S	R			S	R	S	S	R							S	R	
	S	R	S	R	S	S	R	S	R	S	S	R	S	R	S	R		
<i>P. koraiensis</i>	A	A	G	G	U	U	+	-	+	+	+	+	+	+	+	EL	TL	
<i>P. strobus</i>	A	A	G	G	U	U	-	-	+	+	+	+	+	+	+	TL	TL	
					(B)	(B)												
<i>P. densiflora</i>	A	A	A	G	U	U	-	-	+	-	+	+	+	+	+	TL	TL	
<i>P. thunbergii</i>	A	A	A	A	U	U	-	-	-	-	+	+	+	+	+	TL	TL	
					(G)													
<i>P. rigida</i>	A	A	A	A	U	U	+	-	±	+	+	+	±	±	+	+	TL	TL
<i>P. rigitaeda</i>	A	A	A	G	U	U	+	-	±	+	+	+	±	±	+	+	TL	TL
					(B)	(B)												
<i>P. taeda</i>	A	A	A	G	U	U	-	-	±	+	+	+	+	+	+	TL	TL	
					(B)													
<i>P. banksiana</i>	A	A	A	G	U	U	+	-	+	+	+	+	+	+	+	EL	TL	
					(B)													
<i>P. sylvestris</i>	A	A	A	A	U	U	-	-	+	+	+	+	+	+	+	TL	TL	

A: Abrupt, B: Biseriate, EL: Early-and Late-wood, G: Gradual, R: Root, S: Stem, TL: Early-late-wood transition site and Late-wood, +: Present, -: Absent, (): Rare,

Table 3. Dimension of growth ring and axial tracheid

Species	Growth ring width (mm)		Length of axial tracheid (mm)		
	Stem	Root	Stem	Root	T-value
<i>P. koraiensis</i>	4.70	3.97	2.72±0.41	2.88±0.33	2.149*
<i>P. strobus</i>	3.48	3.40	2.65±0.31	2.62±0.27	0.56
<i>P. densiflora</i>	2.47	2.06	2.82±0.49	2.68±0.35	1.644
<i>P. thunbergii</i>	3.62	2.40	2.61±0.42	3.01±0.38	4.993**
<i>P. rigida</i>	3.78	1.56	2.87±0.35	2.79±0.38	1.095
<i>P. rigitaeda</i>	2.38	2.19	2.97±0.45	3.62±0.82	4.914**
<i>P. taeda</i>	3.00	2.06	3.16±0.46	3.69±0.38	6.281**
<i>P. banksiana</i>	3.30	2.70	2.54±0.29	2.85±0.32	5.076**
<i>P. sylvestris</i>	3.62	3.37	3.19±0.47	3.12±0.27	0.913

*: 5% significant level by T test

**: 1% significant level by T test

무, 리기테다소나무, 리기다소나무 및 방크스소나무의 줄기에서만 觀察되었다(Fig. 12). 放射假導管은 잣나무와 스트로브잣나무에서 平滑하였으나(Fig. 6), 나머지 種들에서는 鋸齒狀으로 보이거나(Fig. 7), 간혹 리기테다소나무와 리기다소나무에서는 網目狀도 나타나는데(Fig. 8), 兩器官間의 差異는 보이지 않았다. 分野壁孔은 兩器官 모두 잣나무, 스트로브잣나무, 곰솔 및 구주소나무에서 窓狀型이었고(Fig. 9), 나머지 種들에서는 소나무型이었다(Fig. 10). 樹脂溝는 모든 種에서 垂直 및 垂平樹脂溝가 나타났고 垂直樹脂溝에 있는 에피테리움細胞는 薄壁型으로 2~6個의 細胞로 이루어졌다(Fig. 11). 그리고 垂平樹脂溝는 방사조직에 둘러싸여 있어서 紡錘型 多列放射組織을 이룬 가운데에 위치한다(Fig. 1T).

主軸假導管의 寬이는 잣나무, 곰솔, 리기테다소나무, 데다소나무 및 방크스소나무는 平

Table 4. Diameter of axial tracheid in root and stem woods of some Korean *Pinus*

Species	Radial diameter (μm)					
	Early-wood			Late-wood		
	Stem	Root	T-value	Stem	Root	T-value
<i>P. koraiensis</i>	48.98±7.93	48.13±7.05	0.852	27.61±3.47	32.21±4.28	6.071**
<i>P. strobus</i>	48.38±6.43	53.19±9.39	2.983**	23.59±4.03	29.96±4.58	7.385**
<i>P. densiflora</i>	34.82±7.71	42.25±6.55	3.635**	22.40±2.74	27.16±5.17	5.714**
<i>P. thunbergii</i>	46.70±7.81	45.28±5.57	1.043	21.21±3.09	27.69±6.10	6.702**
<i>P. rigida</i>	36.21±6.59	42.16±5.53	4.827**	19.81±2.48	29.23±3.89	15.409**
<i>P. rigitaeda</i>	41.14±6.66	37.31±4.57	3.382**	21.29±3.43	30.28±8.29	7.082**
<i>P. taeda</i>	49.17±9.04	40.69±7.68	5.057**	19.99±3.10	25.47±5.03	6.558**
<i>P. banksiana</i>	41.08±6.31	51.31±10.17	6.043**	16.07±1.82	20.32±4.16	6.618**
<i>P. sylvestris</i>	39.50±7.41	48.90±6.97	6.538**	27.81±4.85	30.33±5.16	2.516**

(continued)

Species	Tangential diameter (μm)					
	Early-wood			Late-wood		
	Stem	Root	T-value	Stem	Root	T-value
<i>P. koraiensis</i>	30.85 \pm 6.92	40.66 \pm 8.36	6.391**	34.99 \pm 7.84	35.59 \pm 9.06	0.354
<i>P. strobus</i>	32.48 \pm 5.79	51.14 \pm 7.75	13.639**	33.75 \pm 6.25	32.27 \pm 4.86	0.765
<i>P. densiflora</i>	25.09 \pm 4.66	26.39 \pm 5.18	1.217	26.61 \pm 4.72	29.55 \pm 5.10	2.991**
<i>P. thunbergii</i>	32.74 \pm 6.91	39.06 \pm 7.98	4.233**	34.49 \pm 5.89	34.26 \pm 6.95	0.178
<i>P. rigida</i>	28.44 \pm 5.65	35.10 \pm 6.94	5.262**	28.66 \pm 5.60	32.04 \pm 5.56	3.028**
<i>P. rigitaeda</i>	35.46 \pm 6.97	40.53 \pm 8.59	3.240**	33.91 \pm 7.15	38.77 \pm 5.92	4.212**
<i>P. taeda</i>	37.45 \pm 6.62	36.32 \pm 7.48	0.801	38.23 \pm 7.96	48.37 \pm 9.65	5.731**
<i>P. banksiana</i>	26.29 \pm 5.25	36.45 \pm 6.73	8.162**	28.12 \pm 4.17	30.49 \pm 5.25	2.499**
<i>P. sylvestris</i>	35.73 \pm 5.08	36.41 \pm 6.69	0.572	32.76 \pm 3.83	33.96 \pm 6.57	1.115

**: 1% significant level by T test.

Table 5. Wall thickness of axial tracheid in root and stem woods of some Korean *Pinus*

Species	Radial wall thickness (μm)					
	Early-wood			Late-wood		
	Stem	Root	T-value	Stem	Root	T-value
<i>P. koraiensis</i>	3.35 \pm 0.56	3.47 \pm 0.60	1.033	5.76 \pm 0.69	4.58 \pm 0.53	9.592**
<i>P. strobus</i>	3.92 \pm 0.71	2.96 \pm 0.32	8.716**	4.99 \pm 0.81	3.77 \pm 0.42	9.451**
<i>P. densiflora</i>	2.00 \pm 0.41	2.77 \pm 0.56	13.231**	4.87 \pm 0.71	4.11 \pm 1.11	4.074**
<i>P. thunbergii</i>	2.73 \pm 0.17	2.80 \pm 0.43	1.070	5.42 \pm 0.83	4.09 \pm 1.17	6.552**
<i>P. rigida</i>	2.93 \pm 0.36	3.32 \pm 0.60	3.941**	5.82 \pm 0.82	4.42 \pm 0.91	8.083**
<i>P. rigitaeda</i>	2.55 \pm 0.61	4.05 \pm 0.86	4.955**	3.91 \pm 0.67	3.71 \pm 0.75	1.402
<i>P. taeda</i>	2.63 \pm 0.48	2.96 \pm 0.51	3.332**	4.36 \pm 0.98	3.13 \pm 0.58	7.754**
<i>P. banksiana</i>	2.56 \pm 0.49	2.45 \pm 0.66	0.496	3.61 \pm 0.51	3.20 \pm 0.49	4.092**
<i>P. sylvestris</i>	2.63 \pm 0.53	2.53 \pm 0.48	0.988	5.89 \pm 1.30	4.58 \pm 0.66	6.351**

Species	Tangential wall thickness (μm)					
	Early-wood			Late-wood		
	Stem	Root	T-value	Stem	Root	T-value
<i>P. koraiensis</i>	2.86 \pm 0.51	3.42 \pm 0.52	5.343**	6.45 \pm 0.79	4.86 \pm 0.81	9.934**
<i>P. strobus</i>	3.00 \pm 0.87	2.72 \pm 0.41	2.058*	5.95 \pm 0.86	3.90 \pm 0.69	13.142**
<i>P. densiflora</i>	1.92 \pm 0.28	2.18 \pm 0.45	3.468**	5.71 \pm 0.93	4.58 \pm 1.17	5.347**
<i>P. thunbergii</i>	2.59 \pm 0.53	2.78 \pm 0.65	1.602	6.63 \pm 1.07	4.17 \pm 0.74	13.318**
<i>P. rigida</i>	2.63 \pm 0.53	3.43 \pm 0.73	6.192**	7.31 \pm 1.30	4.88 \pm 0.85	11.062**
<i>P. rigitaeda</i>	2.38 \pm 0.53	3.46 \pm 0.99	6.800**	4.99 \pm 0.81	4.25 \pm 0.77	4.683**
<i>P. taeda</i>	2.63 \pm 0.46	2.47 \pm 0.46	1.739*	7.23 \pm 1.17	3.66 \pm 0.61	19.454**
<i>P. banksiana</i>	2.17 \pm 0.51	2.17 \pm 0.55	0	5.52 \pm 0.84	3.59 \pm 0.87	11.281**
<i>P. sylvestris</i>	2.49 \pm 0.48	2.45 \pm 0.45	0.429	6.42 \pm 0.93	4.71 \pm 0.70	10.382**

**: 1% significant level by T test

*: 5% significant level by T test

Table 6. Dimension of ray and distribution ratio in 1 mm²

Species	Height of ray (cells)		No. of Ray per mm ²		Distribution ratio in 1mm ²					
					Axial tracheid		Ray		Resin duct	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
<i>P. koraiensis</i>	11.32	10.5	27.52	29.12	89.88	90.7	9.23	8.08	1.00	1.22
<i>P. strobus</i>	16.34	9.9	36.32	39.33	93.75	89.6	5.21	9.16	1.04	1.19
<i>P. densiflora</i>	14.68	8.5	37.84	42.56	91.84	89.6	7.14	8.76	1.02	1.59
<i>P. thunbergii</i>	14.06	9.8	32.08	37.76	93.02	83.6	6.20	15.05	0.78	1.30
<i>P. rigida</i>	9.72	11.2	36.64	38.24	90.68	87.8	8.06	12.8	1.26	1.17
<i>P. rigitaeda</i>	9.04	9.7	33.52	35.20	88.89	85.87	8.00	15.77	2.00	0.57
<i>P. taeda</i>	12.62	11.5	35.12	39.52	91.37	84.58	7.61	14.66	1.02	0.71
<i>P. banksiana</i>	9.24	13.7	33.28	37.92	90.45	85.22	9.05	13.44	0.50	1.51
<i>P. sylvestris</i>	12.96	10.0	36.16	39.52	84.75	86.04	13.45	12.81	1.80	1.14

리에서 줄기보다 길게 나타났으나, 나머지 種에서는 거의 비슷하게 나타났다(Table 3).

春秋材에서 主軸假導管 直徑의 測定 結果는 Table 4와 같이 大體로 뿌리에서 줄기보다 넓게 나타났다. 먼저 放射直徑을 보면, 春材部는 스트로브잣나무, 곰솔, 리기다소나무, 방크스소나무 및 구주소나무가, 또 秋材部에서는 모든 種이 뿌리가 줄기보다 더 넓게 나타났다. 그리고 接線直徑을 보면, 春材部는 테다소나무를 제외한 모든 種이, 秋材部는 스트로브잣나무와 곰솔을 제외한 모든 種이 뿌리에서 줄기보다 더 넓게 나타났다.

假導管의 壁肥厚를 春材部에서 보면, 放射壁肥厚는 잣나무, 소나무, 곰솔, 리기다소나무, 리기테다소나무 및 테다소나무에서, 接線壁肥厚는 잣나무, 소나무, 곰솔, 리기다소나무 및 리기테다소나무에서 뿌리가 줄기보다 厚壁이었으나, 秋材部에서는 放射 및 接線壁肥厚는 모든 種이 줄기가 뿌리보다 厚壁이었다(Table 5).

放射組織을 細胞數로 測定한 높이는 리기다소나무, 리기테다소나무 및 방크스소나무를 제외한 모든 種에서 뿌리보다 줄기가 더 높게 나타났다. 單位面積當 放射組織의 數는 모든 種이 뿌리보다 줄기에서 적었고 放射組織의 構成要素率은 잣나무와 구주소나무를 제외한 모든 種에서 뿌리가 줄기보다 높은 占有比率을 보였다(Table 6).

考 察

一般的으로 木本植物 뿌리에서의 年輪은 뚜렷하지 않은 것으로 알려졌으나(Patel, 1965; Fayle, 1968) 本 研究에서 뿌리와 줄기의 年輪은 모두 뚜렷하게 나타났다. 한편 春秋材의 移行狀態는 뿌리에서 더 漸進的 移行을 보이는 데 이는 松柏類를 材料로한 Patel(1971)의 報告와 一致한다. 主軸假導管의 螺旋肥厚는 뿌리에서 전혀 나타나지 않았고, 잣나무, 리기다소나무, 리기테다소나무 및 방크스소나무의 줄기에서만 볼 수 있었다. 一般的으로 소나무屬 植物 줄기에서는 螺旋肥厚가 나타나지 않는다고 報告되었으나(Phillips, 1941; Kuchka, 1960; Panshin and Dezeew, 1980), 소나무屬에 對한 계속적인 研究結果 Patel(1971)은 *P. radiata*의 격리된 뿌리 假導管에서, Howard and Manwiller(1969)는 일부 松柏類의 줄

기材에서 螺旋肥厚를 報告한 바 있다. 한편 本 研究도 4種에서는 螺旋肥厚가 줄기에서만 나타나고 뿌리에서는 나타나지 않아서 뿌리材와 줄기材를 識別할 수 있었다.

放射假導管은 兩器官間에 類型上의 差異는 없었고, 잣나무와 스트로브잣나무는 平滑型이고 나머지 種들은 주로 鋸齒狀이면서 간혹 網目狀도 함께 나타났다. 이런 점은 放射假導管을 分類學的 特徵으로 利用하여 잣나무亞屬과 소나무亞屬으로 大別한 Kukachka(1960), Hudson(1960), 李(1967) 그리고 Kellogg *et al.*(1982)과 見解를 같이한다. 分野壁孔은 잣나무, 스트로브잣나무, 곰솔 및 구주소나무는 窓狀型이고 나머지 種들은 소나무型으로 器官間의 差異는 나타나지 않았는데 *P. radiata*의 경우에 있어서도 같은 傾向이 報告된 바 있다(Patel, 1971).

本 研究에서 假導管의 길이는 대체로 뿌리가 줄기보다 길게 나타났는데 일부 種에서는 器官間의 T檢定 結果 有意性이 없었다. 다른 植物에서도 通導要素의 길이는 뿌리가 줄기보다 긴 것으로 報告되었고(Fayle, 1968; Zimmerman and Brown, 1971; Metcalfe and Chalk, 1983), 특히 일부 松柏類에서 뿌리의 假導管이 줄기의 것보다 1.4배 이상 길다고 報告된 바 있으나(Bailey and Faull, 1934; Patel, 1971; Manwiller, 1972), Süb and Müller-Stoll(1973)은 *Platanus acerifolia*에서, Bhat and Kärkkäinen(1981b)은 *Betula pendula*와 *B. pubescens*에서, 導管要素의 길이가 줄기보다 더 짧은 것으로 報告하고 있어서, 假導管이나 導管要素의 길이만 가지고도 器官別로 樹種에 따라 相反된 結果를 보여 더욱 幅 넓은 研究가 있어야 되리라고 思料된다. 假導管의 放射 및 接線直徑은 春材 및 秋材部에서 뿌리가 줄기에 비해 더 넓게 나타났다. 이와같은 점은 Patel(1971)과 Manwiller(1972)의 松柏類, 그리고 Bhat and Kärkkäinen(1981b) 및 蘇와 韓(1985b)의 자작나무科 研究結果와 一致한다. 假導管의 壁肥厚는 春材部에서는 뿌리가, 秋材部에서는 줄기가 더 厚壁이었다. 이와같이 木材解剖에 의한 소나무屬 뿌리와 줄기材의 觀察結果로부터 뿌리가 줄기보다 假導管의 길이가 길고, 直徑이 넓으며 특히 壁肥厚가 秋材에서 薄壁으로 나타난 점등을 考慮해 볼 때 뿌리材가 줄기材보다 差力이 적고 內腔이 커서(Fegel, 1941; Carlquist, 1975) 더욱 效果的인 通導機能을 수행할 것으로 推定된다.

放射組織의 높이는 줄기가 뿌리보다 더 높게 觀察되었으며 이는 Patel(1971)의 研究結果와 一致한다. 반면 뿌리에서 單位面積當 放射組織의 數가 많고 點有比率도 높게 나타났다. 이와같은 放射組織의 單位面積當 數는 他 松柏類에 관한 報告와 相反되나(Patel, 1971), 자작나무科 報告와는 같은 傾向을 보였다(Bhat and Kärkkäinen, 1981a, b; Bhat, 1982; 蘇와 韓, 1985b).

摘 要

韓國에서 자라고 있는 소나무屬 植物 9種을 選擇하여 뿌리와 二期木部에서 組織特性和 細胞의 크기를 比較 조사하였다.

하나의 年輪內에서 春秋材의 移行狀態는 뿌리가 줄기보다 더 漸進的 移行狀態를 보인다. 假導管의 放射斷面에서 나타난 有緣孔의 列數는 뿌리에서 줄기보다 더 많이 2列로 나타났다. 그리고 假導管의 放射 및 接線壁에 나타난 螺旋肥厚는 잣나무, 리기다소나무, 리기테다 및 방크소소나무의 줄기에서만 나타났다. 假道管의 길이는 뿌리에서 줄기보다 더 길게 나타났으나 일부 樹種은 비슷하게 나타났다.

假道管의 直徑은 뿌리가 줄기보다 넓었으며 壁肥厚는 材에서 뿌리가 줄기보다 厚壁이었으나 秋材에서는 반대로 뿌리가 薄壁이었다. 單位面積當 放射組織의 數는 뿌리에서 줄기보다 더 많게 나타났다.

參 考 文 獻

- Bailey, I.W. and A.F. Faull. 1934. The cambium and its derivative tissues IX. Structural variability in the redwood, *Sequoia sempervirens*, and its significance in the identification of fossil woods. *J. Arn. Arb.* 15:233-253.
- Berlyn, G.P. and J.P. Miksche. 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa. p.128.
- Bhat, K.M. 1982. A note on cellular proportions and basic density of lateral roots in birch. *IAWA Bull. (n.s.)* 3:89-94.
- Bhat, K.M. and M. Kärkkäinen. 1981a. Variation in structure and selected properties of finish birchwood: IV. Fibre and vessel length in branches, stems and roots. *Silva Fennica* 15:10-17.
- Bhat, K.M. and M. Kärkkäinen. 1981b. Variation in structure and selected properties of finish birchwood: II. Observations on the anatomy of root wood. *Silva Fennica* 15:180-188.
- Carlquist, S. 1975. Ecological Strategies of Xylem Evolution, Calif. Univ. Press, Berkeley. pp.83-103.
- Cutler, D.F. 1976. Variation in root wood anatomy. In, Wood Structure in Biological and Technological Research. Bass, P., A.J. Bolton and D.M. Catling (eds.), pp.143-156.
- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. 2nd ed. John Wiley & Sons Inc., New York. pp.215-256.
- 李弼宇. 1967. 韓國産 소나무類의 木材解剖學的 性質과 其識別에 關한 研究. 서울大 農大演報. Vol. 4:1-11.
- Fayle, D.C.F. 1968. Radial Growth in Tree Roots. *Tech. Rep. Fac. For. Univ. Toronto* 9:1-183.
- Fegel, A.C. 1941. Comparative anatomy and varying physical properties of trunk, branch and root wood of certain north eastern trees. *Bull. N.Y. St. Coll. For. Tech. Pub.* 55:1-20.
- Howard, E.T., and F.G. Manwiller. 1969. Anatomical characteristics of southern pine stemwood. *Wood Sci.* 2:77-86.
- Hudson, R.H. 1960. The anatomy of the genus *Pinus* in relation to its classification. *Wood Sci.* 6:26-46.
- Committee on Nomenclature, I.A.W.A. 1961. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. I.A.W.A.
- Kellogg, R.M. Rowe, S. Koeppen, R.C. and R.B. Miller. 1982. Identification of the wood of the soft pines of western America. *IAWA Bull. (n.s.)* 3(2):95-101.
- Kukachka, B.F. 1960. Identification of coniferous woods. *Tappi* 43:887-896.
- Manwiller, F.G. 1972. Tracheid dimensions in root wood of southern pine. *Wood Sci.* 6:122-124.
- Metcalfe, C.R. and L. Chalk. 1983. Anatomy of the Dicotyledons. (2nd ed.), Clarendon Press, Oxford. pp.47-51.
- Panshin, A.J. and C.D. Dezeew. 1980. Textbook of Wood Technology (4th ed.), McGraw Hill Book Co. pp.110-149.
- 朴相珍·李元雨·李弼雨. 1981. 木材組織의 圖解. 正民社. pp.19-20.
- Patel, R.N. 1965. A comparison of the anatomy of the secondary xylem in roots and stem. *Hölzforschung* 19:72-79.

- Patel, R.N. 1971. Anatomy of stem and root wood of *Pinus radiata* D. Don. *N.Z.J. For. Sci.* 1: 37-49.
- Pillips, E.W.J. 1941. The identification of coniferous woods by their microscopic structure. *J. Linn. Soc. Bot.* 52: 259-320.
- Sass, J.E. 1971. Botanical Microtechnique. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp.91-98.
- Shimaji, K. 1962. Anatomical studies on the phylogenetic interrelationship of the genera in the Fagaceae. *Tokyo Univ. For. Bull.* 57: 1-64.
- SüB, H. und W.R. Müller-Stoll. 1973. Zur Anatomie des Ast-, Stamm- und Wurzelholzes von *Platanus* × *acerifolia* (Ait.) Willd. *Usterr. Bot. Z.* 121: 227-249.
- 蘇雄永. 1983. 韓國產 裸子植物에 對한 系統分類學的 研究—소나무科의 木材 解剖—全北大學校 附設 生物學研究年報 4: 117-133.
- 蘇雄永·韓京植. 1985a. 물오리나무와 사방오리나무에 있어서 導管要素 및 纖維의 잇수 變異. 식물학회지 28: 9-20.
- 蘇雄永·韓京植. 1985b. 數種의 韓國產 자작나무科 植物에 있어서 뿌리와 줄기의 二期木部の 比較解剖 식물학회지 28: 127-140.
- 蘇雄永·李昌福. 1982. 자작나무科 植物 뿌리의 木部解剖에 依한 系統分類學的 研究. 全北大學校附設 生物學研究年報 3: 127-138.
- 蘇雄永·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 뿌리의 木材解剖— 식물학회지 27: 81-94.
- Zimmerman, M.H. and C.L. Brown. 1971. Trees Structure and Function. Springer-verlag, Berlin, Heidelberg, New York. p.117.

(1986. 8. 19. 接受)

Explanation of Figures

- Figs. 1-2.** Light micrographs of the anatomical structure in the stem (Fig. 1) and root (Fig. 2) of the *Pinus koraiensis*; C: Cross section (40 \times), R: Radial section (100 \times), T: Tangential section (100 \times), a: Early-wood tracheids, a': Late-wood tracheids, b: Vertical resin canal, b': Horizontal resin canal, c: Ray.
- Fig. 3.** The tracheid with bordered pits of two rows on the radial walls in the root wood of *Pinus taeda* (420 \times).
- Fig. 4.** The tracheid with bordered pits on the tangential walls in the root wood of *Pinus densiflora* (420 \times).
- Fig. 5.** Crassulae among pits on the tracheid wall in the root wood of *Pinus banksiana* (420 \times).
- Fig. 6.** Smooth thickening on the wall adjacent to the bordered pits of the ray tracheid in the stem wood of *Pinus koraiensis* (420 \times).
- Fig. 7.** Dentate ray tracheids in the stem wood of *Pinus taeda* (420 \times).
- Fig. 8.** Reticulate ray tracheid in the stem wood of *Pinus sylvestris* (420 \times).
- Fig. 10.** Pinoid pit in the stem wood of *Pinus rigida* (420 \times).
- Fig. 11.** Resin canal with thin-walled epithelial cells in the stem wood of *Pinus rigida* (420 \times).
- Fig. 12.** The tracheid with spiral thickening on the radial walls in the stem wood of *Pinus koraiensis* (420 \times).
- Fig. 13.** Abruptly transition on the cross section in the stem wood of *Pinus taeda* (40 \times).
- Fig. 14.** Gradually transition on the cross section in the root wood of *Pinus taeda* (40 \times).



