

## 한국산 물푸레나무屬 주요 수종의 해부학적 특성\*1

황 원 중\*2 · 권 구 중\*2 · 박 완 근\*2 · 배 영 수\*2 · 김 남 훈\*2†

## Anatomical Characteristics of Major Korean Ash Species\*1

Won-Joong Hwang\*2 · Goo-Joong Kwon\*2 · Wan-Geun Park\*2 ·  
Young-Soo Bae\*2 · Nam-Hun Kim\*2†

### 요 약

물푸레나무속의 물푸레나무, 들메나무 및 쇠물푸레의 해부학적 특성을 광학현미경법과 화상분석법에 의해 조사하였다. 공시 수종간에 연륜 경계의 명확성을 비롯한 도관 요소의 직경, 축방향유조직의 배열상태, 구성세포의 비율에서 차이가 있었다. 구성요소의 방사방향 변이에 있어서, 목섬유 길이, 도관 요소 직경 및 길이는 수심 부위에서 작고 약 10~15 연륜까지 증가한 후 안정되었다. 결론적으로 본 연구 결과는 물푸레나무속 세 수종의 식별 자료 및 성숙재와 미성숙재를 구분하는 재질 지표치로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

### ABSTRACT

Anatomical characteristics of Mulpurenamu (Korean ash, *Fraxinus rhynchophylla*), Deulmaenamu (Manshurican ash, *Fraxinus mandshurica*) and Sheamulpure (Sieboldiana ash, *Fraxinus sieboldiana*) grown in Korea were examined by an optical microscopy and an image analysis. Some characteristics such as boundary of annual rings, shape and size of vessel elements, arrangement of axial parenchyma cells in cross section, and cell volumetric composition showed significant differences between the sample species. In radial variation of elements, fiber length and vessel size increased from the pith for about 10 to 15 years and then reached a more or less constant. The results of this study can be used for identification of wood and indices of wood quality in *Fraxinus* spp.

**Keywords:** *Fraxinus rhynchophylla*, *Fraxinus mandshurica*, *Fraxinus sieboldiana*, radial variation of cell elements, volumetric composition, fiber length, vessel size, ray height, ray number

\*1 접수 2001년 8월 30일, 채택 2001년 11월 3일

본 연구는 1998년도 농림부 현장애로기술개발 과제에 의한 연구결과의 일부임.

\*2 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

† 주저자(corresponding author) : Nam-Hun Kim (e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

## 1. 서 론

목재는 여러 종류의 세포로 구성되어 있는 이방성 재료로써 수종간은 물론 동일 개체 내에서도 생육 환경에 따라 세포의 크기, 형태면에서 그 변이가 매우 다양하다는 것은 잘 알려져 있다(Carlquist, 1988). 목재의 해부학적 성질은 물리·역학적 성질에 크게 영향을 주므로, 목재의 합리적 이용을 위한 재질평가에 있어 중요한 기초 자료로 이용되고 있다.

물푸레나무속 수종은 예로부터 재질이 단단하고 견고하여 높은 강도를 요하는 소규모 농기구의 부품과 건축재, 가구재, 기구재, 운동용품재 등으로 널리 사용되어 왔다(宮島, 1979). 현재 우리 나라에서도 활엽수종 중 물푸레나무과 수종은 특수활잡목 등급으로 분류되어 있고 고급 목제품의 재료로써 비교적 고가로 유통되고 있다.

현재까지 물푸레나무과 수종에 대한 해부학적 연구는 국내·외 여러 연구자에 의해 수행되어 왔다(Yamabayashi, 1938; 朴 등, 1981; 李·嚴, 1987; 朴 등, 1990; 朴, 1990; Fujiwara, 1992; Sano & Fukuzawa, 1994; 李, 1994; 임업연구원, 1994; Utsumi et al., 1996; 李, 1997; Helinska-Raczkowska & Fabisiak, 1999). 그러나 이들의 연구는 일부분 혹은 개략적인 내용을 보고하고 있어 광범위하고 집중적인 연구의 필요성이 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 물푸레나무속 수종을 보다 합리적으로 이용하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여, 물푸레나무속 수종 중에서 유용한 목재 생산이 가능한 것으로 판단되는 수종인 물푸레나무, 들메나무 및 쇠물푸레의 해부학적 특성을 조사·검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 재료

본 연구에서는 2000년 5월 강원대학교 연습림 8임분 나소반에서 채취한 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla* HANCE)와 1998년 11월 경남 함양군 마천면

Table 1. Sample trees

Species	Tree age(year)	DBH(cm)
<i>F. rhynchophylla</i>	45	20.0
<i>F. mandshurica</i>	29	18.0
<i>F. sieboldiana</i>	23	9.5

삼정리 자연휴양림에서 채취한 들메나무(*Fraxinus mandshurica* RUPR.) 및 쇠물푸레(*Fraxinus sieboldiana* BLUME) 1본씩을 재료로 사용하였다. 공식목의 개요는 Table 1과 같다.

### 2.2. 실험방법

해부학적 특성을 조사하기 위한 슬라이드는 상법(일본목재학회, 1985)으로 제작한 후 광학현미경(ZEISS Standard 25)과 화상분석기(BMI)를 이용하여 관찰 및 측정하였다.

#### 2.2.1. 목섬유 길이, 조·만재부 도관요소의 길이 및 직경 측정

목섬유, 조·만재부 도관요소의 길이 및 도관의 접선방향 직경은 화상분석기를 사용하여 연륜별로 각각 50개씩 측정하였다.

#### 2.2.2. 방사조직의 높이 및 수 측정

방사조직의 높이는 접선단면에서 조·만재부를 구별하여 하나의 방사조직내의 방사 유세포 수(세포고)를 측정하였다. 방사조직의 수는 화상분석기를 사용하여 각 연륜별로 횡단면(접선방향 1 mm 내)에서 조·만재부를 구별하여 측정하였다. 방사조직의 높이와 수는 각각 20회씩 측정하여 평균치로 하였다.

#### 2.2.3. 구성요소 비율의 측정

구성요소 비율은 광학현미경으로 촬영한 횡단면 사진을 이용하여 측정하였다. 횡단면상에서 조사할 수 있는 목섬유, 도관요소, 방사유조직, 축방향유조직의 비율을 각 연륜별로 조재부와 만재부로 나누어서 측

정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 현미경적 구조, 구성세포의 특성 및 비율

##### 3.1.1. 현미경적 구조

Fig. 1은 공시수종의 성숙재 부분에서 촬영한 횡단면, 방사단면 및 접선단면의 사진이다. 각 수종별 특성은 다음과 같다.

**물푸레나무** : 만재부 소도관의 직경이 들메나무와 쇠물푸레에 비해 작고 방사방향으로 3개의 소도관이 복합된 것이 비교적 많이 존재하였다. 방사조직은 1-3열로 분포하였다.

**들메나무** : 세 수종중 연륜 경계가 가장 뚜렷하고, 만재부 도관 직경은 물푸레나무와 쇠물푸레의 것보다 컸으며, 방사조직은 1-2열로 분포하였다.

**쇠물푸레** : 만재부에서 측방향유조직의 출현 비율은 타수종에 비해 높았고 수반대상 및 주위상 배열을 보여주었으며, 방사조직은 1-4열이었다.

물푸레나무와 들메나무의 측방향유조직은 주위상, 수반상배열을 하였으며, 물푸레나무와 쇠물푸레의 방사조직은 평복세포가 대부분이었고 방형세포도 존재하였다. 한편, 들메나무의 방사조직은 평복세포가 주를 이루고 있으나 방형세포와 직립세포도 존재하는 특징이 있었다.

##### 3.1.2. 구성세포의 특성

공시수종의 구성세포 특성은 Table 2에 나타났다. 목섬유 길이는 물푸레나무  $1285 \pm 194 \mu\text{m}$ , 들메나무  $1395 \pm 160 \mu\text{m}$ , 쇠물푸레  $1331 \pm 129 \mu\text{m}$ 로서 수종간에 큰 차이가 없는 것으로 생각되었다. 목섬유 길이에 관하여 Yamabayashi(1938)는 물푸레나무 470~1330  $\mu\text{m}$ , 들메나무 470~1540  $\mu\text{m}$ , 쇠물푸레 530~1060  $\mu\text{m}$ 로 보고하였으며, 李(1994)는 물푸레나무 490~1730  $\mu\text{m}$ , 들메나무 1010~1630  $\mu\text{m}$ , 쇠물푸레 590~990  $\mu\text{m}$ 로 보고해 본 실험과 다소 차이가 있었다. 또한, 임업연구원(1994)에서는 물푸레나무와 들메나무의 목섬유 길이를 각각 1,000  $\mu\text{m}$ , 1,100  $\mu\text{m}$ 로 측정하여 본 실험의 결과보다 다소 짧은 값을 보고하였다. 조재부의 도관 직경은 쇠물푸레가 물푸레나무와 들메나무보다 작았고, 도관요소 길이도 쇠물푸레

Table 2. Characteristics of cell elements in *Fraxinus* spp.

		<i>F. rhynchophylla</i>		<i>F. mandshurica</i>		<i>F. sieboldiana</i>	
		E	L	E	L	E	L
Fiber length ( $\mu\text{m}$ )	av.	1285 ± 194		1395 ± 160		1331 ± 129	
	mature	1400 ± 68		1481 ± 38		1406 ± 46	
	juvenile	1016 ± 97		1234 ± 180		1170 ± 100	
Vessel diameter ( $\mu\text{m}$ )	av.	180 ± 26	32 ± 3	173 ± 31	49 ± 7	142 ± 29	38 ± 4
	mature	196 ± 9	33 ± 3	195 ± 10	53 ± 3	161 ± 8	47 ± 4
	juvenile	150 ± 19	28 ± 3	146 ± 25	45 ± 8	119 ± 30	27 ± 3
Vesse element length ( $\mu\text{m}$ )	av.	355 ± 33	403 ± 30	357 ± 24	401 ± 25	311 ± 21	371 ± 16
	mature	371 ± 20	416 ± 23	367 ± 17	416 ± 15	329 ± 16	365 ± 10
	juvenile	318 ± 26	373 ± 19	345 ± 27	384 ± 24	298 ± 14	375 ± 18
Ray height (No. of ray parenchyma)	av.	12 ± 13	15 ± 19	14 ± 16	15 ± 10	15 ± 13	15 ± 18
Ray number in cross section (No./mm)	av.	13 ± 2.5		11 ± 2.4		5 ± 1.8	

E: earlywood, L: latewood, av: average, mature: mature wood, juvenile: juvenile wood

Fig. 1. Optical micrographs of each section in *F. rhynchophylla*(A), *F. mandshurica*(B) and *F. sieboldiana*(C)(1, 2, 3 : scale bars = 300  $\mu\text{m}$ ; 4, 5, 6 : scale bars = 200  $\mu\text{m}$ ; 7, 8, 9 : scale bars = 400  $\mu\text{m}$ ).

가 다른 두 수종보다 짧았다. 또한 공시수종 모두 만재부 도관요소 길이가 조재부보다 길었다. 도관요소의 길이에 관하여 Yamabayashi(1938)는 물푸레나무 140~430  $\mu\text{m}$ , 들메나무 120~290  $\mu\text{m}$ , 쇠물푸레 110~320  $\mu\text{m}$ 로 본 실험의 치수보다 다소 짧은 결과를 보고하였으며, 임업연구원(1994)에서는 들메나무 204.8  $\mu\text{m}$ , 물푸레나무 227.0  $\mu\text{m}$ 로 보고하여 다소 차이가 있었다.

방사조직 높이는 물푸레나무의 조재부에서 다소 낮

았으며 그외에서는 비슷하였다. 방사조직 수는 물푸레나무와 들메나무가 비슷하였고 쇠물푸레가 다른 수종보다 현저히 적은 특징이 있었다.

### 3.1.3. 구성요소 비율

공시 수종의 구성요소 비율을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 물푸레나무와 들메나무의 목섬유 비율은 조재부 약 44~53%, 만재부 약 75~78%로 만재부가

Table 3. Volumetric composition of *Fraxinus* spp.

(unit: %)

Elements	<i>F. rhynchophylla</i>		<i>F. manshurica</i>		<i>F. sieboldiana</i>	
	Earlywood	Latewood	Earlywood	Latewood	Earlywood	Latewood
Fiber	43.6	75.3	52.7	78.9	46.9	51.9
Vessel element	39.7	4.9	34.5	7.7	31.8	6.5
Axial parenchyma	1.8	5.1	2.6	4.4	3.7	20.2
Ray	14.2	14.4	10.0	8.9	17.5	20.9

높았다. 쇠물푸레는 조·만재부에서 방사조직의 비율이 타 수종에 비해 높았으며, 또한 쇠물푸레의 만재부는 축방향유조직의 비율이 극히 높았다. Fujiwara (1992)는 들메나무 방사조직의 구성비를 9.8%로 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보여주었다.

### 3.2 구성요소의 방사방향 변이

#### 3.2.1 목섬유의 길이

각 연륜에서 측정된 목섬유 길이의 방사방향 변이는 Fig. 2에 나타났다. 공시 수종 모두 약 9~13 연륜까지 증가한 후 거의 일정한 값을 나타내는 경향을 보여주었다. 이러한 결과는 일반적으로 보고되고 있는 목섬유 길이의 방사방향 변이 결과와 일치하고 있다 (Panshin & Zeeuw, 1980; 朴, 1981; 朴 등, 1990; Lei *et al.*, 1996). 이들은 목섬유 길이가 수부터 증가하다가 일정해지는 연륜을 기준으로 성숙재와 미성숙재로 구분하였다. 한편, 본 실험 결과 9~13 연륜 이후 세 수종간에 있어서 목섬유의 길이는 거의 차이가 없었으나 미성숙재 부위에서는 물푸레나무가 가장 짧았다.

#### 3.2.2 도관의 직경

Fig. 3은 공시수종의 조·만재부 도관 직경의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 조재부 도관 직경은 13~15 연륜까지 증가한 후 일정해지는 경향을 보여주었다. 만재부 도관 직경도 연륜에 따라 증가하였는데 그 증가정도는 들메나무가 물푸레나무보다 더 크게 나타났다. 도관 직경의 방사방향 변이에 관하여 Lei *et al.* (1996)은 *Quercus garryana*재의 조재부 도관

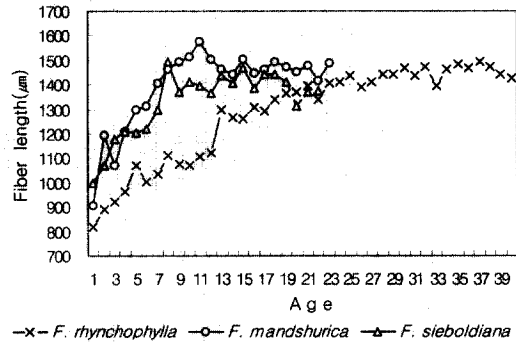


Fig. 2. Radial variation of fiber length with age in *Fraxinus* spp.

직경이 15 연륜 정도까지 증가한 후 일정해지는 변이를 보고하여 본 실험의 결과와 비슷하였다.

또한 朴(1981)은 환공재 4수종의 공권부 도관 직경의 방사방향 변이를 조사하여 본 실험의 결과와 같이 일정 연륜까지 증가한 후 안정되는 pattern과 계속적으로 증가하는 pattern을 보고하였다. 그러나 만재부에서는 4수종 모두 연륜에 따라 완만히 증가한다고 하여 본 실험의 결과와 다소 차이가 있었다. Helinska-Raczowska & Fabisiak (1999)은 *F. excelsior* 조재부 도관 직경의 방사방향 변이를 조사하여 30 연륜을 기준으로 미성숙재와 성숙재를 구분하였으며, 미성숙재부는 다시 15연륜 이하를 immature wood sub-zone, 15~30연륜을 mature wood sub-zone로 구분하였다.

#### 3.2.3 도관요소의 길이

공시 수종의 조·만재부 도관 요소 길이의 방사방향 변이는 Fig. 4에 나타났다. 물푸레나무와 들메나

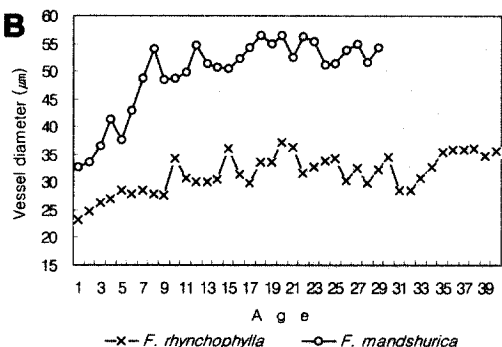
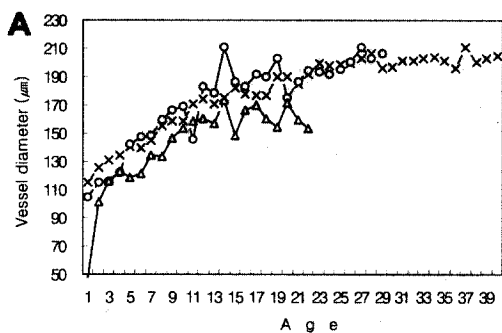


Fig. 3. Radial variation of vessel diameter with age in earlywood(A) and latewood(B) of *Fraxinus* spp.

무의 도관요소 길이의 방사방향 변이는 조·만재부에서 비슷한 경향을 나타냈으나, 쇠물푸레의 도관요소 길이는 조·만재부 모두 다른 수종에 비해 다소 짧았으며 방사방향 변이의 경향에도 차이가 있었다. 즉, 물푸레나무와 들메나무는 조·만재부 모두 수부근에서 도관요소의 길이가 짧고 일정 연륜까지 증가한 후 안정되는 경향이 있었다. 그러나 쇠물푸레 조재부 도관요소 길이는 전연륜에서 거의 차이가 없었고, 만재부에서는 수에 인접한 부위에서 짧고 그후 급격히 증가하였다.

### 3.2.4 방사조직의 높이

Fig. 5는 공시수종의 조·만재부 방사조직 높이의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 조재부에서 들메나무의 방사조직 높이는 15 연륜 정도까지 증가한 후 일

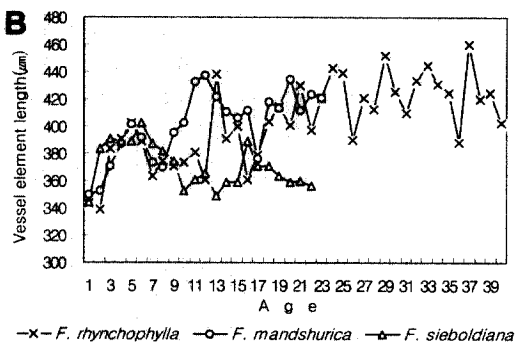
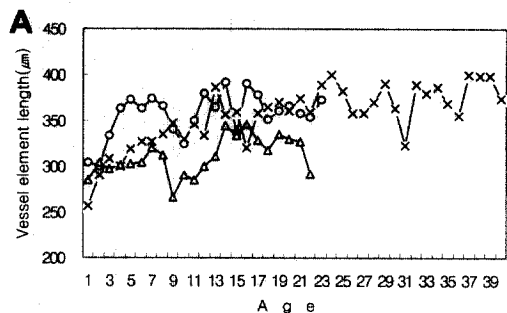


Fig. 4. Radial variation of vessel element length with age in earlywood(A) and latewood(B) of *Fraxinus* spp.

정해졌으나, 물푸레나무와 쇠물푸레는 들메나무의 방사방향 변이 경향과 다르게 나타났다. 만재부에서 물푸레나무와 들메나무는 점진적으로 증가하는 변이를 보여주었으나 쇠물푸레는 거의 일정한 것으로 생각되었다. 방사조직의 방사방향 변이에 관하여朴(1981)은 몇 가지 변이경향을 보고하였다. 신갈나무 방사조직의 높이는 조·만재부에서 연륜에 따른 변동이 없었고, 느릅나무는 조·만재부 모두 일정 연륜까지 증가한 후 안정되는 경향이였다. 또한, 다릅나무 조재부의 방사조직 높이는 30 연륜까지 증가한 후 일정해지지만 만재부는 전연륜에 대해 거의 일정하며, 음나무는 조·만재부 모두 거의 변동이 없는 변이를 보고하였다.

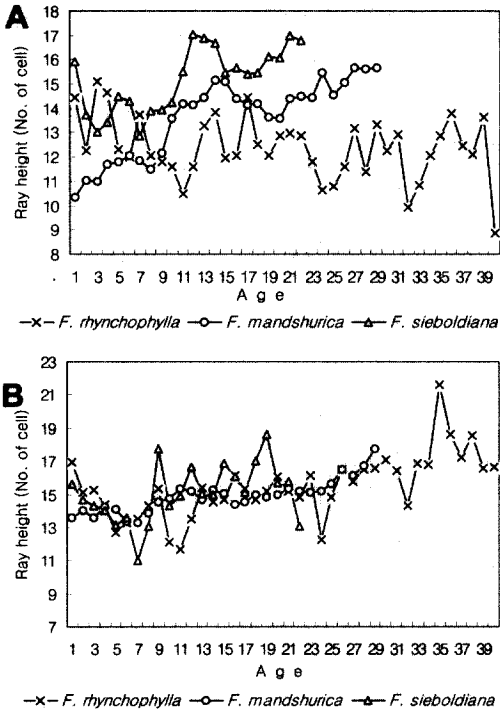


Fig. 5. Radial variation of ray height with age in earlywood(A) and latewood(B) of *Fraxinus* spp.

#### 4. 결론

물푸레나무속 주요 수종의 합리적 이용을 위한 기초 자료를 얻고자 물푸레나무, 들메나무 및 쇠물푸레의 해부학적 특성을 조사하여 검토하였다.

1) 물푸레나무는 만재부 소도관의 직경이 들메나무와 쇠물푸레보다 작았고, 방사방향으로 3개의 소도관이 복합된 것이 비교적 많이 존재하였으며, 방사조직은 1-3열로 분포하였다. 들메나무는 다른 두 수종보다 연륜경계가 명확하였고, 만재부 도관 직경이 물푸레나무와 쇠물푸레보다 컸으며, 방사조직은 1~2열로 분포하였다. 쇠물푸레는 축방향유조직이 수반대상 및 주위상으로 뚜렷한 배열을 하였으며, 방사조직은 1~4열로 분포하였다.

2) 공시 수종간 목섬유 길이는 큰 차이가 없었으며,

조재부의 도관 직경과 도관요소 길이는 쇠물푸레가 물푸레나무와 들메나무보다 작았다. 공시수종 모두 만재부 도관요소 길이가 조재부보다 길었다.

3) 방사조직 높이는 공시수종간 비슷하였으나 물푸레나무의 조재부가 다소 낮았다. 방사조직 수는 쇠물푸레가 가장 작게 나타났다.

4) 물푸레나무와 들메나무의 목섬유 비율은 조재부 약 44~53%보다 만재부가 약 75~78%로 높았다. 쇠물푸레는 조·만재부에서 방사조직의 비율이 타 수종에 비해 높았으며, 또한 쇠물푸레의 만재부는 축방향유조직의 비율이 극히 높았다.

5) 목섬유 길이, 도관요소의 직경 및 길이의 방사방향 변이는 일정연륜까지 증가한 후 안정되는 유사한 경향을 보여주었다. 이러한 구성요소의 방사방향 변이로부터 공시 수종은 12~15 연륜을 경계로 성숙재와 미성숙재로 구분할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 참고 문헌

1. Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Springer-Verlag, Berlin. pp. 12~357.
2. Fujiwara, S. 1992. Anatomy and properties of Japanese hardwoods II. Variation of dimensions of ray cells and their relation to basic density. IAWA Bulletin n. s. 13(4): 397~402.
3. Helinska-Raczkowska, L. and E. Fabisiak. 1999. Radial variation of earlywood vessel lumen diameter as an indicator of the juvenile growth period in ash (*Fraxinus excelsor* L.). Holz als Roh- und Werkstoff 57: 283~286.
4. Lei, H., M. R. Milota and B. L. Gartner. 1996. Between- and within- tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in Oregon white oak (*Quercus garryana* Dougl.). IAWA Journal. 17(4): 445~461.
5. Panshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of wood technology. McGraw-Hill, Inc. United States of America. pp. 240~285.
6. Sano, Y. and K. Fukuzawa. 1994. Structural variations and secondary changes in pit membranes in *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*. IAWA

- Bulletin n. s. 15(3): 283~291.
7. Utsumi, Y., Y. Sano, J. Ohtani and S. Fujikawa. 1996. Seasonal changes in the distribution of water in the outer growth rings of *Fraxinus mandsurica* var. *japonica*. A study by cryo-scanning electron microscopy. IAWA Bulletin n. s. 17(2): 113~124.
  8. Yamabayashi, N. 1938. Identification of corean woods. Bull. Govt. Forest Experiment Station. 養賢堂. pp. 241~244.
  9. 宮島寛. 1979. 日本産アオダモ材の生長と基礎材質. 北海道大學農學部演習林研究報告. 36(2): 421~450.
  10. 日本木材學會·物理·工學編輯委員會. 1985. 木材科學實驗書 I. 物理·工學編. 中外産業. pp. 53~94.
  11. 朴相珍. 1981. 環孔材 主要構成要素의 放射方向變動. 木재공학. 9(3): 1~6.
  12. 李弼宇, 嚴永根. 1987. 韓國産 單板樹種의 木材識別-II 顯微鏡的 性質에 의한 木材의 特性 및 그 識別. 木재공학. 15(1): 22~55.
  13. 朴相珍. 1990. 國産 활엽수재의 木재조직. 한국학술진흥재단 보고서.
  14. 朴相珍, 李元用, 李華珩. 1981. 木材組織의 圖解. 正民社. pp. 132~133.
  15. 朴相珍, 李元用, 李華珩. 1990. 木材組織과 識別. 鄉文社. pp. 216~228.
  16. 李元用. 1997. 韓國産木材의 組織構造. 鄉文社. pp. 216~219.
  17. 李弼宇. 1994. 韓國産 木材의 構造-顯微鏡的 構造. 正民社. pp. 275~277.
  18. 임업연구원. 1994. 韓國産 主要木材의 性質과 用途. 임업연구원 연구자료 제 95호. pp. 235~238.