

## 수종 한국산 나자식물 수피의 형태학적 연구

金京植·黃聖秀·宣炳崙

(전북대학교 자연과학대학 생물학과)

## Bark Morphology of Some Korean Gymnosperms

Kim, Kyungsik, Sung Soo Whang and Byung Yun Sun

(Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju)

### ABSTRACT

The bark morphology and anatomy of six species in Korean gymnosperms were examined with light and scanning electron microscopes. The species were *Thuja orientalis* (Cupressaceae), *Ginkgo biloba* (Ginkgoaceae), *Cycas revoluta* (Cycadaceae), *Pinus koraiensis* (Pinaceae), *Taxus cuspidata* (Taxaceae), *Cryptomeria japonica* (Taxodiaceae). We described the bark features such as surface colour, thickness, depth of inner and outer bark, presence or absence and features of expansion tissue of ray, composition of periderm, and component cells of secondary phloem. The comparison with these features showed significant differences among all six species. Furthermore, it was suggested that sclereids types and sieve area shapes in sieve cells might be useful to the comparative morphological studies of gymnosperms.

### 서론

일반적으로 수피(bark)라 하면 2기 성장을 하는 목본성 식물의 줄기, 가지 및 뿌리의 외부에 형성되는 단단한 구조의 껍질을 뜻하지만, 조직학적 관점에서 보면 다양한 조직들이 여기에 포함된다. 조직학에서는 유관속형성층의 외부에 있는 2기 및 1기의 모든 조직을 수피로 간주한다(Esau, 1960). 따라서 2기 성장을 하는 식물의 오래된 줄기나 뿌리의 경우에 2기사부와 조피가 그리고 1기 성장을 하는 식물의 경우에는 1기사부, 내초, 피층 그리고 표피 등이 수피에 포함된다. 수피는 내수피(inner bark)와 외수피(outer bark)로 구분된다(Chang, 1954). 내수피에는 유관속형성층 외부에 위치하는 사부와 가장 내부에 위치한 주피(periderm), 즉 가장 최근에 형성된 주피, 사이에 있는 조직들이 포함되며, 외수피(조피(rhytidome))에는 가장 최근에 형성된 주피의 외부에 위치한 조직들이 포함된다.

수피의 해부학적 연구는 목재조직 등 타 조직에 비하여 활발하지 않으며 지금까지의 연구들도 식물체의 전반적인

해부학적 기재의 일부로 또는 제한된 자원식물의 식별을 목적으로 수행되어 왔다(Doulioth, 1889; Thorenaar, 1926; Grondal, 1942; Isenberg, 1943; Symington, 1943; Metcalfe and Chalk, 1950; Holdheide, 1951; Wood, 1952; Chang, 1951, 1954; Brown, 1955; Chattaway, 1953, 1955a, b, c, d, e, 1959; Grillos and Smith, 1959; Bamber, 1962). 또한 비교해부학적 연구들도 다수 수행되었으나(Esau, 1964; Ahmad *et al.*, 1969; Patel, 1975; Lotova, 1976; Yunus, 1976; Ghouse and Jamal, 1978; Parameswaran and Zamuco, 1978; Datta, 1981; Khan *et al.*, 1982; Iqbal and Ghouse, 1982, 1983; Esau, 1984; Esau and Cheadle, 1984; Outer, 1986; Malychenko, 1986, 1988; Malychenko and Lotova, 1986; Trochenbrodt and Parameswaran, 1986), 식물계 전체적으로 보면 수피의 구조적 특징들에 대한 정보는 아직 미흡한 실정이기 때문에 보다 광범위한 조사가 필요하다(Chang, 1954; Kalimullah, 1990).

나자식물 수피에 대한 연구는 일부 식물을 대상으로 사부의 2기 성장에 대한 연구(Esau, 1969)와 경제적 활용도가 높은 소나무과 식물에 대한 연구를 제외하면(Grondal, 1942; Isenberg, 1943; Chang, 1954; Grillos and Smith,

본 연구는 1991년 교육부 기초과학연구소(ESRE-91-427)의 지원으로 수행되었음

1959) 전반적인 나자식물군의 수피 조직에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이고, 특히 한국에서는 수피에 대한 연구가 매우 미진한 상태이다.

이에 본 연구는 한국에 생육하는 주요 나자식물군의 수피조직에 대한 개요를 파악하고 기재하며 장차의 연구의 기초 자료로 이용하고자 한국내에 생육하는 6개과 나자식물을 대상으로 수피에 대한 형태 및 해부학적 특징을 조사하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에서는 한국내 자생 혹은 식재되어 생육하는 6개과의 나자식물종 각 과별로 대표적인 1종씩을 선정하여 재료로 사용하였다. 이들은 측백나무(*Thuja orientalis* L.), 은행나무(*Ginkgo biloba* L.), 소철(*Cycas revoluta* Thunb.), 잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z.), 주목(*Taxus cuspidata* S. et Z.), 삼나무[*Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don] 등이다. 수피의 채취는 형성층의 활동이 정지된 12월에서 2월사이에 심재를 따라 수간의 1.5 m 흉고 높이에서 동서 남북의 각 방향마다 10×5 cm<sup>2</sup> 크기로 채취하였다.

수피 조직의 외부형태 및 총체적인 조직배열 양상을 관찰하기 위하여 물에 담긴 상태에서 면도날로 횡단면과 방사단면을 잘라 루페 및 해부현미경으로 관찰하였다.

광학현미경 관찰을 위하여 수피의 조각을 적당하게 사정한 뒤, 활주식 마이크로톰(Reichert's sliding microtome)을 이용하여 15-20 μm 두께의 횡단면, 방사단면 그리고 종단면으로 박편하였다. 이들 박편은 Heidenhains haematoxylin과 Bismarck brown 또는 Safranin(Johansen, 1940), Tannic acid-ferric chloride와 Iacmoid 조합(Cheadle *et al.*, 1953)으로 염색하고 일련의 알코올용액으로 탈수한 후에 Canada balsam으로 봉입하였다(Sass, 1958).

사부요소 중 사부섬유, 사세포 그리고 보강세포 등을 관찰하기 위하여 시료를 1 mm 정도의 두께로 장축으로 길게 잘라서, 5% HNO<sub>3</sub>에 담근 후 45-500°C의 건조기 내에 유리봉으로 가볍게 문질러 충분히 해리시켰다(Ghouse *et al.*, 1974). 해리된 시료는 DIC(differential interference contrast)가 장착된 광학현미경으로 관찰하였다.

사세포 측벽의 사역과 사공의 관찰을 위하여 방사단면으로 박편된 시료를 HMDS(hexamethyldisilazane)로 건조시킨 후 gold-coating하여 주사전자현미경(Akashi, SR-50)으로 관찰하였다.

2기사부 횡단면에서 구성조직의 상대적인 점유면적의 비율은 광학현미경하에서 무작위로 선정된 단위면적당 구성조직의 점유면적 비율을 영상분석기를 이용하여 측정하였으며, 계산은 다음의 공식을 사용하였다.

$$R = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

W<sub>1</sub>=기능이 있는 사부지역의 단위면적, W<sub>2</sub>=기능이 없는 사부지역내 특정 조직의 면적, R=해당 조직의 점유면적 비율

## 결 과

### 외부형태 및 총체적 조직 관찰

수피표면: 수피는 소철을 제외하면 얇게 벗겨지며, 표면색은 측백나무가 흑갈색, 열은 갈색 또는 짙은 갈색, 은행나무는 은회색, 은색 또는 회색, 잣나무는 은색, 옥색 그리고 연홍색, 주목은 흑갈색, 갈색 그리고 밤색, 삼나무는 갈색과 밤색이다(Table 6).

확장조직: 확장조직은 측백나무와 삼나무에서는 나타나지 않으며(Figs. 1 and 5), 은행나무, 주목 그리고 잣나무에서는 관찰된다(Figs. 2-4). 특히 잣나무의 경우는 확장조직이 현저히 발달하여 인접한 확장조직들이 2기사부와 조피사이에서 연결된다(Fig. 3).

수피의 두께: 수피의 두께는 측백나무가 4-5 mm 내외, 은행나무는 6-8 mm 내외, 잣나무는 3-3.5 mm 내외, 주목은 2.5-3 mm 내외 그리고 삼나무는 3.5-4 mm 내외이다. 조피의 두께는 측백나무는 1-1.5 mm 내외, 은행나무는 3-3.5 mm 내외, 잣나무는 0.2-0.6 mm 내외, 주목이 0.5 mm 내외 그리고 삼나무가 0.5 mm 내외이다. 2기사부의 두께는 측백나무가 3-4 mm 내외, 은행나무는 4-4.5 mm 내외, 잣나무는 2.5-3 mm 내외, 주목은 2 mm 내외 그리고 삼나무는 3-3.5 mm 내외이며, 전체적으로 조피보다 2기사부가 두껍다(Figs. 1-5, Table 6).

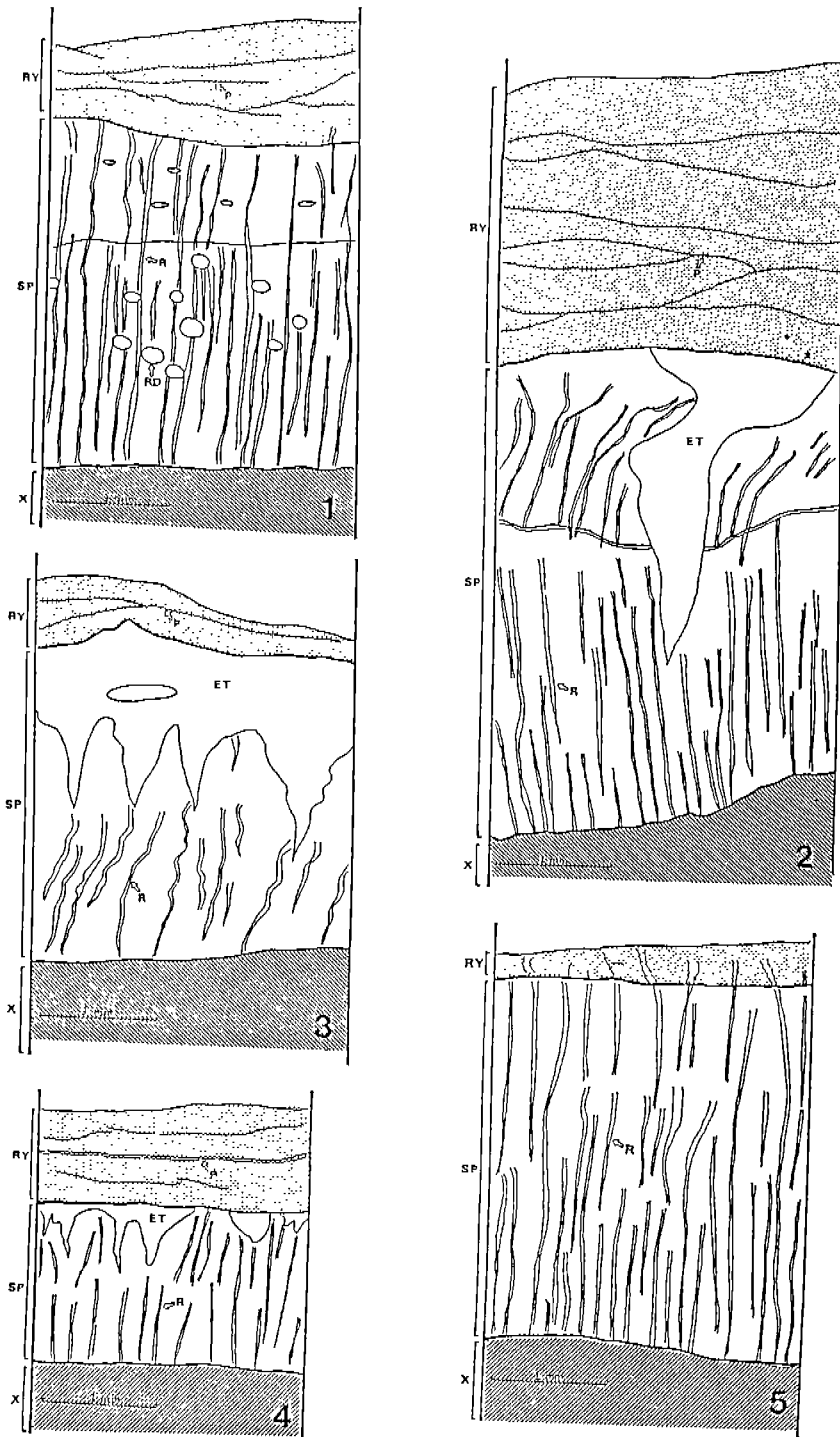
### 현미경적 관찰

#### 주 피

주피는 코르크조직, 코르크형성층 그리고 코르크피층으로 구성된다. 코르크조직은 측백나무에서는 3-6 세포층, 은행나무에서는 12-14 세포층, 잣나무에서는 1-2 세포층, 주목에서는 5-6 세포층, 삼나무에서는 3-5 세포층이고, 코르크형성층은 잣나무, 주목 그리고 삼나무에서는 1세포층, 측백나무에서는 1-2 세포층, 은행나무에서는 2-3 세포층으로 되어있다. 코르크피층은 측백나무에서는 1-2 세포층, 은행나무에서는 13-16 세포층, 주목과 잣나무에서는 2-3 세포층 그리고 삼나무에서는 1-3 세포층으로 되어있다(Table 6).

#### 2기사부

사세포: 횡단면에서 사세포의 배열은 측백나무, 은행나무 그리고 삼나무에서는 타세포들과 교대로 절선방향으로 1



Figs. 1-5. Stereoscopic diagrams of slashed barks of five gymnospermous species showing the distribution pattern of ray, rhytidome, extension tissue and position of peridome. Fig. 1, *Thuja orientalis*; Fig. 2, *Ginkgo biloba*; Fig. 3, *Pinus koraiensis*; Fig. 4, *Taxus cuspidata*; Fig. 5, *Cryptomeria japonica* (ET, extension tissue; P, peridome; R, ray; RD, resin duct; RY, rhytidome; SP, secondary phloem; X, xylem).

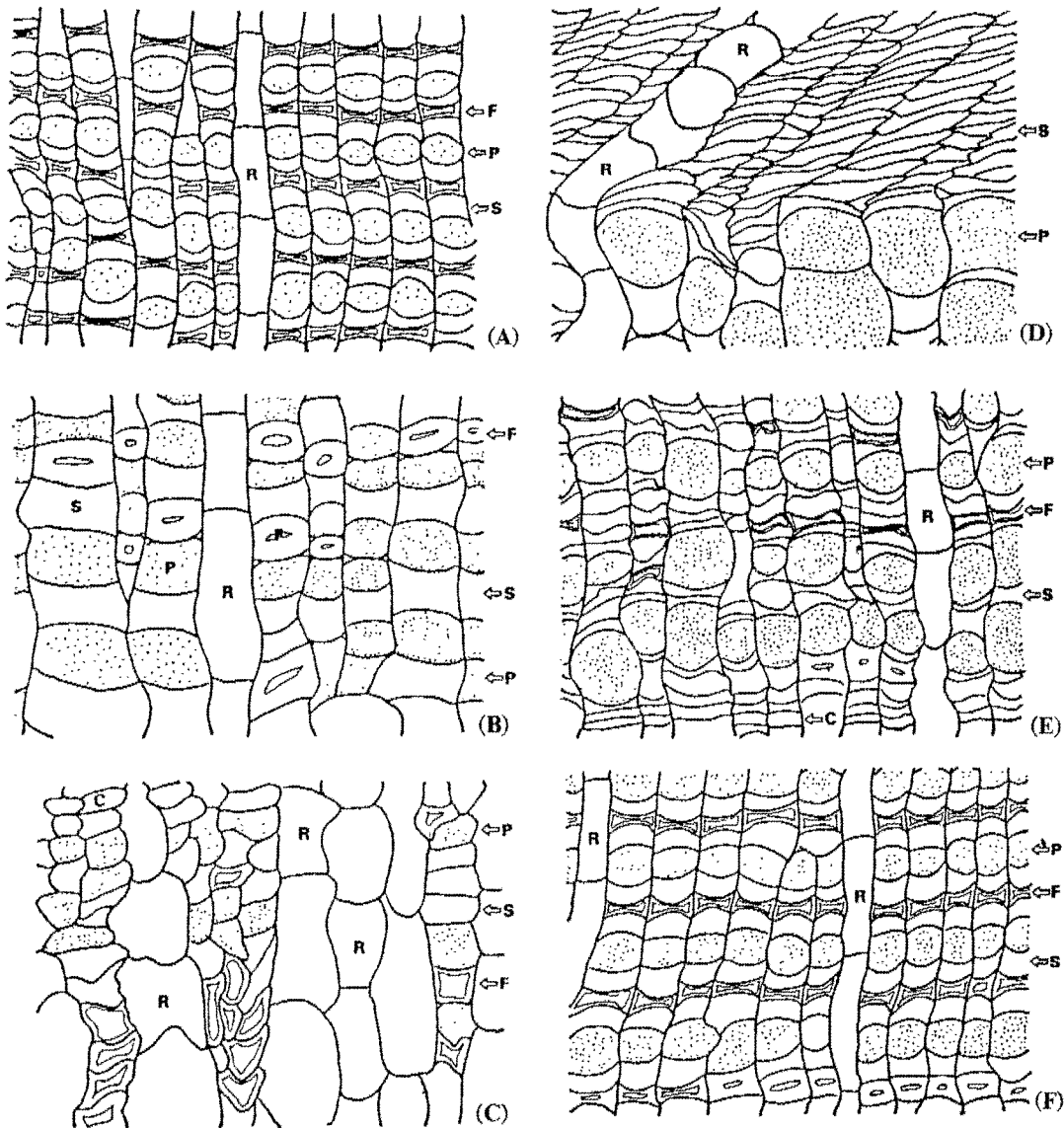


Fig. 6. Diagrams of transverse section of secondary phloem of six gymnospermous species. A, *Thuja orientalis*; B, *Ginkgo biloba*; C, *Cycas revoluta*; D, *Pinus koraiensis*; E, *Taxus cuspidata*; F, *Cryptomeria japonica* (C, cambium; F, fiber; P, parenchyma; R, ray; S, sieve cell).

세포층의 대(band)로 배열하며(Fig. 6A, B, F, Plate I-4, 7, 16), 주목에서도 유사한 배열을 하나 때로는 절선방향으로 불연속적이기도 하며 방사방향으로 2-5 세포층의 대를 형성한다(Fig. 6E, Plate I-13). 소철에서는 절선방향의 대를 형성하지 않고 넓은 방사조직들 사이에 타세포들과 함께 산재한다(Fig. 6C, Plate I-7). 잣나무에서는 방사방향으로 연속적인 배열을 하여 10-20 세포층의 대(band)를 형성한다

(Fig. 6D, Plate I-13). 이러한 사세포대에는 정상인 사세포와 압축된 사세포(compressed sieve cell)가 번갈아 배열된다. 횡단면에서 통도기능이 있는 2기사부 지역 사세포의 평균면적은 흑백나무에서  $154.67 \pm 42.56 \mu\text{m}^2$  정도, 은행나무에서  $518.38 \pm 156.91 \mu\text{m}^2$  정도, 소철에서  $284.76 \pm 83.92 \mu\text{m}^2$  정도, 잣나무에서  $298.32 \pm 102.47 \mu\text{m}^2$  정도, 주목에서  $157.88 \pm 53.42 \mu\text{m}^2$  정도 그리고 삼나무에서는  $161.56 \pm$

Table 1. Relative proportion of component cells of the conducting phloem transected in six gymnospermous species unit : %

Species	Sieve cell	Parenchyma	Ray	Fiber
<i>Thuja orientalis</i>	36.78	37.95	5.73	19.54
<i>Ginkgo biloba</i>	40.69	31.63	13.12	14.56
<i>Cycas revoluta</i>	15.24	15.15	47.80	21.81
<i>Pinus koraiensis</i>	62.47	17.93	19.61	0
<i>Taxus cuspidata</i>	42.60	36.06	10.47	10.87
<i>Cryptomeria japonica</i>	36.71	33.47	11.65	18.17

46.55  $\mu\text{m}^2$  정도로써 은행나무의 사세포가 가장 크고 측백나무, 주목, 그리고 삼나무등의 사세포는 작다(Table 2). 따라서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 측백나무가 약 36.78%, 은행나무는 약 40.69%, 소철은 약 15.24%, 잣나무는 약 62.47%, 주목이 약 42.60% 그리고 삼나무가 약 36.71%이다(Table 1). 사세포의 사역(sieve area) 형태는 측백나무, 잣나무 그리고 삼나무는 원형이고 은행나무는 타원형, 주목은 원형과 난형이다(Plate II-1, 2, 4, 5, 6). 한편 소철은 사역이 뚜렷하지 않다(Table 6, Plate II-3). 사역내 사공의 수는 측백나무와 삼나무가 70-100개 정도로 많고 은행나무는 15-75개 정도, 주목은 15-25개 정도이다(Table 6, Plate II).

섬유세포: 횡단면에서 섬유세포의 배열은 측백나무와 삼나무의 경우 절선방향으로 1세포층으로 연속적이며(Fig.

6A, F, Plate I-1, 16), 은행나무와 주목도 이와 유사하나 때로는 불연속적인 경우도 나타난다(Fig. 6B, E, Plate I-7, 13). 소철은 2기사부 주변부에 주로 나타나며 1-수개가 타 세포들 사이에 모여서 나타난다(Fig. 6C, Plate I-7). 잣나무는 섬유세포가 거의 발달하지 않는다(Fig. 6D, Plate I-10). 횡단면에서 통도기능이 있는 2기사부 지역의 섬유세포의 평균면적은 측백나무가  $150.65 \pm 43.02 \mu\text{m}^2$  정도, 은행나무는  $509.96 \pm 141.69 \mu\text{m}^2$  정도, 소철이  $305.04 \pm 68.59 \mu\text{m}^2$  정도, 주목이  $128.97 \pm 36.52 \mu\text{m}^2$  정도 그리고 삼나무가  $150.27 \pm 48.83 \mu\text{m}^2$  정도로 은행나무의 섬유세포가 가장 크고 주목의 섬유세포가 가장 작게 나타났다(Table 3). 섬유세포의 상대적인 면적의 비율은 측백나무가 약 19.54%, 은행나무는 약 14.56%, 소철은 약 21.81%, 주목은 약 10.87% 그리고 삼나무가 약 18.17%이다(Table 1). 섬유세포의 말단부 형태는 측백나무, 은행나무 그리고 삼나무가 포크형(forked), 톱니형(serrate) 그리고 파상형(dentate) 등이며, 주목은 톱니형과 파상형이 있고, 소철은 톱니형이다(Fig. 7, Plate III).

주축 유조직세포: 횡단면에서 주축유조직세포의 배열은 측백나무, 은행나무 그리고 삼나무 등에서는 대부분 1세포층으로 절선방향으로 연속적인 배열을 하며(Figs. 1, 2, 6, Plate I-1, 4, 16), 잣나무와 주목은 때로는 불연속적이기도 하며(Fig. 6D, E, Plate I-10, 13), 소철은 불연속적이다(Fig. 6C, Plate I-7). 횡단면에서 기능이 있는 2기사부의 주축 유조직세포의 평균면적은 측백나무가  $300.94 \pm 94.91 \mu\text{m}^2$  정도, 은행나무는  $521.46 \pm 128.13 \mu\text{m}^2$  정도, 소철이  $307.84$

Table 2. Dimension of the sieve cells in conducting phloem transected in six gymnospermous species

Species	Maximal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Minimal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Average area of one cell ( $\mu\text{m}^2$ )
<i>Thuja orientalis</i>	$24.89 \pm 3.71$	$11.53 \pm 1.74$	$154.67 \pm 42.56$
<i>Ginkgo biloba</i>	$37.78 \pm 6.25$	$20.42 \pm 5.00$	$518.33 \pm 156.91$
<i>Cycas revoluta</i>	$26.89 \pm 4.93$	$14.58 \pm 3.40$	$284.76 \pm 83.92$
<i>Pinus koraiensis</i>	$42.05 \pm 9.82$	$12.00 \pm 3.06$	$298.32 \pm 102.47$
<i>Taxus cuspidata</i>	$22.59 \pm 4.17$	$11.76 \pm 2.97$	$157.88 \pm 53.42$
<i>Cryptomeria japonica</i>	$21.43 \pm 3.65$	$12.21 \pm 2.26$	$161.56 \pm 46.55$

Table 3. Dimensions of the fiber cells in conducting phloem transected in five gymnospermous species

Species	Maximal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Minimal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Average area of one cell ( $\mu\text{m}^2$ )
<i>Thuja orientalis</i>	$23.92 \pm 4.01$	$8.71 \pm 1.79$	$150.65 \pm 43.02$
<i>Ginkgo biloba</i>	$34.02 \pm 4.56$	$19.30 \pm 3.16$	$509.96 \pm 141.69$
<i>Cycas revoluta</i>	$27.89 \pm 3.50$	$17.20 \pm 2.38$	$305.04 \pm 68.59$
<i>Taxus cuspidata</i>	$23.41 \pm 4.72$	$11.04 \pm 2.36$	$128.97 \pm 36.52$
<i>Cryptomeria japonica</i>	$22.10 \pm 3.84$	$11.41 \pm 2.04$	$150.27 \pm 48.83$

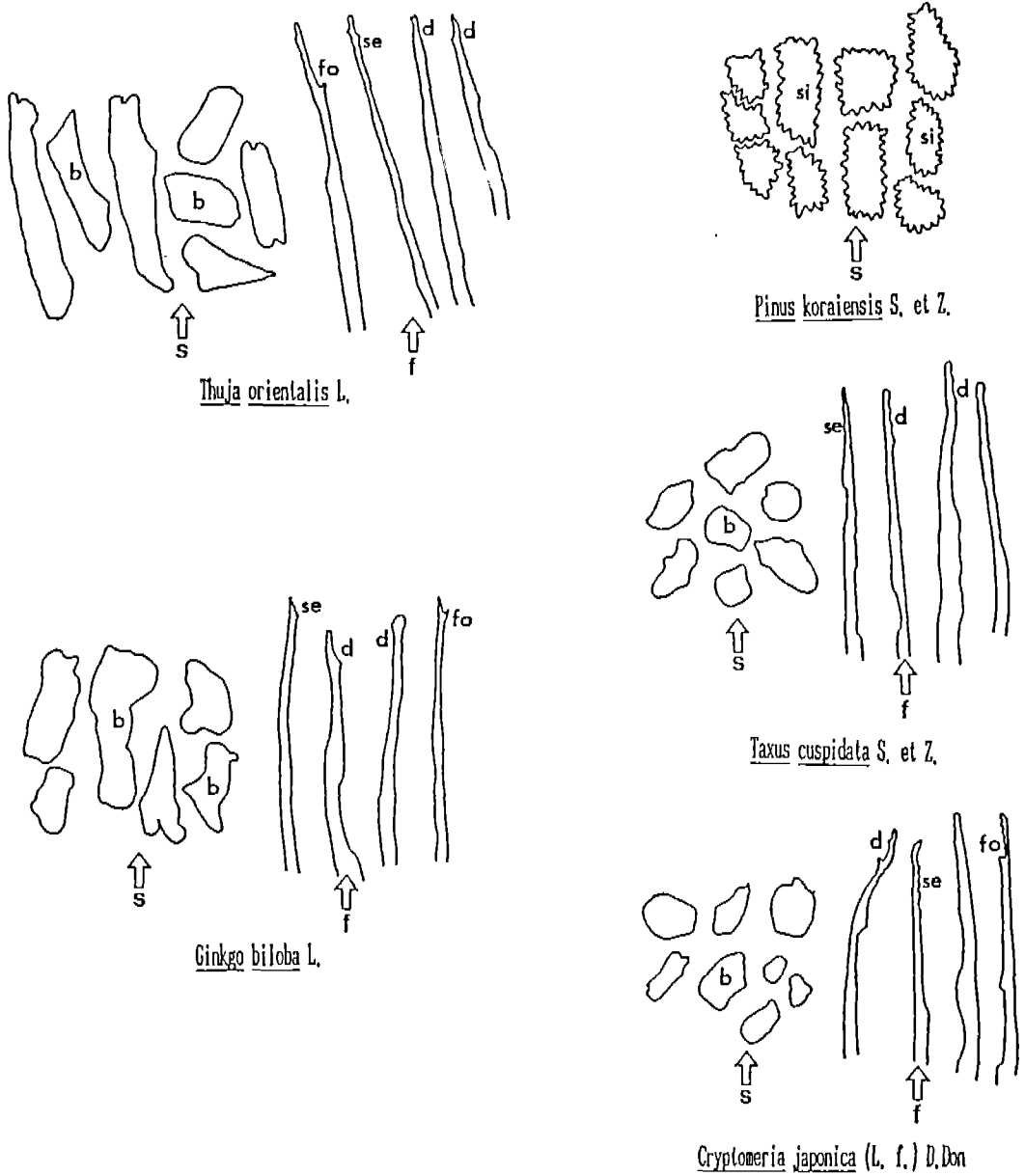


Fig. 7. Types of sclereids and fibers in the secondary phloem of five gymnospermous species. F, fiber (D, dentate; FO, forked; SE, serrate); S, sclereid (B, brachy-type; SI, sinuous-wall-type).

± 59.64 μm<sup>2</sup> 정도, 잣나무는 948.62 ± 266.93 μm<sup>2</sup> 정도, 주목이 270.44 ± 90.48 μm<sup>2</sup> 정도 그리고 삼나무가 260.99 ± 66.17 μm<sup>2</sup> 정도로써(Table 4), 주축유조직세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 측백나무가 약 37.95%, 은행나무가 약 31.63%, 소철이 약 15.15%, 잣나무가 약 17.93%, 주목이 약 36.06% 그리고 삼나무가 약 33.47%이다(Table 1). 주축

유조직세포는 소철을 제외하면 모든 종류에서 탄닌을 함유한다(Plate I). 주목과 삼나무는 기능이 없는 2기사부 지역에, 잣나무는 기능이 있는 지역에 탄닌을 함유하는 세포가 많으며, 측백나무는 2기사부 전지역에 많고, 은행나무는 탄닌을 함유하는 주축 유조직세포가 드물게 나타난다.

Table 4. Dimensions of the parenchyma cells in conducting phloem transectioned in six gymnospermous species

Species	Maximal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Minimal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Average area of one cell ( $\mu\text{m}^2$ )
<i>Thuja orientalis</i>	24.41 $\pm$ 5.66	16.26 $\pm$ 2.70	300.94 $\pm$ 94.91
<i>Ginkgo biloba</i>	36.14 $\pm$ 6.53	19.00 $\pm$ 2.38	521.46 $\pm$ 128.13
<i>Cycas revoluta</i>	27.27 $\pm$ 3.40	16.49 $\pm$ 2.36	307.84 $\pm$ 59.63
<i>Pinus koraiensis</i>	41.49 $\pm$ 6.57	30.00 $\pm$ 2.62	948.62 $\pm$ 266.93
<i>Taxus cuspidata</i>	21.31 $\pm$ 3.62	16.19 $\pm$ 2.95	270.44 $\pm$ 90.48
<i>Cryptomeria japonica</i>	22.62 $\pm$ 3.82	15.73 $\pm$ 2.12	260.99 $\pm$ 66.17

Table 5. Dimensions of the ray parenchyma cells in conducting phloem transectioned in six gymnospermous species

Species	Maximal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Minimal diameter ( $\mu\text{m}$ )	Average area of one cell ( $\mu\text{m}^2$ )
<i>Thuja orientalis</i>	44.57 $\pm$ 6.07	16.90 $\pm$ 1.02	530.27 $\pm$ 103.74
<i>Ginkgo biloba</i>	67.07 $\pm$ 18.38	23.51 $\pm$ 3.42	1225.57 $\pm$ 369.73
<i>Cycas revoluta</i>	60.00 $\pm$ 9.99	33.47 $\pm$ 5.40	1502.31 $\pm$ 405.05
<i>Pinus koraiensis</i>	62.69 $\pm$ 13.29	21.70 $\pm$ 3.28	1037.56 $\pm$ 298.81
<i>Taxus cuspidata</i>	41.92 $\pm$ 5.06	14.14 $\pm$ 1.61	414.17 $\pm$ 57.37
<i>Cryptomeria japonica</i>	37.61 $\pm$ 5.03	15.21 $\pm$ 2.68	454.21 $\pm$ 142.23

방사조직: 소철의 방사조직은 1-5 세포열의 넓은 방사조직이 발달되어 있으나 타 종들은 모두 단열방사조직이다 (Fig. 6, Plate I). 횡단면에서 대부분 방사방향으로 곧게 배열되나 은행나무는 다소 휘는 경향이 있고, 잣나무는 보다 더 휘다(Figs. 2 and 3). 절선면에서 방사조직의 높이는 측백나무는 1-10 세포층(Plate I-3), 은행나무는 1-6 세포층(Plate I-6), 잣나무는 1-15 세포층(Plate I-12) 그리고 삼나무는 1-20 세포층(Plate I-18) 이다(Table 6). 기능이 있는 2기사부의 횡단면에서 방사조직 세포의 평균면적은 측백나무가 530.27  $\pm$  103.74  $\mu\text{m}^2$  정도, 은행나무는 1225.57  $\pm$  369.73  $\mu\text{m}^2$  정도, 소철은 1502.31  $\pm$  405.05  $\mu\text{m}^2$  정도, 잣나무는 1037.56  $\pm$  298.81  $\mu\text{m}^2$  정도, 주목은 414.17  $\pm$  57.37  $\mu\text{m}^2$  정도 그리고 삼나무가 454.21  $\pm$  142.23  $\mu\text{m}^2$  정도로써(Table 5), 방사조직이 차지하는 상대적인 면적의 비율은 측백나무가 약 5.73%, 은행나무는 약 13.12%, 소철이 약 47.80%, 잣나무가 약 19.61%, 주목이 약 10.47% 그리고 삼나무가 약 11.65%이다(Table 1).

보강세포: 보강세포는 대부분 조피지역에 발달되며 종류는 모두 단보강세포이다(brachysclereid). 형태는 측백나무, 은행나무, 주목 그리고 삼나무가 석세포형(stone cell type)이고, 잣나무는 파상형벽(sinuous-wall-type)이다(Fig. 7, Plate IV). 소철의 수피에서는 보강세포가 발견되지 않는다.

수피의 형태 기재

측백(*Thuja orientalis*). 수피(bark)는 매우 단단하며, 표면은 흑갈색, 갈색, 그리고 밤색이 섞여있다(Table 6). 수피의 두께는 4-5 mm 내외이며, 이 중 조피가 0.5-1.5 mm 내외, 내주피가 3-3.5 mm 내외이다(Fig. 1, Table 6). 조피는 여러층의 주피로 구성되며(Fig. 1), 흑갈색 또는 밤색이고, 줄기와 평행하게 벗겨진다. 내수피는 갈색이다.

주피는 다소 얇으며 코르크조직(phellem), 코르크형성층(phellogen), 그리고 코르크피층(phelloderm) 등의 3개의 층으로 구성된다(Table 6). 코르크조직은 3-6 세포층이며 세포간극이 없이 방사방향으로 밀착된 배열을 하고, 횡단면에서는 원형, 장방형 그리고 타원형 등 다양하며 세포벽은 목질화되어 있다. 코르크형성층은 1-2 세포층이며 횡단면에서 장방형 또는 장타원형이다. 코르크피층은 1 세포층 또는 없으며 형태는 코르크형성층과 비슷하다. 세포의 크기는 코르크조직이 가장 크며, 코르크형성층과 코르크피층은 비슷하다.

2기사부는 통도기능이 있는 지역(conducting tissue)과 없는 지역(non-conducting tissue)으로 구별되며(Fig. 1), 수지도가 많다. 횡단면에서 세포배열은 주축 유조직세포의 양쪽에 사세포가 위치하고, 사세포의 밖으로 섬유세포가 매우 균일하게 배열하여 각각 1 세포층인 섬유세포, 사세포, 주축유조직세포, 사세포 그리고 섬유세포의 순이 반복되는 배열을 한다. 방사조직은 주축세포 5-6 세포 정도의 간격

Table 6. Comparison of some representative features of gymnosperms barks

Species	Surface color	Ray		Thickness		Cell layer of		
		dilation	height (cells)	bark	rhytidome	phellem	phellogen	phelloderm
<i>Thuja orientalis</i>	deep brown, brown	absent	1-10	4-5 mm	0.5-1.5 mm	3-6	1-2	1-2
<i>Ginkgo biloba</i>	silver gray,	present	1-6	6-8 mm	3-3.5 mm	12-14	2-3	13-16
<i>Cycas revoluta</i>								
<i>Pinus koraiensis</i>	light earth, silver, light-blue	present	1-15 3-3.5 mm		0.2-0.6 mm	1-2	1	2-3
<i>Taxus cuspidata</i>	deep brown, chestnut	present	2.5-3 mm	1 mm	5-6	1	2-3	
<i>Cryptomeria japonica</i>	brown, chestnut	absent	1-20	3.5-4 mm	0.5 mm	3-5	1	1-3

Table 6. continued

Species	Continuity of tangential orientation			Sclerenchymatous type		Sieve area	
	sieve cell	parenchyma	fiber	fiber	sclerid	shape	No. of pore
<i>Thuja orientalis</i>	present	present	present	dentate forked serrate	brachy	round	70-100
<i>Ginkgo biloba</i>	present	present	present /absent	dentate forked serrate	brachy	ellipse	15-75
<i>Cycas revoluta</i>	absent	absent	absent	serrate		unclear	
<i>Pinus koraiensis</i>	present	present /absent			sinuous -wall	round	15-25
<i>Taxus cuspidata</i>	present /absent	present /absent	present /absent	dentate serrate	round	/oval	
<i>Cryptomeria japonica</i>	present	absent	present	dentate forked serrate	brachy	round	70-100

으로 나타난다(Fig. 6A, Plate I-1).

사세포는 섬유세포와 주축유조직세포 사이에 균일하게 배열하며, 모양은 장방형이나 대부분 한면이 오목한 장방형이다(Fig. 6A, Plate I-1). 세포의 크기는 장축 평균이  $24.89 \pm 3.71 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $11.53 \pm 1.74 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $154.67 \pm 42.56 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 2). 횡단면상에서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 36.78% 이며(Table 1), 측벽에 사역(lateral sieve area)이 균일하게 발달된다(Plate I-2). 사역은 전체적으로 원형이며 사공(sieve pore)의 소집단 수가 하나의 사역을 이룬다(Plate II-1). 사역내 사공의 수는 70-100개로 3-12개의 소집단으로 구성된다(Table 6).

섬유세포는 방사방향으로 사세포의 사이에 연속적으로 균일하게 배열한다(Fig. 6A). 각 섬유세포는 목질화되어 세포벽이 두꺼우며, 대부분 절선방향으로 장방형이나 목질화가 심한 경우 방사방향으로 장방형 또는 정방형으로 된다(Plate I-1). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $23.92 \pm 4.01 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $8.71 \pm 1.79 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $150.65 \pm 43.02 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 3). 횡단면에서 섬유세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 19.54%이다(Table 1). 섬유세포의 말단은 포크형(forked), 톱니형(serrate) 그리고 좌상형(dentate)이다(Fig. 7, Plate III-1).

주축 유조직세포는 횡단면에서 사세포 사이에 연속적으로



로 균일하게 배열하며, 탄닌을 함유하는 세포가 많고, 원형과 타원형이다(Fig. 6A, Plate I-1). 세포의 크기는 횡단면상에서 장축평균이  $24.41 \pm 5.66 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $16.26 \pm 2.70 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $300.94 \pm 94.91 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 4). 횡단면에서 주축 유조직세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 37.95%이다(Table 1). 절선면에서 유조직세포의 크기는 비교적 다양하고, 장방형이며, 방사단면에서는 중앙이 불룩한 장방형으로 막공이 발달되어 있다(Plate I-2, 3).

사부 방사조직은 단열이며, 횡단면상에서 비교적 곧게 배열하고, 방사확장조직(extension tissue)은 없다(Fig. 1, Table 6, Plate I-1). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $44.57 \pm 6.07 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $16.90 \pm 1.02 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $530.27 \pm 103.27 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 5). 횡단면에서 방사조직 세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 5.73%이다(Table 1). 높이는 1-10 세포이나 주로 4-5 세포가 많고, 가끔 방사조직 세포의 끝에 알부민세포가 발달된다(Plate I-3).

보강세포는 심하게 목질화되며 주로 조피지역에 석세포(stone cell)형인 단보강세포(brachy-sclereid)가 나타난다(Fig. 7, Plate IV-1).

**은행(*Ginkgo biloba*).** 수피는 비교적 단단하며, 표면은 은색 및 회색이 섞여있는 은회색이다(Table 6). 수피의 두께는 6-8 mm로 두꺼우며, 이 중 조피가 3-3.5 mm 내외, 내주피가 4-4.5 mm 내외이다(Fig. 2, Table 6). 조피는 최소한 5층 이상의 주피로 구성되며(Fig. 2), 외부층은 갈색 내부층은 밤색이다. 조피는 잘 떨어지지 않으나 피복면에서 갈라진다.

주피는 두꺼우며 코르크조직, 코르크형성층, 그리고 코르크피층 등의 3개의 층으로 구별된다(Table 6). 코르크조직은 12-14 세포층이며, 세포간극이 없이 조밀하게 배열되어 있고, 세포벽은 다소 목질화 되어있다. 횡단면과 방사단면에서 장방형 또는 원형도 있으나 정방형이 대부분이고, 다면체이며 투명한 결정체(crystal)를 함유하는 세포가 많다. 코르크형성층은 2-3 세포층이며, 횡단면과 방사단면에서 장방형이다. 코르크피층은 13-16 세포층 정도이며, 세포가 비교적 방사방향으로 배열한다. 횡단면에서 타원형 또는 장방형이고 방사단면에서 타원형 또는 원형이다. 세포의 크기는 다양하나, 코르크조직의 세포는 작고 코르크형성층과 코르크피층의 세포는 비슷하다.

2기사부는 통도 기능이 있는 지역과 없는 지역으로 구별되며, 수지도가 있다(Fig. 2). 횡단면에서 통도 기능이 있는 지역은 2-3 mm 내외이고, 없는 지역은 1-1.5 mm 내외이다. 세포배열은 다소 규칙적이다. 즉 사세포, 섬유세포, 유조직세포, 사세포, 유조직세포, 그리고 사세포 등이 각각 1세포층으로 되어있고, 이들은 기재 순으로 연속하여 반

복배열 한다(Fig. 6B, Plate I-4). 방사조직은 4-5 세포 열로 된 주축세포들을 주기로 하여 나타난다(Fig. 6B, Plate I-4).

사세포는 섬유세포와 유조직세포 사이 또는 유조직세포의 양쪽에 비교적 균일하게 배열한다(Fig. 6B). 모양은 횡단면에서 장방형이거나 불규칙하다(Plate I-4). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $37.78 \pm 6.25 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $20.42 \pm 5.00 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $518.33 \pm 156.91 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 2). 횡단면에서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 40.69%이다(Table 1). 사공역은 크며, 측벽에 고르게 분포한다(Plate I-5). 사공역은 보통 세포의 장축에 수직 방향으로 타원형이며, 사공은 15-75개 정도이고 조밀하게 발달되어 있다(Plate II-2).

섬유세포는 주로 사세포와 주축 유조직세포사이에 배열된다(Fig. 6B, Plate I-4). 사부의 통도 기능이 없는 지역은 방사방향으로 2 세포층이 많고 단형이며 세포벽은 두껍고 목질화되어 있다(Plate I-4, 5). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $34.02 \pm 4.56 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $19.30 \pm 3.16 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $509.96 \pm 141.69 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 3). 횡단면에서 섬유세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 14.56%이다(Table 1). 섬유세포의 발달은 포크형, 틈니형 그리고 파상형이다(Fig. 7, Plate III-2).

주축 유조직세포는 통도 기능이 있는 지역에서는 주로 사세포 사이에 있으나 기능이 없는 지역에서는 사세포와 섬유세포 사이에 배열하며(Fig. 6B), 탄닌을 함유하는 세포가 매우 드물게 있고, 횡단면에서 원형, 타원형, 또는 장방형 등이다(Plate I-4). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $36.14 \pm 6.53 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $19.00 \pm 2.38 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $521.46 \pm 128.13 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 4). 횡단면에서 상대적인 면적의 비율은 약 31.63%이다(Table 1). 절선면에서 크기는 다양하고 장방형이며, 방사단면에서 크기는 다양하고 장방형과 중앙이 부풀 장방형이다(Plate I-5, 6).

사부방사조직은 단열이다. 횡단면에서 통도 기능이 있는 지역에서는 비교적 곧게 배열되나 기능이 없는 지역에서는 다소 휘어있으며, 때로는 쐐기모양의 방사확장조직(wedge ray expansion)을 형성한다(Fig. 2, Plate I-4). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $67.07 \pm 18.38 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $23.51 \pm 3.42 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적이  $1225.57 \pm 369.73 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 5). 횡단면에서 방사조직세포가 차지하는 상대적인 면적 비율은 약 13.12%이다(Table 1). 높이는 1-6 세포이나 대부분 3-4 세포가 많다(Table 6, Plate I-6).

보강세포는 심하게 목질화되며 주로 조피지역에 석세포형인 단보강세포가 나타난다(Fig. 7, Plate IV-2).

**소철(*Cycas revoluta*).** 제한된 2기 생장을 하고 중심주는 이상중심주이며 줄기는 안에서 부터 수, 목부, 형성층, 사부, 피층 그리고 잎 기부 등의 순으로 배열되며 피층과 수는 많이 발달되나, 유관속의 발달은 매우 적다. 따라서 일반적으로 인식되는 주피는 형성되지 않으나 사부와 그 외부에 있는 피층 및 잎의 기부를 수피로 간주할 수 있다.

사세포는 형성층에 가까운 지역에서 주로 유조직세포의 양쪽에 배열하고, 방사방향으로 1-5 세포층이 연속적으로 발달하기도 한다(Fig. 6C). 모양은 횡단면에서 장방형, 정방형 또는 불규칙형이다(Plate I-7). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $26.89 \pm 4.93 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $14.58 \pm 3.40 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적이  $284.76 \pm 83.92 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 2). 횡단면에서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 15.24%이다(Table 1). 방사단면에서 측벽 사공역이 비교적 고르게 있으나(Plate I-8) 그 경계가 뚜렷하지 않으며 사공은 작고 드문 드문 배열한다(Plate II-3).

섬유세포는 불규칙하게 배열하며, 세포벽은 목질화되어 매우 두껍다(Fig. 6B, Plate I-7). 횡단면에서 장방형 또는 불규칙형이다(Plate I-7). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $27.89 \pm 3.50 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $17.20 \pm 2.38 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적이  $305.04 \pm 68.59 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 3). 횡단면에서 섬유세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 21.81%이다(Table 1). 섬유세포의 발달은 돌니형이다.

주축유조직세포는 주로 사세포 사이에 발달하며, 탄닌은 함유하지 않는다(Plate I-7, 8, 9). 횡단면에서 장방형, 정방형, 중앙이 볼록한 장방형 또는 불규칙형 등 다양하다(Fig. 6C, Plate I-7). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $27.27 \pm 3.40 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $16.49 \pm 2.36 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적이  $307.84 \pm 59.63 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 4). 횡단면에서 면적의 비율은 약 15.15%이다(Table 1).

방사조직은 횡단면에서 단열방사조직에서 부터 5열의 세포로 된 방사조직도 있어 특이하며(Fig. 6C, Plate I-7), 장방형과 정방형이 대부분이고 타원형, 원형 또는 불규칙형도 있다(Plate I-7). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $60.00 \pm 9.99 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $33.47 \pm 5.40 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $1502.31 \pm 405.05 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 5). 횡단면에서 방사조직 세포가 차지하는 면적의 비율은 약 47.80%이다(Table 1).

**잣(*Pinus koraiensis*).** 수피는 비교적 단단하며, 표면은 은색과 옥색이 섞여있는 연흙색이다. 수피의 두께는 3-3.5 mm 내외이며, 이 중 조피가 0.2-0.6 mm 내외, 내주피가 2.5-3 mm 내외이다(Fig. 3, Table 6). 조피는 얇고 2-3 층의 주피로 구성되며(Fig. 3), 외부층은 연흙색이나 내

부는 갈색이고, 넓고 얇은 조각으로 회색의 피목면에서 벗겨진다.

주피는 매우 얇고 코르크조직, 코르크형성층, 그리고 코르크피층 등의 3개의 층으로 구성된다(Table 6). 코르크조직은 1세포층이나 가끔씩 2세포층도 있고 횡단면과 방사단면에서 정방형과 장방형이며, 세포벽은 다소 목질화 되어있다. 코르크형성층은 1세포층으로 횡단면과 방사단면에서 장방형, 장타원형 그리고 반원형이다. 코르크피층은 2-3 세포층으로 방사방향으로 비교적 치밀하고 균일하게 배열하고 횡단면에서 장방형, 방사단면에서 원형 또는 타원형이다. 세포의 크기는 코르크조직과 코르크피층은 비슷하고 코르크형성층이 제일 작다.

2기사부는 통도기능이 있는 지역과 없는 지역이 뚜렷하게 구별되지 않지만 다음 2가지 특징으로 대략적인 구별이 가능하다. 즉 기능이 있는 지역내 주축 유조직세포에는 많은 탄닌을 함유하고 있으나 기능이 없는 지역의 세포는 탄닌을 거의 함유하지 않는다. 그리고 수지도는 기능이 있는 지역에는 발달되지 않으나 기능이 없는 지역에는 드물지만 매우 큰 수지도가 발달된다. 횡단면에서 세포의 배열은 형성층과 접하는 지역에서 방사방향으로 약 10-20 세포층의 정상적인 사세포 대가 발달된 후 15-20 세포층의 압축된 사세포(compressed sieve cell) 대가 반복 배열하고, 이때 정상인 사세포 대와 압축된 사세포 대 사이에 보통 1 세포층의 주축 유조직세포가 발달되나, 간혹 정상 사세포대의 사이에도 1-2세포층의 유조직세포가 발달되는 경우도 있다(Fig. 6D, Plate I-10, 11). 방사조직 세포는 5-6 세포열로 된 주축세포들을 주기로 하여 나타난다(Fig. 6D).

사세포는 정상인 사세포와 압축된 사세포로 구별되며, 배열은 15-20 세포층 정도의 정상인 사세포 대와 18-20 세포층 정도의 압축된 사세포 대가 방사방향으로 연속적으로 반복된다(Fig. 6D, Plate I-10). 형태는 횡단면에서 정상인 사세포가 긴 육각형 또는 장방형이고 압축된 사세포는 납작하다(Plate I-10). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $42.05 \pm 9.82 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $12.00 \pm 3.06 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $298.32 \pm 102.47 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 2). 횡단면에서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 62.47%이다(Table 1). 방사단면에서 측벽 사공은 등골고 측벽에 균일하게 발달되어 있지만(Plate I-11) 사공역내 사공의 수는 적다(Plate II-4).

주축 유조직세포는 횡단면에서 방사방향으로 정상인 사세포 대와 압축된 사세포 대 사이 또는 정상 사세포 대내에 발달하나 드물게 압축된 사세포 대 사이에서도 발달한다(Fig. 6D, Plate I-10). 통도기능이 있는 지역내에는 탄닌을 함유하는 세포가 많으나 기능이 없는 지역에는 드물고, 횡단면에서 원형이 대부분이나 가끔 타원형과 사각형도 있다(Plate I-10, 11). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이

41.49 ± 6.57 μm 정도이고, 단축평균이 30.00 ± 2.62 μm 정도이며, 평균면적은 948.62 ± 266.93 μm<sup>2</sup> 정도이다(Table 4). 횡단면에서 주축 유조직세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 17.93%이다(Table 1). 절선면에서 장방형이나 크기는 다양하고(Plate I-12), 방사면에서 장방형 또는 중앙이 불룩한 장방형이고 크기는 다양하다(Plate I-11).

사부방사조직은 단열이며, 방사방향으로 경로가 휘며(Fig. 3, Plate I-10, 12), 조피와 접하는 지역으로 갈수록 다열로 되면서 작은 쉘기모양으로 발달되다가, 결국 조피와 접하는 지역은 2기사부와 조피사이에서 연결된 확장조직을 형성한다(Fig. 3). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이 62.69 ± 13.29 μm 정도이고, 단축평균이 21.70 ± 3.28 μm 정도이며, 평균면적은 1037.56 ± 298.81 μm<sup>2</sup> 정도이다(Table 5). 횡단면에서 방사세포가 차지하는 상대적인 면적 비율은 약 19.61%이다(Table 1). 절선면에서 1-15 세포 높이이고 원형 또는 타원형이며, 알부민세포가 발달된다(Plate I-12). 방사단면에서 장방형이다(Plate I-11).

보강세포는 심하게 목질화되어 주로 조피지역에 발달되어 있고, 파상벽형(sinuous-wall type)이다(Fig. 7, Plate IV-3).

**주목(*Taxus cuspidata*).** 수피는 단단하며 표면은 갈색과 밤색이 섞인 흙갈색이다. 수피의 두께는 2.5-3 mm 내외이며, 이 중 조피가 1 mm 내외, 내주피가 1-1.5 mm 내외이다(Fig. 4, Table 6). 조피는 비교적 부드럽고 2-4 층의 주피로 구성되며(Fig. 4), 외부는 흙갈색과 밤색이고 내부는 밤색이며, 넓고 얇은 조각으로 벗겨진다.

주피는 비교적 얇으며 코르크조직, 코르크형성층 그리고 코르크피층 등의 3개의 층으로 구성된다(Table 6). 코르크조직은 5-6 세포층이며 세포간극이 없고 방사방향으로 조밀하게 배열하며, 횡단면에서는 장방형, 절선면에서는 6각형과 장방형이다. 코르크형성층은 1 세포층으로 횡단면 및 방사단면에서 장방형 또는 타원형이다. 코르크피층은 2-3 세포층으로 비교적 조밀하게 방사방향으로 배열한다. 세포의 크기는 코르크피층이 가장 크며, 코르크조직은 코르크피층 세포 보다 작거나 비슷하다.

2기 사부는 통도기능이 있는 지역과 기능이 없는 지역으로 뚜렷하게 구별되지 않지만, 기능이 있는 지역내에 있는 방사조직 세포는 기능이 없는 지역내 방사조직세포보다 굳게 배열하고, 주축 유조직세포의 탄닌 함유 정도가 많아 대략적인 구별은 가능하다. 수지도는 거의 발달하지 않는다. 횡단면에서 세포배열은 불규칙적이거나 기능이 있는 지역은 방사방향으로 2-4 층의 사세포가 발달된 후 주축 유조직세포가 발달되며, 이들 사세포군과 주축 유조직세포의 배열이 2-3회 반복된 후에 섬유세포가 배열된다(Fig. 6 E, Plate I-13). 기능이 없는 지역은 3-7 세포층으로 된 사세포 부위가 발달되기도 하며 이들이 주축유조직 세포와

번갈아 4-5회 반복하여 배열한 후에 섬유세포가 발달된다. 방사조직 세포는 5-6 세포 열로 된 주축세포 등을 주기로 하여 위치한다(Fig. 6E, Plate I-13).

사세포는 횡단면에서 통도기능이 있는 지역에서는 1세포층으로 주축 유조직세포 및 섬유세포와 교대로 배열되거나 2-3층세포가 방사방향으로 배열되는 때도 있다(Fig. 6 E, Plate I-13). 기능이 없는 지역에서는 3-7세포층이 방사방향으로 발달되는 경우가 많다. 형태는 통도기능이 있는 지역내에서 정방형과 장방형, 기능이 없는 지역내에서 막대형 또는 장방형이다(Plate I-13,14). 세포와 크기는 횡단면에서 장축평균이 22.59 ± 4.17 μm 정도이고, 단축평균이 11.76 ± 2.97 μm 정도이며, 평균면적은 157.88 ± 53.42 μm<sup>2</sup> 정도이다(Table 2). 횡단면에서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 42.60%이다(Table 1). 방사단면에서 사역은 측벽에 고르게 발달되고(Plate I-14) 원형 또는 난형이며, 크기는 다양하다(Plate II-5). 사역내 사공은 작고 얇은 막으로 덮여있을 때가 많고 엉성하게 배열하며 그 수가 적다(Plate II-5).

섬유세포는 통도기능이 있는 지역에서는 세포벽의 목질화가 적게되거나 사세포 또는 주축 유조직세포와 교대로 배열되며 가끔씩 세포벽이 많이 목질화되어 결정체처럼 보이는 세포도 있으며, 기능이 없는 지역에서는 비교적 세포벽의 목질화가 잘된 섬유세포가 주로 사세포 사이에 배열하며 때로는 많이 목질화되어 결정체처럼 보인다(Fig. 6E, Plate I-13, 14). 횡단면에서 장방형 또는 한면이 오목형인 장방형이다(Plate I-13). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이 23.41 ± 4.72 μm 정도이고, 단축평균이 11.04 ± 2.36 μm 정도이며, 평균면적은 128.97 ± 36.52 μm<sup>2</sup> 정도이다(Table 3). 횡단면에서 섬유세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 10.87%이다(Table 1). 섬유세포의 말단은 포크형, 톱니형, 파상형(dentate)이다(Fig. 7, Plate III-3).

주축 유조직세포는 횡단면에서 주로 사세포 사이에 존재하나 사세포와 번갈아 위치하지 않으며(Fig. 6E, Plate I-13), 탄닌을 함유하는 세포의 빈도는 통도기능이 없는 지역에 비하여 통도기능이 있는 지역에서 적게 나타난다. 모양은 원형이나 드물게 타원형도 있다(Plate I-13, 14). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이 21.31 ± 3.62 μm 정도이고, 단축평균이 16.19 ± 2.95 μm 정도이며, 평균면적은 270.44 ± 90.48 μm<sup>2</sup> 정도이다(Table 4). 횡단면에서 유조직세포가 차지하는 상대적인 면적비율은 약 36.06%이다(Table 1). 절선면에서 장방형이 대부분이며(Plate I-15), 방사단면에서는 장방형이 많고 드물게 중앙이 불룩한 장방형도 있고, 크기가 다양하다(Plate I-14).

사부방사조직은 단열이며, 횡단면에서 굳게 배열하고(Fig. 4, Fig. 6E, Plate I-13, 15), 조피에 가까운 지역에서 작은 쉘기형의 확장조직이 발달한다(Fig. 4). 세포의 크기는

횡단면에서 장축평균이  $41.92 \pm 5.06 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $14.14 \pm 1.61 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $414.17 \pm 57.37 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 5). 횡단면에서 방사조직이 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 10.47%이다(Table 1). 절선면에서 높이는 1-9 세포이나 3-5 세포가 많고, 세포의 형태는 원형 또는 타원형이며 말단에 일부민세포가 발달된다(Plate I-15).

보강세포는 심하게 목질화되며 주로 조피지역에 단보강세포가 발달된다(Fig. 7).

**삼나무(*Cryptomeria japonica*).** 수피는 비교적 부드럽고, 표면은 갈색과 밤색이 섞여있다. 수피의 두께는 3.5-4 mm 내외이며, 이 중 조피가 0.5 mm 내외, 내주피가 3-3.5 mm 내외이다(Fig. 5, Table 6). 조피는 1층의 주피로 구성되어(Fig. 5), 외부층은 밤색 내부층은 갈색과 적색이며, 넓고 얇은 조각으로 벗겨진다.

주피는 다소 얇으며 코르크조직, 코르크형성층, 그리고 코르크피층 등의 뚜렷한 3개 층으로 구별된다(Table 6). 코르크조직은 3-5 세포층이며 세포간극이 없이 방사방향으로 조밀하게 배열하며, 세포벽은 두껍지 않다. 횡단면과 방사단면에서 장방형, 정방형, 원형, 타원형 그리고 불규칙형 등으로 다양하다. 코르크형성층은 1 세포층으로 횡단면과 방사단면에서 타원형과 장방형이다. 코르크피층은 1-3 세포층이며 횡단면 및 방사단면에서 장방형, 육각형 그리고 타원형 등이다. 크기는 코르크조직과 코르크피층은 비슷하며 코르크형성층은 작다.

2기사부는 통도기능이 있는 지역과 없는 지역으로 뚜렷이 구별되지 않으나, 기능이 없는 지역의 섬유세포는 매우 목질화되어 결정체처럼 보이며, 형성층에서 가까운 섬유세포 층을 중심으로 양쪽에 발달된 2기사부의 주요 구성세포의 모양과 세포벽의 비후 그리고 주축 유조직세포의 탄닌 함유정도 등에 차이가 있으며(Plate I-16), 전체적으로 통도기능이 있는 지역에서 적다. 수지도는 통도기능이 없는 지역에만 존재하며 횡단면에서 보통 1-2 층으로 발달되는데 이들은 절선방향으로 연속적이다. 횡단면에서 사세포, 주축유조직세포, 사세포, 섬유세포 등이 각각 1세포층으로 되어있고 이들은 기재 순으로 연속하여 반복 배열을 한다(Fig. 6F, Plate I-16). 방사조직 세포는 주축세포 5-6세포 정도의 간격을 두고 위치한다(Fig. 6F, Plate I-16).

사세포는 섬유세포와 주축유조직세포 사이에 균일하게 배열하며, 장방형이지만 대부분 한면이 오목하다(Fig. 6F, Plate I-16, 17). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $21.43 \pm 3.65 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $12.21 \pm 2.26 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $161.56 \pm 46.55 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 2). 횡단면에서 사세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 36.71%이다(Table 1). 방사단면에서 사역은 측벽에 균일하게 발달되며(Plate I-17), 사역은 전체적으로 원형이며 사

공의 소집단 수가 하나의 사역을 이룬다(Plate II-6). 사역내 사공의 수는 70-100개로 3-12개의 소집단으로 구성된다.

섬유세포는 방사방향으로 사세포 사이에 매우 균일하게 배열하고, 각 섬유세포는 목질화되어 세포벽이 두꺼우며, 특히 목질화가 심한 경우 결정체와 비슷하고 세포의 방사 높이가 높아 진다(Fig. 6F, Plate I-16, 17). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $22.10 \pm 3.84 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $11.41 \pm 2.04 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적은  $150.27 \pm 48.83 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 2). 횡단면에서 섬유세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 18.17%이다(Table 1). 섬유세포의 말단은 포크형, 파상형 그리고 톱니형이다(Fig. 7, Plate III-4).

주축 유조직세포는 사세포 사이에 매우 균일하게 발달되고, 탄닌을 함유하는 세포가 많으나 이러한 유세포는 비교적 통도기능이 없는 지역에서 더 많다. 형태는 원형과 타원형이다(Fig. 6F, Plate I-16). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $22.62 \pm 3.82 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $15.73 \pm 2.12 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적이  $260.99 \pm 66.17 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 4). 횡단면에서 주축 유조직세포가 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 33.47%이다(Table 1). 절선면에서 크기는 다양하고, 장방형 또는 중앙이 볼록한 장방형이다(Plate I-18). 방사단면에서는 크기는 다양하고 중앙이 볼록한 장방형이다(Plate I-17).

사부방사조직은 본래 동질성의 세포로서 단열방사조직이며(Plate I-18), 횡단면에서 곧게 배열하며, 방사확장조직은 발달하지 않는다(Fig. 5, Plate I-16). 세포의 크기는 횡단면에서 장축평균이  $37.61 \pm 5.03 \mu\text{m}$  정도이고, 단축평균이  $15.21 \pm 2.68 \mu\text{m}$  정도이며, 평균면적이  $454.21 \pm 142.23 \mu\text{m}^2$  정도이다(Table 5). 횡단면에서 사부방사조직이 차지하는 상대적인 면적의 비율은 약 11.65%이다(Table 1). 절선면에서 원형 또는 타원형으로 1-20 세포 높이이나 주로 5-6 세포 높이가 많고, 가끔 방사조직 세포의 끝에 일부민세포가 발달한다(Plate I-18).

## 고 찰

수피는 일반적으로 2기 성장을 하는 목본 식물의 줄기 및 가지에 형성되는 단단한 점질을 뜻하는 인위적인 조직 단위이다. 조직학적 관점에서 보면 수피에는 유관속형성층 외부에 형성되는 다양한 조직들, 즉 2기사부, 확장방사조직, 주피 또는 조피 등이 포함되며(Esau, 1960) 이들은 기원과 기능이 상이한 별개의 조직들이다. 그러나 이들 조직들은 모두 식물체의 주축인 줄기 또는 가지의 주변부에 위치하며 식물체가 비대생장을 함에 따라 계속 새롭게 생성되고 오래된 것은 탈락하는 공통점이 있다. 또한 약용식물의 경우

수피는 약재로 많이 이용되는 부분이다. 따라서 수피를 인위적인 하나의 조직단위로 간주하고 여기에 포함되는 다양한 조직들이 나타내는 유형을 형태 및 조직학적으로 조사하여 파악함으로써 식물학적으로 활용성이 많은 정보를 얻을 수 있다.

유관속형성층의 활동이 미약한 소철의 경우 조피가 중심이 되는 일반적인 수피는 형성하지 않았다. 따라서 이의 수피는 소량의 2기 사부와 넓은 피층, 표피 그리고 최외부에 위치하는 잎의 기부들로 구성된다고 볼 수 있다. 이들의 2기 사부를 구성하는 세포들도 조사된 타 종들과 비교하였을 때 차이가 있었으므로 직접적인 비교를 할 수 없었다. 다만 2기 사부에 매우 불규칙하나 뚜렷한 방사조직이 발달함을 확인할 수 있었다. 그리고 주사전자현미경 관찰에서 사세포의 사역은 경계가 불분명 하나 측벽에 고르게 발달하고 있음이 확인되어, 세포판단에 존재한다는 기손의 보고(Mettenius, 1861; Dippel, 1869)와는 차이를 보였다.

소철을 제외한 조사된 5종 모두 내수피와 외수피의 부분이 비교적 명확하며 종류별로 두께 및 색에서 차이를 보였다. 이러한 결과는 나자식물의 수피도 육안 또는 해부현미경 수준에서 외수피와 내수피의 차이에 의하여 분류군에 따른 특징을 구별할 수 있는 가능성을 보였다. 이는 Chang(1954)이 과과식물의 수피에 대한 비교형태학적 연구에서 속 수준에서 구별이 가능하다고 한 보고와 부분적으로 일치한다. 특히 은행나무의 경우 수피의 두께가 6-8 mm 내외로 조사된 식물중 가장 두꺼우며 이 중 조피가 약 3-3.5 mm 내외이다. 잣나무는 수피의 두께가 3-3.5 mm 정도이고 조피가 약 0.2-0.6 mm 이며, 주목의 경우 수피의 두께가 2.5-3 mm 정도이고 조피가 약 1 mm 정도로 나타나서 수피의 두께와 조피의 두께는 상관관계가 없는 것으로 추정된다. 한편 수피 표면의 색은 세포벽의 특성과 세포내의 화학적 조성의 차이에 의하여 결정되는데 조사된 식물종간에 서로 중복되는 색이 혼재하여 나타나는 경우가 있지만 종마다 서로 다르게 나타났다. 그러나 Watrous와 Barnes(1946)는 수피의 색이 종 및 속 수준에서 일정하다고 보고한 바 있으므로 분류군의 수준에 따른 보다 광범위한 조사가 필요한 것으로 생각된다.

또한 방사조직이 절선 방향으로 확장하여 형성되는 확장조직은 은행나무, 잣나무, 그리고 주목 등에서 확인되었으나 나머지 종류에서는 확인되지 않았다. 특히 잣나무의 경우 확장조직이 서로 연결되어 외수피와 내수피 사이에 확장조직 층을 형성하였다. 따라서 확장조직의 유무 및 발달 정도는 앞으로 보다 광범위한 조사를 수행할 경우 수피의 특징적인 형질이 될 가능성이 큰 것으로 생각된다.

조피내 주피는 시간이 경과함에 따라 탈락되는 조직이기는 하나 형태학적으로 안정하여 유용한 형질로 이용될 수 있는 것으로 알려져 있다(Chang, 1954). 본 연구는 나

자식물군에 대한 개괄적인 조사로 상세한 비교형태학적 가치는 확인할 수 없으나, 조피내 주피의 층이 1층인 삼나무에서 최소한 5층 이상인 은행나무 등 종별로 다양하게 나타났다. 또한 주피는 코르크조직, 코르크형성층, 그리고 코르크피층 등의 3층으로 구성되는데 조사된 6종에서 각 층별로 세포층의 두께가 다양하였다. 코르크조직은 은행나무가 12-14 세포층으로 가장 발달이 잘되었고 잣나무가 1-2 세포층으로 발달이 미비하였다. 코르크형성층은 대부분 1 세포층이나 은행나무가 2-3 세포층이었고, 코르크피층 역시 대부분 1-3 세포층의 범위이나 은행나무는 13-16 세포층으로 가장 많이 발달되었다.

2기 사부조직의 비교형태학적 유용성에 대하여는 많은 연구자들이 그 중요성을 강조하였다(Holdheide, 1951; Holdheide and Huber, 1952; Huber, 1939; Miyoshi and Shimakura, 1935; Moeller, 1882; Shimakura, 1936; Takamatsu, 1928). 본 조사에서는 가장 중요한 구성요소인 사세포를 중심으로 관찰하였다. 소철의 경우 2기 사부내에서 사세포가 차지하는 점유면적 비율이 15.24% 정도로 비교적 낮게 나타났으나 타 종류들에서는 횡단면에서 2기 사부내에서 사세포가 차지하는 면적의 비율이 가장 크며 또한 종별로도 다양하여 잣나무는 62.47% 정도로 높았고 측백나무, 은행나무 그리고 삼나무는 35-42% 정도로 비슷하다. 또한 사세포의 측벽에 발달되는 사공역의 형태도 비교적 다양하여 원형, 타원형, 난형, 그리고 경계가 뚜렷하지 않은 종류들이 있다. 특히 잣나무는 세포벽이 2기 비후를 하여 두꺼우나(Esau, 1969) 사역이 덜이지는 않고 사역 외부가 두꺼워 그 경계가 뚜렷한 것이 특징이었다. 또한 사세포와 주축 유조직세포의 배열에 의하여 섬유세포가 발달되지 않는 것이 특징이었는데 이는 Chang(1954)의 결과와도 일치된다.

한편 보강세포를 포함하는 후벽조직의 형태 또한 비교형태학적으로 유용한 것으로 알려져 있다(Chang, 1951). 본 연구에서 보강세포는 주로 조피지역에서 관찰되었으며 잣나무는 파상형벽이 나머지 종류는 단보강세포형이 관찰되었다. 따라서 나자식물군에서 수피내 보강세포 형태에 대한 보다 광범위한 조사가 필요하다고 보겠다.

## 적 요

한국산 나자식물 6개과에서 대표적인 1종씩을 선정하여 수피의 특징을 형태 및 해부학적으로 조사하고 기재하였다. 수피를 인위적인 조직단위로 간주할 경우 수피의 색, 두께, 내수피와 외수피의 두께, 확장조직의 유무 및 발달정도, 조피내 주피의 층수와 주피의 구성요소들의 두께, 2기 사부지역 각 구성요소들의 배열양상과 점유면적 비율 등은 종류에 따라 차이를 보였다. 또한 보강세포의 형태와 사

세포의 사역 등도 앞으로 상세한 조사가 수행될 경우 비교형태학적 연구에 매우 가치있는 정보를 제공할 것으로 생각되었다.

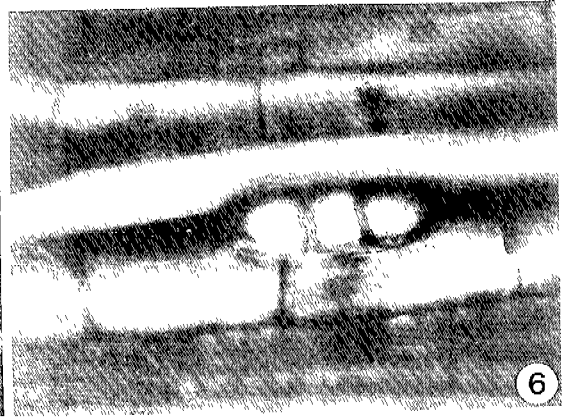
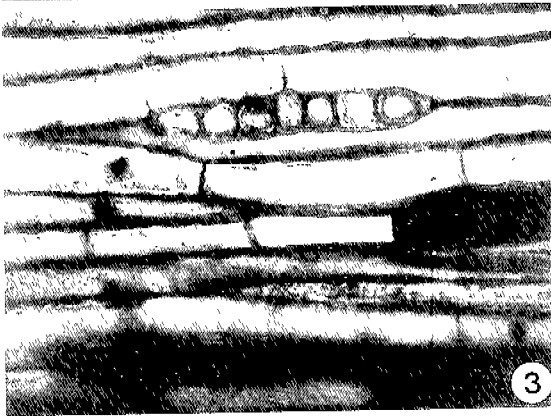
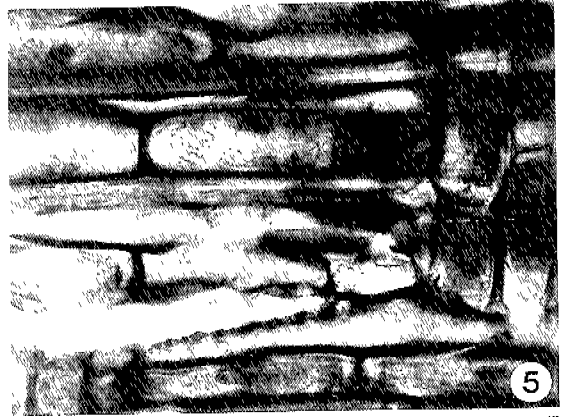
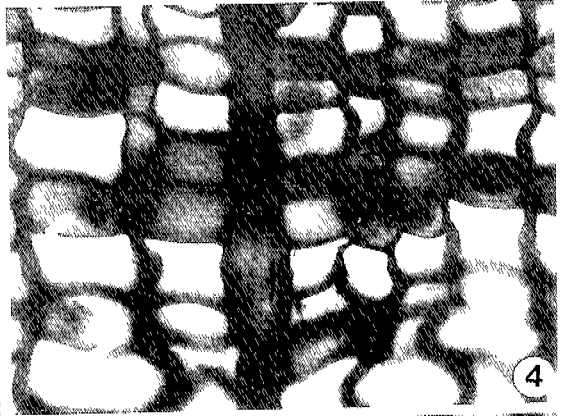
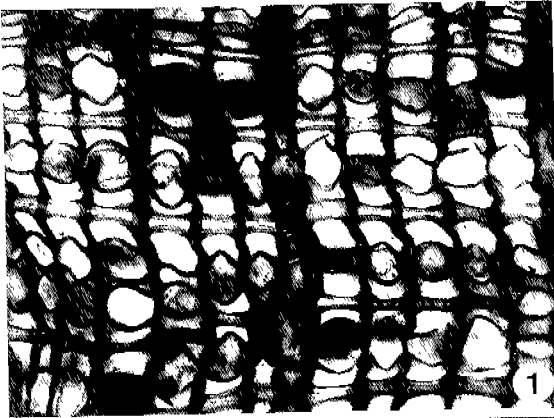
## 참 고 문 헌

- Ahmad, Z., M.I.H. Khan and H. Bwgum. 1969. Periderm in some perennial plants. *In*, Recent Advances in the Anatomy of tropical seed plants, K.A. Chowdhury (ed.). Hindustan Pub., New Delhi.
- Bamber, R.K. 1962. The anatomy of the barks of Leptospermoideae. *Aust. J. Bot.* **10**: 25-54.
- Brown, F.G. 1955. Forest trees of Sarawak and Brunel. Kuching.
- Chang Ying-pe 1951. Anatomy of wood and bark in Rubiaceae. *Ann. Arb. Mich.* 333 p.
- Chang, Ying-pe 1954. Bark structure of the North American conifers. *U.S.D.A. Tech. Bull.* No. 1095.
- Chattaway, M.M. 1953. The anatomy of bark I. The genus *Eucalyptus*. *Aust. J. Bot.* **1**: 402-433.
- Chattaway, M.M. 1955a. The anatomy of bark II. Oil glands in *Eucalyptus* species. *Aust. J. Bot.* **3**: 21-27.
- Chattaway, M.M. 1955b. The anatomy of bark III. Enlarged fibres in the blood woods (*Eucalyptus* spp.). Radially elongated cells in the phelloderm of species of *Eucalyptus*. *Aust. J. Bot.* **3**: 28-38.
- Chattaway, M.M. 1955c. The anatomy of bark IV. Radially elongated cells in the phelloderm of species of *Eucalyptus*. *Aust. J. Bot.* **3**: 39-47.
- Chattaway, M.M. 1955d. The anatomy of bark V. *Eucalyptus* spp. with stringy bark. *Aust. J. Bot.* **3**: 165-169.
- Chattaway, M.M. 1955e. The anatomy of bark VI. Peppermints, boxes, ironbarks and other *Eucalyptus* with cracked and furrowed barks. *Aust. J. Bot.* **3**: 170-176.
- Chattaway, M.M. 1959. The anatomy of bark VII. Species of *Eugenia* (Sens. Lat.). *Trop. Woods* **III**: 1-14.
- Cheadle, V.I., Jr. E.M. Gifford and K. Esau. 1953. A staining combination for phloem and contiguous tissues. *Stain Technol.* **28**: 49-53.
- Datta, S.K. 1981. Bark anatomy of important laticiferous woody plants (Abstr.) *IAWA Bull.* n.s. **2**: 57.
- Dippel, L. 1869. Das Mikroskop und seine Anwendung. Zweiter Teil. Anwendung des Mikroskopes auf die Histologie der Gewachse. Braunschweig, Friedrich Vieweg.
- Douliot, H. 1889. Recherches sur le periderme. *Ann. Sci. Nat. Bot.* **10**: 325-395.
- Esau, K. 1960. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons. New York.
- Esau, K. 1964. Structure and development of the bark in dicotyledons. *In*. The formation of wood in forest trees. M.H. Zimmermann (ed.). Acad. Press, New York. pp. 37-50.
- Esau, K. 1969. The phloem: Encyclopedia of plant anatomy. Gebruder borntraeger. Berlin. Stuttgart.
- Esau, K. and V.I. Cheadle. 1984. Anatomy of the secondary phloem in Winteraceae. *IAWA Bull.* **5**(1): 13-43.
- Ghouse, A.K.M. and A. Jamal. 1978. Studies on the bark anatomy of some *Cassia* species. *Ind. J. Bot.* **1**: 91-97.
- Ghouse, A.K.M. and D. Sabir. 1974. Intrusive growth in the phloem fibres of *Erythrina indica* and *Pongamia glabra*. *Israel J. Bot.* **23**: 223-225.
- Grillos, S.J. and F.H. Smith. 1959. The secondary phloem of Douglas-fir. *Forest Sci.* **5**: 377-388.
- Grondal, B.L. 1942. Douglas fir cork. *West Coast Lumberman* **69**(10): 20-24.
- Holdheide, W. 1951. Anatomic Mitteleuropaischer Geholzrinden. *In*, Handbuch der Mikroskopie in der Technik **5**, H. Frenunds (ed.). Umschan Verlag, Frankfurt. pp. 193-367.
- Holdheide, W. and B. Huber. 1952. Ahnlichkeiten und Unterschiede im Feinbau von Holz und Rinde. *Holz Roh-u. Werkstoff* **10**(7): 263-268.
- Huber, B. 1939. Das Siebrohrensystm Unserer Baume und seine Jahreszeitlichen Veranderungen. *Jahrb. f. Wiss. Bot.* **88**: 176-242.
- Iqbal, M. and A.K.M. Ghouse. 1982. Comparative bark features of some arid zone species of *Acacia* and *Prosopis*. *Phytomorphology* **32**: 373-380.
- Iqbal, M. and A.K.M. Ghouse. 1983. An analytical study on cell size variation in some arid zone trees of India: *Acacia nilotica* and *Prosopis spicigera*. *IAWA Bull.* n.s. **4**: 46-52.
- Isenberg, I.H. 1943. The anatomy of redwood bark. *Madrono* **7**: 85-91.
- Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill, New York.
- Kalimullah. 1990. Studies of the bark anatomy of some cultivated tress. Ph.D. thesis, Aligarh Muslim Univ., Aligarh.
- Khan, K.K., A. Ahmad and M. Iqbal. 1982. Comparative anatomical features of the bark of some arborescent species of *Bauhinia*. *Brenesia* **19/20**: 241-250.
- Lotova, L.I. 1976. Anatomical features of the bark of Araucariaceae. *Vetn. Mosk. Univ. Ser. Vi. Biol. Pochvoved* **31**: 56-61.
- Malychenko, E.V. 1986. Experience in using morphological and anatomical properties of bark in the diagnosis of *Salix L.* species. *Biol. Nanki (Mosc)* **O 10**: 62-66
- Malychenko, E.V. 1988. The anatomy of *Chosenia Nakai* bark and its comparison with the bark structure of other species of Solicaccac. *Biol. Nanki (Mosc)* **O 7**: 71-76.
- Malychenko, E.V. and L.I. Lotova. 1986. Bark anatomy of *Salix species* (Salicaceae) of the central part of the Euro-

- pan U.S.S.R. *Bot. Zh. (Leningr)* **71**: 1060-1066.
- Metcalf, C.R. and L. Chalk. 1950. Anatomy of the dicotyledons. Vol. 2, Clarendon Press, Oxford.
- Mettenius, G. 1861. Beitrage zur Anatomie der Cycadeen. *Abh. Math.-Phys. Cl. Kon. Sachs. Ges. Wiss.* **5**: 567-608.
- Miyoshi, T. and J. Shimakura. 1935. Some consideration on the structure of bark and bast. (In Japanese.). *Jap. Forestry Soc. Jour.* **17**: 11.
- Moeller, J. 1882. Anatomie der Baumrinden. Berlin. 447 p.
- Outer, R.W. 1986. Storied structure of the secondary phloem. *LAWA Bull* **7**(1): 47-51.
- Parameswaran, N. and Jr. G.I. Zamuco. 1978. Microscopy of barks of the so-called "Philippine Mahogany" trees. *Beitr. Biol. Pfl.* **54**: 407-424.
- Patel, R.N. 1975. Bark anatomy of radiata pine, and douglas fir grown in New Zealand. *N.Z.J. Bot.* **13**: 149-167.
- Sass, J.E. 1958. Botanical Microtechnique. (3rd ed.) Iowa State Univ. Press, Ames.
- Shimakura, M. 1936. On the expansion of bast cells in conifers. *Bot. Mag. Tokyo* **56**: 318-323.
- Symington, C.F. 1943. Forester's manual of dipterocarps. *Malay. For. Rec.* 16. (Published by the Japanese as 'Synonan (2603)').
- Takamatsu, M. 1928. On the arrangement of bast elements in conifers. *Tohoku Imp. Univ. Sci. Repts., Ser.* **4**, 3: 821.
- Thorenaar, A. 1926. Onderzoek naar bruikbare kenmerken ter identificatie van boomen naar hun bast. Meded. v.h. proefst. v.h. Boschwezen, 16, wageningen. English translation. Investigations on useful characters for the identification of trees from their bark (of part only). In Botany School, Cambridge University.
- Trockenbrodt, M. and N. Parameswaran. 1986. A contribution to the taxonomy of the genus *Inga* (Mimosaceae) based on anatomy of the secondary phloem. *LAWA Bull* **7**(1): 62-71.
- Watrous, R.C. and H.B. Barnes. 1946. A bark character for the identification of certain florids pines. *Fla. Acad. Sci. Proc.* **7**(2-3): 101-103.
- Wood, G.H.S. 1952. Bark as a means of tree identification. Oxford Univ. *Forest Soc. Jour., Ser.* **3**, **6**: 15-27.
- Yunus, M. 1976. Anatomical studies on the bark of tropical plants of economic value. Ph.D. thesis, Aligarh Muslim University, Aligarh.

(1992. 8. 26 接受)

Plate I

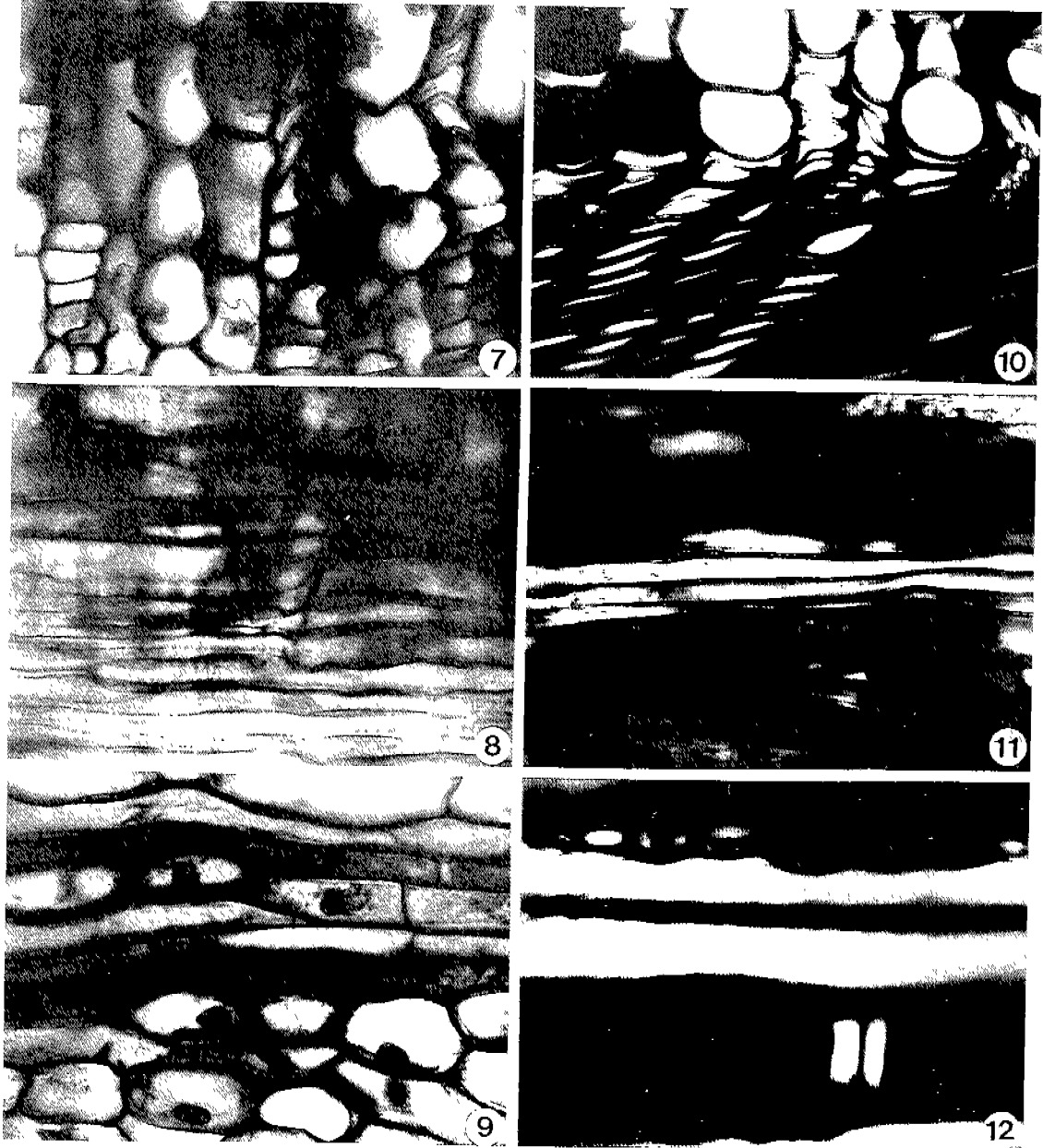


Thuja orientalis

Ginkgo biloba



Plate I. (continued 1)



Cycas revoluta

Pinus koraiensis

## Plate I. (continued 2)

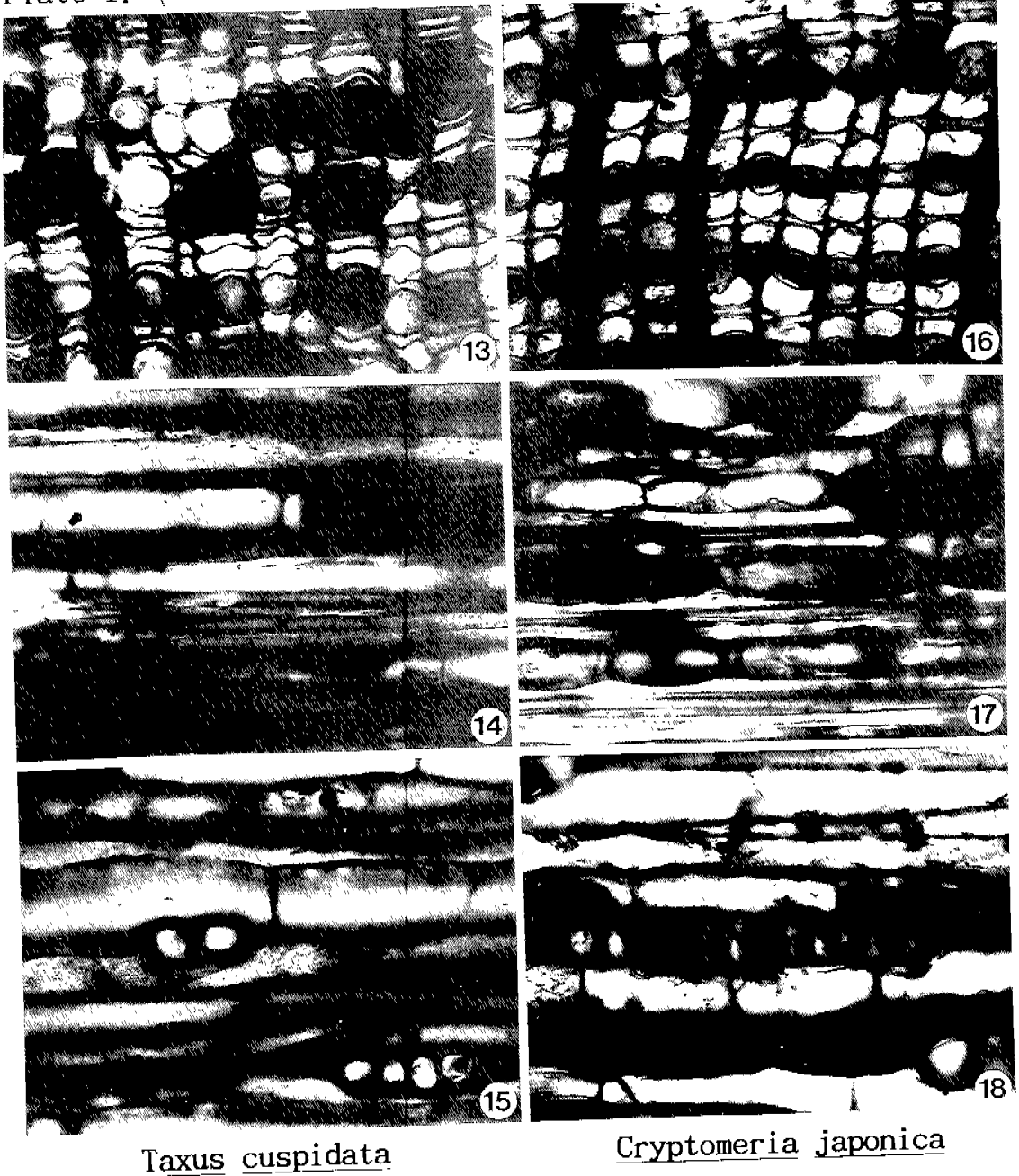
Taxus cuspidataCryptomeria japonica

Plate I. Microphotographs of secondary phloems (all,  $\times 500$ ). 1-3. *Thuja orientalis*; 4-6. *Ginkgo biloba*; 7-9. *Cycas revoluta*; 10-12. *Pinus koraiensis*; 13-15. *Taxus cuspidata*; 16-18. *Cryptomeria japonica* (1, 4, 7, 10, 13, 16 : cross section; 2, 5, 8, 11, 17 : radial section; 3, 6, 9, 12, 15, 18 : tangential section).

Plate II

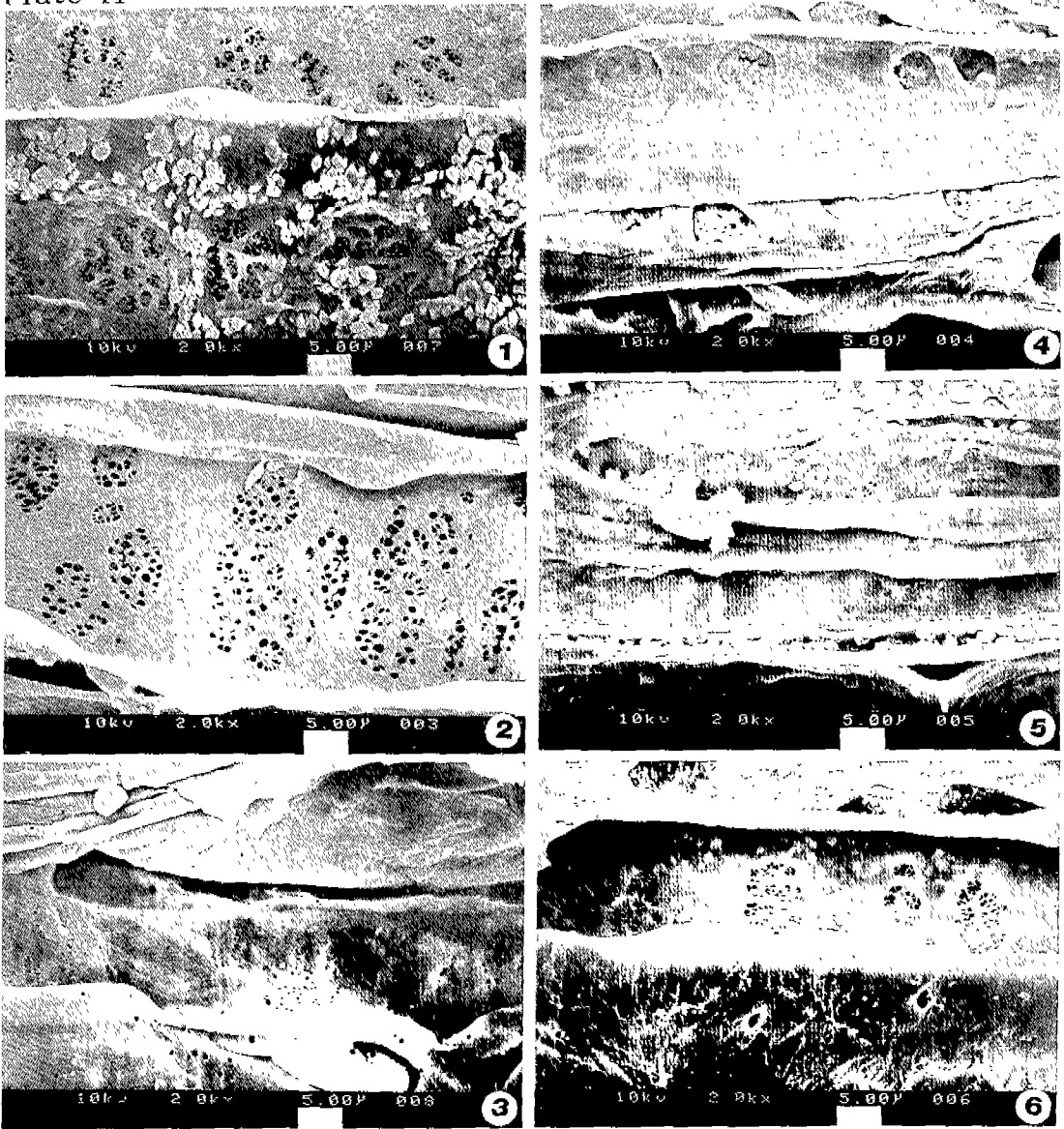


Plate II. SEM photographs of sieve areas and sieve pores (all,  $\times 2,000$ ). 1. *Thuja orientalis*; 2. *Ginkgo biloba*; 3. *Cycas revoluta*; 4. *Pinus koraiensis*; 5. *Taxus cuspidata*; 6. *Cryptomeria japonica*.

## Plate III

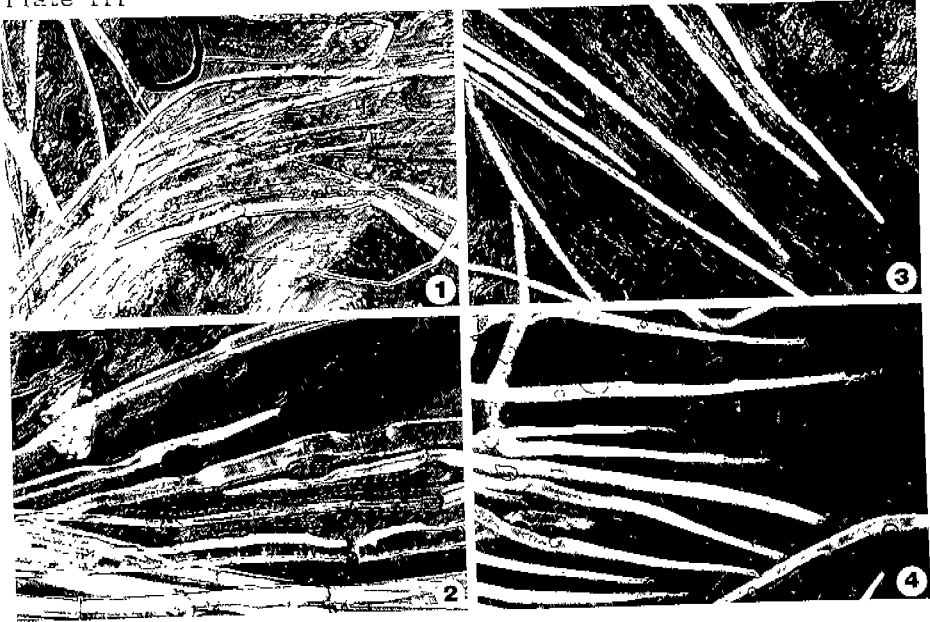


Plate III. Microphotographs of fiber cells of secondary phloem (all,  $\times 500$ ). 1. *Thuja orientalis*; 2. *Ginkgo biloba*; 3. *Taxus cuspidata*; 4. *Cryptomeria japonica*.

## Plate IV

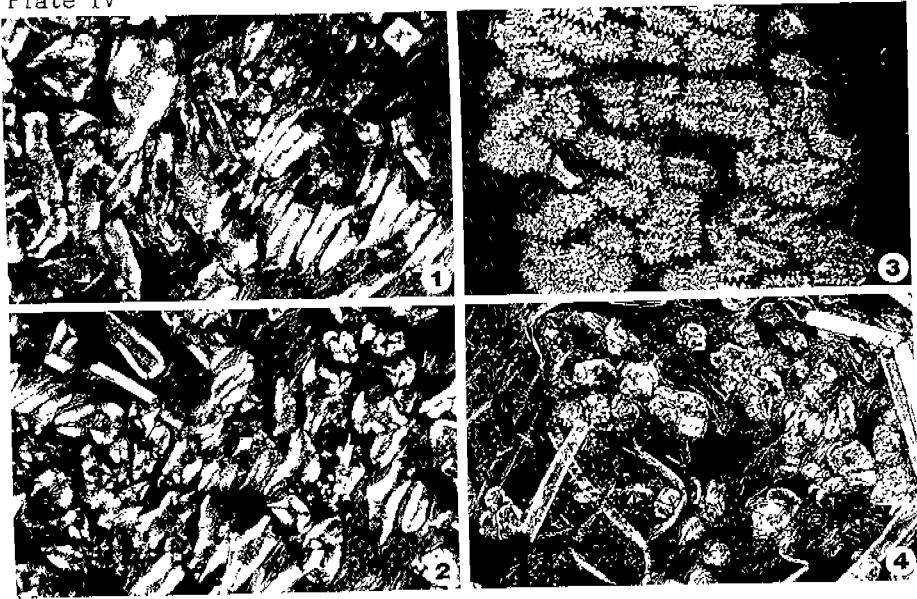


Plate IV. Microphotographs of bark sclerieds (all,  $\times 500$ ). 1. *Thuja orientalis*; 2. *Ginkgo biloba*; 3. *Pinus koraiensis*; 4. *Cryptomeria japonica*.