

# 국내산 대나무 3종의 해부학적 특성<sup>1</sup>

전 우 석<sup>2</sup> · 김 윤 기<sup>2</sup> · 이 주 아<sup>2</sup> · 김 아 란<sup>2</sup> · Byantara Darsan<sup>2</sup> · 정 우 양<sup>3</sup> · 김 남 훈<sup>2,†</sup>

## Anatomical Characteristics of Three Korean Bamboo Species<sup>1</sup>

Woo-Seok Jeon<sup>2</sup> · Yun-Ki Kim<sup>2</sup> · Ju-Ah Lee<sup>2</sup> · Ah-Ran Kim<sup>2</sup> ·  
Byantara Darsan<sup>2</sup> · Woo-Yang Chung<sup>3</sup> · Nam-Hun Kim<sup>2,†</sup>

### 요 약

본 연구에서는 주요 바이오매스 자원의 하나인 대나무의 효율적 활용을 위한 기초자료를 수집하기 위하여, 국내산 대나무 3종(맹종죽, 솜대 및 왕대)의 해부학적 특성을 광학현미경 및 주사전자현미경으로 비교·분석하였다. 또한 X선 회절법에 의해 셀룰로오스의 결정특성을 분석하였다. 횡단면 관찰 결과, 3종 모두 유관속 I형으로 중간 동일한 형태를 보였다. 또한 횡단면의 내측부에서 외측부로 갈수록 유관속의 출현빈도가 더 높았고, 유관속을 둘러싸고 있는 유관속초의 비율도 커졌다. 구성세포 치수 측정 결과, 섬유길이는 모든 종에서 외측부의 값이 내측부의 값보다 컸으며, 내측부와 외측부 모두 왕대의 섬유길이가 가장 길었다. 섬유길이의 유의성 검정 결과 3종 모두 내측부와 외측부간에 유의성이 나타났다. 횡단면에서 측정된 도관 직경 및 유세포 직경은 맹종죽의 값이 가장 컸으며, 방사 및 접선단면에서 측정된 유세포 길이 및 폭은 맹종죽과 왕대가 유사한 값을 나타냈고, 솜대가 가장 작았다. 셀룰로오스의 결정특성 분석 결과 상대결정화도 및 결정 폭은 외측부가 내측부에 비해 다소 높았으며, 왕대의 상대결정화도 및 결정 폭이 다른 2종에 비해 다소 높았다.

### ABSTRACT

Bamboo is one of the major biomass resources in the world. To obtain valuable information for effective use of bamboo resources in Korea, the anatomical characteristics of the commercial Korean bamboo species (*Phyllostachys pubescens*, *Phyllostachys nigra*, and *Phyllostachys bambusoides*) were analyzed. The structures in bamboo culm were observed by optical and scanning electron microscopy. Also the crystalline properties as relative crystallinity and crystallite width were measured by an X-ray diffraction method. The three Korean bamboo species had the vascular bundle type I with tylosoid in intercellular space. In the outer part of culm, vascular bundles showed denser spacing than inner part. The fiber length in outer part samples of the three bamboo species showed longer than inner part samples. Furthermore, the fiber length showed a significant difference between inner part and outer part in three bamboo

<sup>1</sup> Date Received November 28, 2017, Date Accepted December 13, 2017

<sup>2</sup> 강원대학교 산림환경과학대학 산림바이오소재공학과. Department of Forest Biomaterials Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

<sup>3</sup> 전남대학교 농업생명과학대학 임산공학과. Department of Wood Science and Engineering, College of Agriculture and Life Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 김남훈(e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr, ORCID: 0000-0002-4416-0554)

species, showing the longest fiber length in *Phyllostachys bambusoides*. *Phyllostachys pubescens* showed the greatest diameter in vessel and parenchyma on cross section. Parenchyma cells in *Phyllostachys pubescens* and *Phyllostachys bambusoides* showed similar length and width in both radial and tangential sections. The relative crystallinity and crystallite width in outer part samples of the three bamboo species showed higher values than those in inner part samples, with the greatest values from *Phyllostachys bambusoides*.

**Keywords** : anatomical characteristics, Korean bamboos, *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra*, *Phyllostachys pubescens*, vascular bundle type I

## 1. 서 론

지구상의 목질자원은 친환경재료이고 주요 바이오 에너지 자원으로 기대되고 있다. 그중 대나무는 벼과, 대나무아과의 상록식물로, 생장이 빠르고, 경작이 용이하며, 벌목 주기가 짧고, 목재와 비교하여 가격이 저렴하다는 장점을 가지는 비목재 임산물로 목재를 대체할 수 있는 주요 자원이다(Ding *et al.*, 2007). 대나무는 주로 열대, 아열대, 온대 남부지역을 중심으로 전 세계적으로 약 70속 1200종이 약 220,000 km<sup>2</sup>의 면적에 분포하고 있으며, 연간 생산량은 약 15-20만톤으로 추정된다(Jiang, 2007). 우리나라에 자생하는 대나무류는 약 5속 19종이 있으며, 주로 남부지역에 분포하고 있다. 그중 상업적으로 이용 가치가 높은 종은 맹종죽, 솜대 및 왕대로 알려져 있다. 우리나라 국립면적은 전체 24,111 ha이며, 유용 대나무종의 분포 면적은 22,998 ha로 죽종혼효(10,509 ha), 솜대(6,175 ha), 왕대(6,023 ha) 및 맹종죽(219 ha)이 주로 분포하고 있다(Korea Forest Research Institute, 2016). 예로부터 대나무는 가공이 용이하다는 특성 때문에 생활용품, 죽세공예품 등으로 주로 이용되어 남부지방에서 소득 경제 작목 중 하나였으나, 대나무로 제조되어 사용하던 용품들이 비닐 및 플라스틱 소재로 대체 되면서 대나무 사용이 점점 감소되고 있는 추세이다(Yoon, 2010).

대나무의 해부학적 특성에 대한 연구는 다양하게 연구되고 있다. Grosser and Liese (1971)는 아시아에 분포하고 있는 대나무 14속 52종을 가지고 해부학적 특성에 관해 연구를 진행하였으며, 대나무 횡단면에서 관찰 가능한 유관속의 형태에 따라 I ~ IV형의 4

가지 형태로 분류하였다. Mustafa *et al.* (2011)은 열대지역 *Gigantochloa*속 대나무 4종의 해부학적 특성을 연구하였는데, 유관속 형태는 4종 모두 IV형으로 동일한 형태를 보였고, 유관속의 크기는 종간에 차이가 있었으며, 외측부, 중간부, 내측부에서 차이를 보였다고 보고하였다. Lybeer *et al.* (2006)은 온대림과 열대림 지역의 대나무 줄기의 유세포 세포벽과 섬유질의 변이성에 대해 연구하여, 44개월 이상의 줄기에서 세포벽 두께가 가장 높은 값을 나타냈으나, 3년생 이상의 대나무 줄기들이 상업적으로 가치가 있으며, 일부 1년생 이상의 줄기들 역시 상업적 가치가 있다고 보고하였다. 이전의 연구들이 대나무 줄기 기판을 둔 반면에 Ito *et al.* (2015)는 Moso bamboo의 근경과 뿌리의 해부학적 특성에 관해 연구를 수행하였으며, Moso bamboo의 대나무 줄기, 근경 및 뿌리는 모두 풍부한 실리카 세포를 함유하고 있고, 줄기와 근경과는 다르게 뿌리는 형태학적으로 차이를 보였다고 보고하였다.

한편, 국내에서는 So *et al.* (1999)은 담양지역 왕대, 분죽 및 맹종죽의 재질의 특성을 조사하여, 3종(왕대, 솜대 및 맹종죽)의 해부학적 구조에 있어서 특별한 차이는 없었으며, 망문도관과 tylosis가 관찰되었다고 보고하였다. Lee and Park (1987)은 담양지방 왕대속 4종(왕대, 죽순대, 솜대 및 오죽)의 조직 및 간내 변이성에 대해 조사하여, 줄기의 외측부와 내측부에서 형태학적 특성의 차이와 구성세포 치수의 수에서 표피로의 변이성을 보고하였다. Yoon (2010)은 맹종죽을 죽령별(죽순, 20일생, 60일생 및 1, 2, 3년생)로 해부학적 특성을 분석하여, 횡단면상에서 중심주 조직은 20일생에서 형성되어 60일생에

**Table 1.** Basic information of three Korean bamboo species

	<i>Phyllostachys pubescens</i>			<i>Phyllostachys nigra</i>			<i>Phyllostachys bambusoides</i>		
	Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom
Diameter (cm)	4.13	6.31	8.30	2.63	4.33	5.03	3.61	4.71	5.30
Thickness (cm)	0.47	0.65	0.96	0.32	0.47	0.61	0.35	0.41	0.65
Bamboo height (m)	10-20			10-15			10-20		

서 완전히 형성되고, 유관속초도 60일생이 되어야 완전한 세포로 형성되었으며, 1년생 이후부터 육안 상으로 단단한 세포로 관찰되었다고 보고하였다. 그러나, 국내 대나무 자원의 효율적 이용을 위한 자료는 아직 충분하지 않은 것으로 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 향후 목질 바이오매스 대체 자원으로 기대되는 국내산 대나무 3종의 고도이용을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 기부, 중간부, 정상부위를 외측부와 내측부로 구분하여 해부학적 특성을 비교·분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 연구에서는 국내 자생하고 있는 대나무 중 상업적으로 이용가치가 뛰어난 3년생의 맹종죽(*Phyllostachys pubescens*), 솜대(*Phyllostachys nigra*) 및 왕대(*Phyllostachys bambusoides*)를 전남 담양 지역에서 각 3본씩 별채하여 공시재료로 사용하였다. 공시재료는 각각 상부(top), 중간부(middle) 및 기부(bottom) 부분으로 구분하여 사용하였다. 공시재료의 특성은 Table 1과 같다.

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. 3단면 관찰 및 구성세포 치수 측정

대나무 3종을 각 종별로 횡단면, 방사 및 접선단면으로 구분하여 시편을 제작한 뒤, 마이크로톰(sliding microtome)을 이용하여 15~20 μm 두께의 횡단면, 방사단면 및 접선단면의 절편을 제작하였다. 제작된

절편을 1% safranin과 light green 용액으로 염색(Jourez *et al.*, 2001)하고 알코올 시리즈(50%, 70%, 90%, 95%, 99%)로 탈수 후, xylem 시리즈(50%, 100%)로 투화(vitrification)하였다. 그 다음 Canada balsam을 이용하여 영구슬라이드를 제작하였다.

주사전자현미경 관찰을 위해 3단면을 마이크로톰을 이용하여 깨끗한 단면을 제작하였다. 제작된 시편은 Gressington sputter coater (ULVAC G-50DA, Japan)로 금 코팅 후, 주사전자현미경(JSM-5510, JEOL, Japan, 15 kV)으로 관찰하였다.

섬유길이 측정을 위해 길이 약 2 cm의 sliver를 제작 후 Schülze 용액(35% HNO<sub>3</sub> +1% KClO<sub>3</sub>)에 침지시켰으며, 60℃ 온도로 가열하여 해리시켰다. 광학현미경(Nikon ECLIPSE, E600)과 이미지 분석프로그램(IMT I-Solution lite)을 이용하여 섬유길이 및 구성세포 치수를 측정하였다.

횡단면에서 관찰되는 유관속 형태는 Grosser and Liese (1971)의 방법에 따라 4가지로 분류하였다. 유관속 I형은 유관속 중심주 하나로 구성되어있고 세포간극에 타일로소이드를 포함하고 있으며, 유관속 II형은 I형과 같이 유관속 중심주 하나로 구성되어있고, 원생목부에 인접한 후벽세포가 현저히 큰 것이 특징이라고 보고하였다. 또한 유관속 III형은 유관속 중심주와 내측부에 1개의 섬유속이 있어 총 2개의 부분으로 구성되어 있으며, 유관속 IV형은 유관속 중심주와 내측부와 외측부에 2개의 섬유속이 있어 총 3부분으로 구성되어 있다고 보고하였다. 또한 유관속 중심주 세포간극에서 관찰되는 전충물질은 최근 연구인 Ito *et al.* (2015)의 따라 tylosoid로 사용하였다.

### 2.2.2. 셀룰로오스의 결정특성 분석

X선회절법을 이용하여 셀룰로오스의 결정특성을 분석하였다. X선회절장치(Cu target)는 강원대학교 차강제지연구소에 설치되어 있는 X선회절장치(DMAX 2100V, Rigaku, Japan, 40 kV, 40 mA)를 이용하였으며, 상대결정화도는 Segal법(Segal *et al.*, 1959)에 의해 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Cr. (\%)} = \frac{I_{200} - I_{am}}{I_{200}} \times 100$$

$I_{200}$  : Diffraction intensity of (200) ( $2\theta = 22.8^\circ$ )

$I_{am}$  : Diffraction intensity of amorphous region ( $2\theta = 18^\circ$ )

또한 셀룰로오스 결정폭은 Scherrer (Alexander *et al.*, 1969) 식에 의하여 계산하였다.

$$L(hkl) = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

L : Crystal width, K : Scherrer constant 0.9

$\lambda$  : Wavelength of the X-ray ( $\lambda = 0.1542 \text{ nm}$ )

$\beta$  : Half-width in radians,  $\theta$  : Bragg angle

### 2.2.3. 통계처리

공시재료의 각 종간 및 부위별 구성세포 치수의 유의성 검정을 위하여 ANOVA와 Duncan test (IBM SPSS ver. 21, USA)를 사용하였으며, 검정 시 신뢰도는 95% 수준 이상으로 설정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

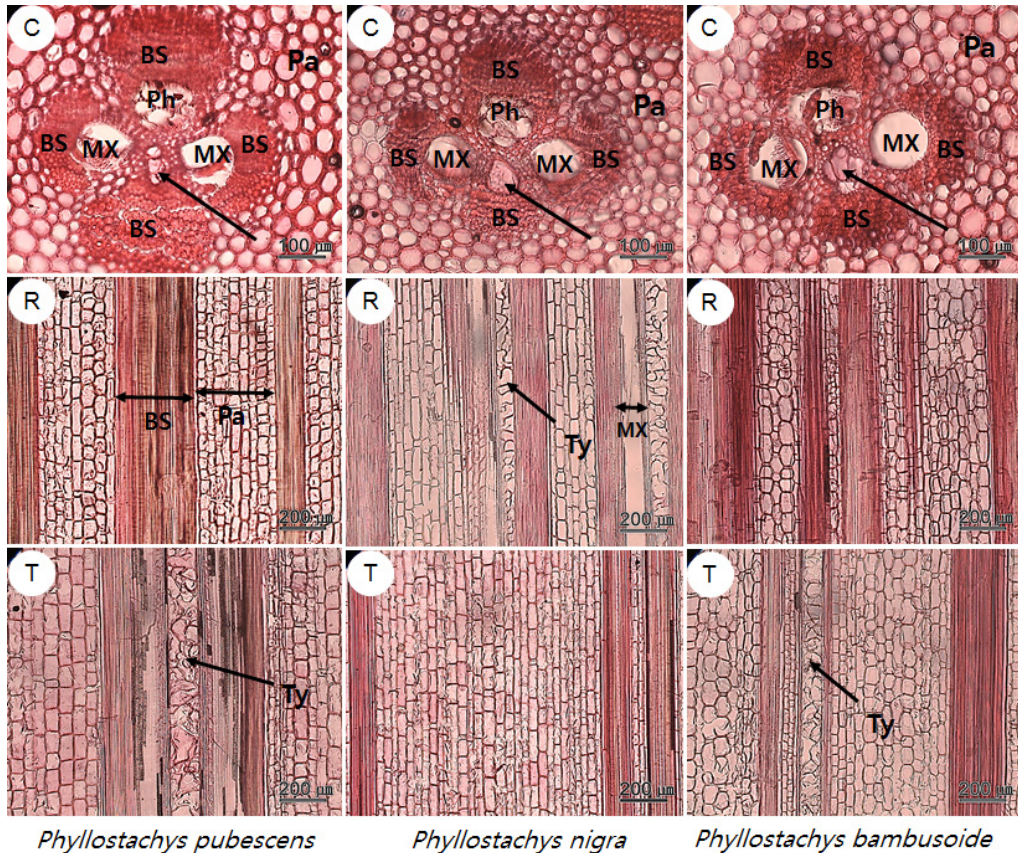
### 3.1. 광학현미경 관찰

Fig. 1은 국내산 대나무 3종의 3단면 사진이다. 횡단면 관찰 결과, 맹종죽, 솜대 및 왕대 모두 유관속 중심주만으로 구성되며, 세포간극에 타일로소이드를 포함하는 유관속 I형을 나타내어 종간 동일한 형태

를 보였고, 유관속 중심주의 내측부와 외측부에 섬유속을 포함하는 III 및 IV와는 차이가 있었다(Fig. 2C). 이 결과는 담양지역 왕대, 분죽 및 맹종죽의 재질에 대해 연구한 So *et al.* (1999)의 결과와 일치하였다. 방사단면과 접선단면에서는 3종 모두 유관속 초, 후생목부, 축방향으로 배열된 유세포 및 세포간극내에 타일로소이드가 관찰되었다. 방사단면과 접선단면에서 관찰되는 해부학적 특성은 거의 유사하였다(Fig. 2R, T). Grosser and Liese (1971)는 유관속 형태에 따라 4가지 그룹으로 분류하였으며, 그중 *Phyllostachys*속은 유관속 I형을 가지는 대나무 속이고, 방사단면에서 목재의 방사조직과 같은 세포를 가지고 있지 않기 때문에 축방향으로 배열된 직립형 유세포가 주로 관찰되며, 크기가 작은 방형의 유세포가 빈번히 관찰된다고 보고하였다.

### 3.2. 주사전자현미경 관찰

Fig. 2는 주사전자현미경으로 관찰한 국내산 대나무 3종의 횡단면 사진이다. 외측부와 내측부의 구분은 횡단면에서 볼 때, 외측부는 대나무 표피부에서부터 내측부로 약 1 mm (Fig. 2O'), 내측부는 최내층부에서부터 외측부로 약 1 mm (Fig. 2I') 부분에서 구분하여 관찰하였다. 광학현미경 관찰 결과와 마찬가지로 3종 모두 유관속 I형의 형태가 관찰되었다. 또한 횡단면의 내측부에서 외측부로 갈수록 유관속을 둘러싸고 있는 유관속초의 비율이 컸고, 유관속의 분포밀도 역시 외측부로 갈수록 더 높았다(Fig. 2). Ito *et al.* (2015)는 Moso bamboo의 근경, 줄기 및 뿌리 부위를 주사전자현미경으로 관찰하였는데, 줄기와 근경 모두 횡단면에서 외측부로 갈수록 유관속간에 거리가 더 좁아진다고 보고하였다. Grosser and Liese (1971)는 유관속 I~IV형에 속하는 대나무 모두 외측부로 갈수록 유관속이 밀집되었다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 따라서 대나무는 종에 관계없이 외측부로 갈수록 유관속의 수가 더 많고, 조밀한 것으로 생각된다.



**Fig. 1.** Optical micrographs on the three sections of three Korean bamboo species. C: cross section, R: radial section, T: tangential section, BS: bundle sheath, MX: metaxylem vessel, Ph: phloem Pa: parenchyma cells, Arrow: tylosoid.

### 3.3. 구성세포 치수

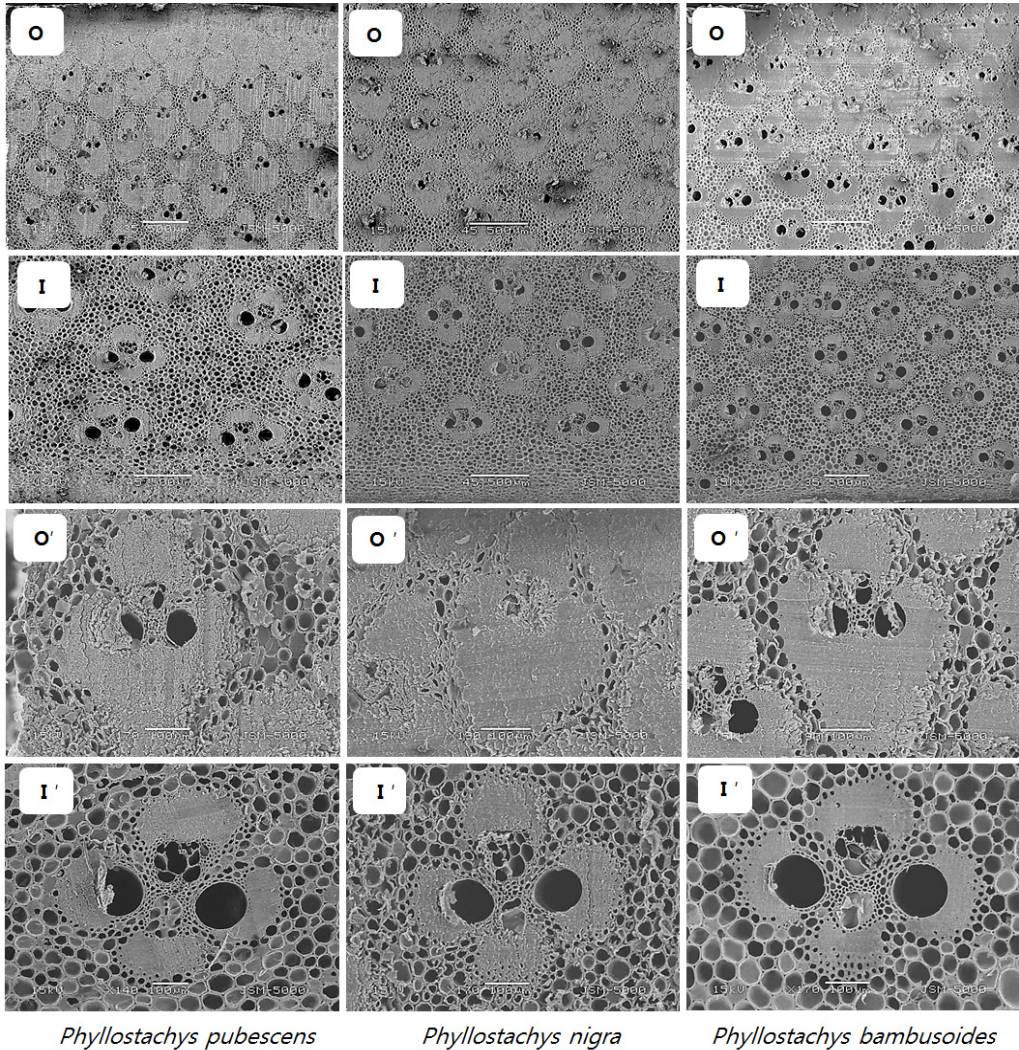
Table 2는 국내산 대나무 3종의 섬유길이 측정 결과이다. 맹종죽, 솜대 및 왕대의 내측부에서 섬유길이는 각각 1,376  $\mu\text{m}$ , 1,934  $\mu\text{m}$ , 2,034  $\mu\text{m}$ 로 왕대의 섬유길이가 가장 길었으며, 외측부에서는 1,573  $\mu\text{m}$ , 2,200  $\mu\text{m}$ , 2,240  $\mu\text{m}$ 로 역시 왕대의 섬유길이가 길었다. 또한 3종 모두 내측부에 비해 외측부의 섬유길이가 더 길게 나타났다. 대나무 3종간의 유의성 검정 결과, 3종 모두 내측부와 외측부간에 유의성이 나타났다. 상부, 중간부 및 기부에서 측정한 섬유길이는 종에 따라 차이가 있으며, 일정한 경향을 찾기가 어려웠다. 부위별 특성은 금후 검토가 필요할 것으로

생각된다.

So *et al.* (1999)는 3년생 맹종죽, 분죽 및 왕대의 섬유길이가 각각 1,940  $\mu\text{m}$ , 1,740  $\mu\text{m}$ , 1,980  $\mu\text{m}$ 라고 보고하였다. Liese (1985) 보고에 의하면 섬유길이는 약 1,500~3,000  $\mu\text{m}$  범위로, 대나무 종간의 차이가 있으며, 맹종죽의 평균 섬유길이는 1,300  $\mu\text{m}$ 라고 보고하였다. 대나무의 섬유길이를 목재 섬유와 비교해 보면, 가도관 길이와 유사하였고, 목섬유 보다 길었다(Park *et al.*, 1987). 왕대와 솜대의 경우 섬유길이가 침엽수의 가도관 길이와 유사한 값을 보여 침엽수 펄프 대체 재료로 이용이 가능할 것으로 사료된다.

Table 3은 대나무 3종의 기부 부위의 줄기 내측부





**Fig. 2.** SEM images on cross section of inner and outer part in three Korean bamboo species. O and O': outer part, I and I': inner part, Scale bar: O and I = 500  $\mu$ m, O' and I' = 100  $\mu$ m

에서 측정된 도관 및 유세포의 치수 결과이다. 횡단면에서 측정된 도관 및 유세포의 직경은 맹종죽이 솜대과 왕대에 비해 컸다. 방사단면에서 측정된 유세포의 길이는 맹종죽이 다른 두 종에 비해 다소 길었다. 방사단면에서 맹종죽과 왕대의 유세포 폭은 유사하였으며, 솜대가 가장 작았다. 방사단면과 접선단면에서 측정된 유세포 길이 및 폭은 거의 차이가 없었다. Lee and Park (1987)은 담양지역의 왕대속 대나

무 4종에 대해 해부학적 특성을 연구하여 도관 직경 및 유세포 직경은 수에서 표피로 갈수록 크기가 다소 작아진다고 보고하였으며, 수와 표피 근처 도관 직경은 각각 약 100~120  $\mu$ m와 20~30  $\mu$ m, 수와 표피 근처 유세포 직경은 각각 약 40~50  $\mu$ m와 약 21~38  $\mu$ m의 범위를 나타냈다고 보고하였다. Hisham *et al.* (2006)은 *Gigantochloa scortechinii*의 도관 직경이 내측부에서 외측부로 갈수록 작았으며, 5.5년생에

**Table 2.** Fiber length of inner part and outer part in three Korean bamboo species (unit:  $\mu\text{m}$ )

	<i>Phyllostachys pubescens</i>			<i>Phyllostachys nigra</i>			<i>Phyllostachys bambusoides</i>		
	*T	*M	*B	*T	*M	*B	*T	*M	*B
Fiber length									
- Outer part	1582.1 ± 307.4	1542.6 ± 269.2	1594.4 ± 302.7	2103.1 ± 250.5	2257.5 ± 231.2	2237.8 ± 221.4	2120.9 ± 155.2	2217.8 ± 211.8	2379.1 ± 271.5
Average	1573.1 ± 293.1Ba			2199.5 ± 234.4Bb			2239.3 ± 212.8Bb		
- Inner part	1332.3 ± 278.6	1382.3 ± 256.1	1412.5 ± 298.3	1998.6 ± 212.2	1881.2 ± 189.8	1921.3 ± 182.2	2023.7 ± 297.5	1979.5 ± 210.9	2097.3 ± 321.8
Average	1375.7 ± 277.7Aa			1933.7 ± 194.7Ab			2033.5 ± 276.7Ab		

\*T: top part, M: middle part, B: bottom part

**Notes :** The means are averages of 40 measurements. Means within a column followed by the same capital letter are not significantly different at 5% significance level using Duncan's multiple range test. Means within a line followed by the same lower case are not significantly different at 5% significance level using Duncan's multiple range test.

**Table 3.** Dimension of parenchyma and vessel obtained from inner part of bottom samples in three Korean bamboo species

Characteristics		<i>Phyllostachys pubescens</i>	<i>Phyllostachys nigra</i>	<i>Phyllostachys bambusoides</i>
Vessel				
Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Cross section	117.9 ± 8.1C	90.9 ± 6.4A	95.8 ± 9.0B
Parenchyma cell				
Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Cross section	47.8 ± 6.3C	35.4 ± 3.8A	43.5 ± 4.8B
Length ( $\mu\text{m}$ )	Radial section	107.5 ± 15.1C	100.2 ± 22.1A	104.5 ± 17.5B
	Tangential section	104.2 ± 6.2A	102.3 ± 5.1A	103.7 ± 4.1A
Width ( $\mu\text{m}$ )	Radial section	45.6 ± 5.1B	34.4 ± 3.9A	44.1 ± 5.9B
	Tangential section	43.3 ± 2.7B	35.1 ± 2.8A	46.1 ± 4.3C

**Notes :** The means are averages of 40 measurements. Means within a line followed by the same capital letter are not significantly different at 5% significance level using Duncan's multiple range test

서 평균 0.62 mm로 가장 큰 값을 보였다. 이는 본 연구에서 사용된 3종에 비해 높은 값을 가진다고 보고하였다. Wang *et al.* (2011)에 의하면 *Fargesia yunnanensis*의 도관 직경 역시 외측부에서 내측부로 갈수록 증가하였으며, 평균 102.87~105.25  $\mu\text{m}$ 로서 보고하였다.

### 3.4. 셀룰로오스의 결정특성 분석

Table 4는 국내산 대나무 3종을 내측부와 외측부로 구분한 뒤, 부위별 상대결정화도 및 결정폭을 측정하여 나타낸 표이다. 상대결정화도는 3종의 모든

부위에서 내측부에 비해 외측부의 값이 더 컸다. 상대결정화도는 내측부와 외측부에서 왕대의 값이 다소 높은 값을 보였는데, 이는 내측부에서 외측부로 갈수록 유관속이 밀집되어 섬유질의 구성 비율이 높아져서 외측부의 상대결정화도가 높게 나타난 것으로 생각된다. He *et al.* (2007)은 Moso bamboo 섬유의 셀룰로오스 결정특성을 분석하였는데, 해리한 대나무 섬유의 상대결정화도는 87.79%, 결정폭은 7.1 nm로 본 연구의 대나무 3종 보다 높은 값을 보고하였다. 한편, Yueping *et al.* (2010)은 *Neosinocalamus affinis* 섬유의 결정화도는 52.54%라고 보고하였으며, 본 연구의 대나무 3종보다 낮은 값을 보고하였

**Table 4.** Relative crystallinity and crystallite width of three Korean bamboo species

		<i>Phyllostachys pubescens</i>			<i>Phyllostachys nigra</i>			<i>Phyllostachys bambusoides</i>		
		Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom
Crystallinity (%)	Outer part	68	66	70	74	71	69	73	75	75
	Average	68			71			74		
	Inner part	62	60	55	61	62	61	65	68	65
	Average	59			61			66		
Crystallite width (nm)	Outer part	3.1	3.1	3.1	3.2	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2
	Average	3.1			3.1			3.2		
	Inner part	2.9	2.9	2.8	2.8	3.1	2.9	3.1	3.1	3.0
	Average	2.9			2.9			3.1		

다. 따라서 대나무의 상대결정화도는 중간, 시료 특성에 따라 차이가 있는 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

국내산 주요 대나무 3종의 해부학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 국내산 대나무 3종 모두 유관속 중심주와 세포간극에 타일로스이드를 포함한 유관속 I형이 관찰되었다.
2. 횡단면의 내측부에서 외측부로 갈수록 유관속을 둘러싸고 있는 유관속초의 비율이 컸으며, 유관속의 출현빈도 역시 외측부로 갈수록 더 높았다.
3. 방사 및 접선단면에서는 유관속초, 후생목부 도관, 측방향으로 배열된 유세포 및 세포간극에 타일로스이드가 명확히 관찰되었다.
4. 섬유길이는 모든 종에서 외측부의 길이가 내측부보다 길었으며, 맹종죽의 섬유 길이가 솜대와 왕대에 비해 짧았다.
5. 횡단면에서 도관 직경 및 유세포 직경은 맹종죽이 가장 컸다. 방사 및 접선단면에서 구성세포의 치수는 솜대가 가장 작은 값을 보여주었고, 방사단면과 접선단면간에 큰 차이가 없었다.
6. 상대결정화도 및 결정 폭은 3종 모두 외측부가 내측부에 비해 다소 높았으며, 특히 왕대의 상

대결정화도는 다른 2종에 비해 다소 높았다.

결론적으로, 대나무 구성세포의 치수는 종간에 차이가 있었으며, 줄기의 외측부와 내측부에서 조직구조의 정성적 및 정량적 특성에 큰 차이가 있는 것이 확인되었다.

#### REFERENCES

- Alexander, L.E. 1969. X-ray diffraction in polymer science. Wiley-Interscience, Amsterdam. pp. 423-424.
- Ding, X.G., Cai, H.J., Wu, Z.X., Zhang, J.F. 2007. Systematic analysis on quick development of bamboo industry in study for successful Zhejiang province: a case development approach of China's booming bamboo industry. China Forestry Science and Technology 6: 74-82.
- Grosser, D., Liese, W. 1971. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. Wood Science and Technology 5: 290-312.
- He, J., Tang, Y., Wang, S.Y. 2007. Differences in Morphological Characteristics of Bamboo Fibres and other Natural Cellulose Fibres: Studies on X-ray Diffraction, Solid State <sup>13</sup>C-CP/MAS NMR, and Second Derivative FTIR Spectroscopy Data. Iranian Polymer Journal 16: 807-818.



- Hisham, H.N., Othman, S., Rokiah, H., Latif, M.A., Ani, S., Tamizi, M.M. 2006. Characteristics of bamboo *Gigantochloa scortechinii* at different ages. *Journal of Tropical Forest Science* 18(4): 236-242.
- Ito, R., Miyauji, H., Kasuya, N. 2015. Rhizome and root anatomy of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) observed with scanning electron microscopy. *Journal of wood science* 61(4): 431-437.
- Jiang, Z.H. 2007. *Bamboo and Rattan in the World* (In english). China Forestry Publishing House, Beijing.
- Jourez, B., Riboux, A., Leclercq, A. 2001. Anatomical characteristics of tension wood and opposite wood in young inclined stem of Poplar (*Populus euramericana* cv. 'Ghjoy'). *IAWA Journal* 22: 133-157.
- Korea Forest Research Institute. 2016. Distribution status of bamboo forest resources in Korea. 16-27.
- Lee, J.K., Park, S.J. 1987. Characteristics of culm anatomy and dimension variation in genus *Phyllostachys* grown Damyang district. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 15(3): 14-23.
- Liese, W. 1985. *Bamboo-biology, silvics, properties, utilization*. TZ Verlagsgesellschaft.
- Lybeer, B., VanAcker, J., Goetghebeur, P. 2006. Variability in fibre and parenchyma cell walls of temperate and tropical bamboo culms of different ages. *Wood Science and Technology* 40: 477-492.
- Mustafa, M.T., Wahnab, R., Sudin, M., Sulaiman, O., Kamal, N.A.M., Khalid, I. 2011. Anatomical and microstructures features of tropical bamboo *Gigantochloa brang*, *G.levis*, *G. scortechinii* and *G. wrayi*. *International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE)* 1(1): 25-35.
- Park, S.J., Lee, W.Y., Lee, H.H. 1987. Wood anatomy and identification. Hyang Mun Sa, Seoul, Korea. p. 99 and p. 136.
- Segal, L., Creely, J.J., Martin, A.E. Conrad, C.M. 1959. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile research Journal* 29: 786-794.
- So, W.T., Kim, Y.S., Chung, W.Y., Lee, H.W. 1999. Wood characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens* grown in Damyang district. *Journal of the Korea Wood Science and Technology* 27(2): 7-14.
- Wang, S.G., Pu, X.L., Ding, Y.L., Wan, X.C., Lin, S.Y. 2011. Anatomical and chemical properties of *Fargesia yunnanensis*. *Journal of Tropical Forest Science* 23(1): 73-81.
- Yoon, S.L. 2010. Microscopic observation of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) with various ages. *Journal of Korea Technical Association of The Pulp and Paper Industry* 42(2): 27-34.
- Yueping, W., Ge, W., Haitao, C., Genlin, T., Zherg, L., Feng, X.Q., Xushan, G. 2010. Structure of bamboo fiber for textiles. *Textile research journal* 80(4): 334-343.