

국내산 맹종죽의 죽령별 해부학적 특성¹

전 우 석² · 변 희 섭³ · 김 남 훈^{2,†}

Anatomical Characteristics of Korean *Phyllostachys pubescens* by Age¹

Woo-Seok Jeon² · Hee-Seop Byeon³ · Nam-Hun Kim^{2,†}

요 약

대나무는 생장이 빠르고, 벌목주기가 짧으며, 목재와 비교하여 가격이 저렴하다는 장점을 가지는 주요 바이오매스 자원 중 하나이다. 따라서, 본 연구에서는 대나무재의 효율적 활용을 위한 기초자료를 수집하기 위하여, 국내산 맹종죽(*Phyllostachys pubescens*)의 1년생~5년생까지 죽령별로 해부학적 특성을 광학현미경과 주사전자현미경으로 비교·분석하였다. 또한 셀룰로오스의 결정특성을 X회절법에 의해 분석하였다. 횡단면 관찰 결과, 유관속초의 크기는 1년생이 가장 작았으며, 2년생 이후 유사하였다. 수 부분에서 표피부로 갈수록 유관속의 분포밀도가 높았고, 유관속초의 발달 형태가 뚜렷하게 달랐다. 특히, 1년생 수 부분 유관속 중 세포간극에 인접한 유관속초가 발달 되지 않은 유관속이 드물게 출현하는 것이 관찰되었다. 구성세포 치수 측정 결과, 섬유길이는 1년생이 가장 짧았으며, 모든 년생에서 표피부가 수 부분보다 길었다. 유관속의 방사 및 접선방향 폭은 모든 년생에서 접선방향 폭이 더 컸으며, 2년생부터는 큰 차이를 보이지 않았다. 도관 직경 및 내층 두께는 1년생의 값이 가장 작았으며, 도관 직경은 2년생 이후, 내층 두께는 3년생 이후부터 유사한 값을 보였다. 상대결정화도는 모든 년생에서 표피부로 갈수록 높은 값을 보였으며, 1년생의 값이 가장 낮고, 2~5년생은 비슷한 값을 보였다. 결론적으로, 국내산 맹종죽은 죽령별로 조직구조에 있어 정성적 및 정량적 차이가 있었으며, 2~5년생의 특성은 비슷한 경향이 있었다. 따라서, 1년생은 미성숙한 상태이며, 2년생 이상의 대나무는 성숙한 상태로 조직구조적으로 안정된 특성을 갖는 것으로 사료된다.

ABSTRACT

Bamboo is one of the major biomass resources that have many advantages such as fast growing, easy cultivation, short rotation, and a relatively lower price. In this study, the anatomical characteristics of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) by age from one-year-old to five-year-old were examined by optical and scanning electron microscopy. Also, the crystalline properties such as relative crystallinity and crystallite width were investigated by an X-ray diffraction method. In one-year-old bamboo xylem, a few vascular bundles showed missing bundle sheath in near the intercellular space. Moreover, one-year-old bamboo had the shortest fiber length and the smallest values in vessel diameter, width of vascular bundle, and thickness of inner layer. One-year-old bamboo also showed the smallest values in the crystallinity

¹ Date Received February 26, 2018, Date Accepted May 8, 2018

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

³ 경상대학교 농업생명과학대학 농업생명과학연구원. College of Agriculture & Life Science, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

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

and crystallite width. Near epidermis samples had longer fiber length and greater vascular bundle spacing than near pith samples. Relative crystallinity and crystallite width near the epidermis were also higher than near the pith. This study revealed significant differences in qualitative and quantitative anatomical characteristics between one-year-old and two-year- or more old Moso bamboos. It is concluded that the structural differences by bamboo age can be used to differentiate the characteristics of juvenile and mature bamboo.

Keywords: anatomical characteristics by age, Korean bamboo, near epidermis, near pith, *Phyllostachys pubescens*

1. 서 론

대나무는 지구상에서 가장 빨리 성장하는 식물 중 하나이며, 주요 바이오에너지 자원으로 기대되는 비목재 임산물이다. 우리나라에 분포하는 유용 대나무 종은 왕대(6,023ha, 26.2%), 솜대(6,175ha, 26.8%) 및 맹종죽(291ha, 1.3%)으로 알려져 있으며, 조릿대와 이대 및 해장죽 등이 일부 재배되고 있다(Korea Forest Research Institute, 2016). 그 중에서도 맹종죽은 왕대속(*Phyllostachys*)에 속하고 죽순을 먹는다하여 죽순대 또는 식용죽이라고도 하며, 우리나라에는 1898년에 일본에서 도입된 종으로 재배가능지역은 남부지역일부이고, 경남 거제 지역은 우리나라 맹종죽의 80% 이상을 생산하는 주요 생산지이다(Korea Forest Research Institute, 2005). 대나무는 주로 남부 지역에서 소득 작목이었으나, 최근 대나무 생산품들이 플라스틱 및 비닐등의 소재로 대체되면서 대나무의 소비가 점차 감소되고 있으며, 대나무보다 수익성이 높은 맹종죽의 죽순 소비량 역시 감소되고 있는 실정이다(Yoon, 2010).

대나무의 해부학적 특성에 관한 연구는 국내·외에서 많이 수행되어왔다(Grosser and Liese, 1971; Lee and Park, 1987; Liese and Weiner, 1996; So *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2001; Hisham *et al.*, 2006; Yoon, 2010; Mustafa *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2011; Ito *et al.*, 2015)

최근 탄소배출량 확보를 위해 속성수종 및 목질 자원의 이용방안에 대한 관심이 높아지면서 대나무의 활용방안 역시 주목 받고 있다. 기보(Joen *et al.*, 2018)에서는 국내 대나무 자원의 효율적 이용을 위한 자료 확보를 위하여, 3년생의 국내산 맹종죽

(*Phyllostachys pubescens*), 솜대(*Phyllostachys nigra*) 및 왕대(*Phyllostachys bambusoides*)등 3종의 대나무재의 해부학적 특성에 관한 연구를 수행하여, 대나무 종간에 있어서 구성세포 치수의 차이를 확인하였으며, 외측부와 내측부에서 조직구조의 정량적 및 정성적 특성에 큰 차이가 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 기보에서 밝혀진 국내산 대나무 3종의 해부학적 특성을 기초로하여, 대나무재의 유효 활용을 위한 성숙정도를 평가하는 기초자료를 얻기 위하여 국내산 맹종죽의 죽령별 해부학적 특성을 비교·분석하여 죽령별 차이를 구명하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구에서는 경상남도 진주시 소재 국립산림과학원 남부산림연구소 대나무 시험림에서 맹종죽(*Phyllostachys pubescens*) 1년생부터 5년생까지 각 3본씩 별채하여, 흉고부위를 공시재료로 사용하였다. 공시재료의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Basic information of *Phyllostachys pubescens* by age

	1year	2year	3year	4year	5year
*DBH (mm)	102.0	98.0	96.0	97.0	93.0
Thickness (mm)	9.7	10.5	9.3	9.7	9.1
Height (m)	15.17	13.30	14.54	14.37	14.50

*DBH = Diameter at Breast Height

2.2. 실험방법

2.2.1. 3단면 관찰 및 구성세포 치수 측정

국내산 맹종죽의 죽령별 해부학적 특성을 조사하기 위하여 3단면 관찰 및 구성세포 치수(Fig. 1) 측정은 기보(Jeon *et al.*, 2018)의 방법과 동일하게 실시하였다.

2.2.2. 셀룰로오스의 결정특성 분석

셀룰로오스의 결정특성은 X선회절법을 이용하여 분석하였다. 시료는 Fig. 2와 같이 죽령별로 각각 내층(inner layer), 수 부분(near pith), 중간부(middle part), 표피부(near epidermis)로 구분하여 두께(방사방향) 약 1mm, 길이(섬유방향) 약 15mm, 폭(접선방향) 15mm의 크기로 제작하였다. 상대결정화도 및 결정 폭은 기보(Jeon *et al.*, 2018)의 방법과 동일하게 Segal법(Segal *et al.*, 1959)과 Scherrer (Alexander *et al.*, 1969) 식에 의해 값을 산출하였다.

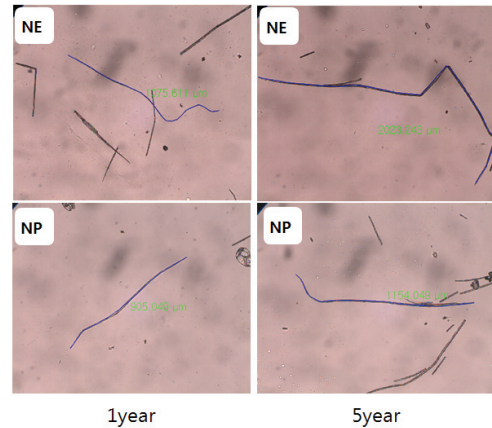


Fig. 1. Sampling for measure the fiber length of *Phyllostachys pubescens* culms by age.

NE : near epidermis, NP : near pith.

2.2.3. 통계처리

공시재료의 죽령별 구성세포 치수의 유의성 검정을 위하여 ANOVA와 Duncan test (IBM SPSS ver. 21,

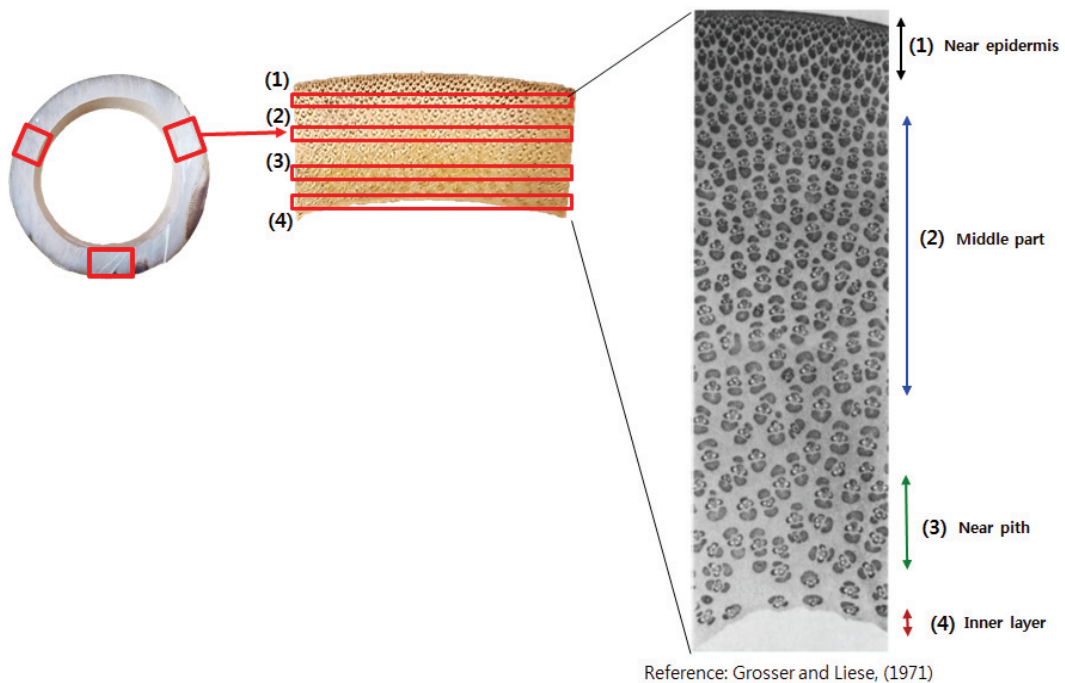


Fig. 2. Sampling for X-ray diffraction of *Phyllostachys pubescens* culms by age.

USA)를 사용하였으며, 검정 시 신뢰도는 95% 수준 이상으로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대나무의 3단면 구조

3.1.1. 횡단면 구조

Fig. 3은 죽령별 국내산 맹종죽의 수 부분을 광학 현미경으로 관찰한 횡단면 사진이다. 맹종죽의 유관속 형태는 죽령별로 모두 세포간극내에 타일로스이드를 포함한 유관속 I형(Grosser and Liese, 1971)을 보였으며, 유관속초, 후생목부 도관 및 유세포가 명확하게 관찰되었다. 광학현미경상으로 유관속초의 크기는 1년생이 가장 작았으며, 2년생 이후 유사한 것이 관찰되었다. 유관속은 3년생 이후부터 유관속초 내에 섬유가 두꺼워지는 것이 확인되었다. 특히, 1년생 수 근처에서는 세포간극에 인접한 유관속초가 발달되지 않은 유관속이 드물게 관찰되었으며(Fig. 4), 이러한 유관속의 형태는 이전의 논문에서는 거의 보고된 것이 없는 것으로 생각된다. Lybeer *et al.* (2006)은 죽령별로 열대지역 대나무인 *Gigantochloa levis* 및 *Dendrocalamus asper*와 온대지역 대나무인 *Phyllostachys viridiglaucescens*, *Phyllostachys nigra* 및 *Phyllostachys viridis*의 해부학적 특성을 연구하여, 대나무 줄기의 섬유 및 유세포의 세포벽 두께는 1년생 이후 증가하며, 44개월 이상의 대나무 줄기에서 세포벽 두께가 가장 두꺼웠고, 3년생 이상의 대나무 줄기들이 상업적으로 가치가 있다고 보고하였다. Yoon (2010)은 죽순, 20일생, 60일생, 1년, 2년, 3년생 맹종죽의 해부학적 특성에 대해 연구하여, 횡단면 상에서 유관속 조직은 죽순에서는 형성되지 않았으며, 20일생부터 형성되어 60일생에서 완전히 생성되었고, 유관속초는 60일부터 완전한 세포로 형성되고 1년생 이후부터 육안상으로 단단한 세포가 관찰되었다고 보고하였다. 상기 연구 결과들과 비교하였을 때, 대나무는 1년생부터 유관속초를 구성하는 두꺼운 후생벽섬유가 증가하여 2년생 이후부터 구조적으로 안정된 형태를 가지는 것으로 생각된다.

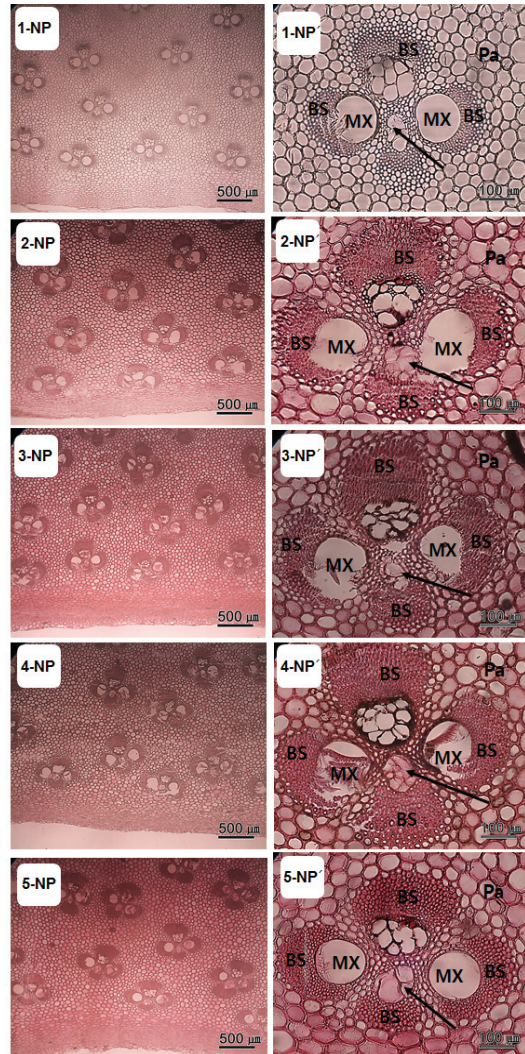


Fig. 3. Optical micrographs on cross sections of *Phyllostachys pubescens* culms by age.

1-NP, NP': 1year-near pith, 2-NP, NP': 2year-near pith, 3-NP, NP': 3year-near pith, 4-NP, NP': 4year-near pith, 5-NP, NP': 5year-near pith, BS: bundle sheath, MX: metaxylem vessel, Pa: parenchyma cells, arrow: tylosoid.

Fig. 5는 죽령별 국내산 맹종죽의 표피부와 수 부분의 횡단면을 비교하기 위하여 주사전자현미경으로 관찰한 사진이다. 수 부분에서 표피부로 갈수록 유관속의 분포밀도는 높아졌으며(Fig. 5, NE, NP), 유관속의 형태는 표피로 갈수록 유관속을 둘러싸고 있는 유



Fig. 4. Optical micrograph on cross section of one-year-old *Phyllostachys pubescens* culm.
* Missing bundle sheath.

관속초의 비율이 컸으며, 특히 세포간극에 인접한 유관속초의 크기가 현저하게 커졌다(Fig. 5, NE', NP').

Ito *et al.* (2015)은 Moso bamboo의 근경, 줄기 및 뿌리를 주사전자현미경으로 관찰하여, 모든 부위의 횡단면에서 수 부분보다 표피부에서 유관속이 더 조밀하다고 보고하여, 본 연구 결과와 일치하였다.

3.1.2. 방사 및 접선단면의 구조

Fig. 6과 7은 죽령별 맹종죽을 수 부분과 표피부에서 관찰한 방사단면 및 접선단면 사진이다. 방사단면 관찰 결과, 중공부에 접한 수 부분은 유세포로 이루어져 있으며 크기는 다른 부위의 유세포보다 작고 원형에 가까운 형태를 보였다(Fig. 6, NP). 반면에 표피부에서는 유관속초의 비율이 크고, 유세포는 구성 비율이 낮았으며, 가늘고 긴 형태를 보였다(Fig. 6, NE). Ito *et al.* (2015)은 Moso bamboo의 방사단면을 표피부와 수 부분으로 구분하여 주사전자현미경으로 관찰하였으며, 표피부는 실리카 세포로 이루어져 있고, 수 부분의 유세포는 다른 부위의 유세포에 비해

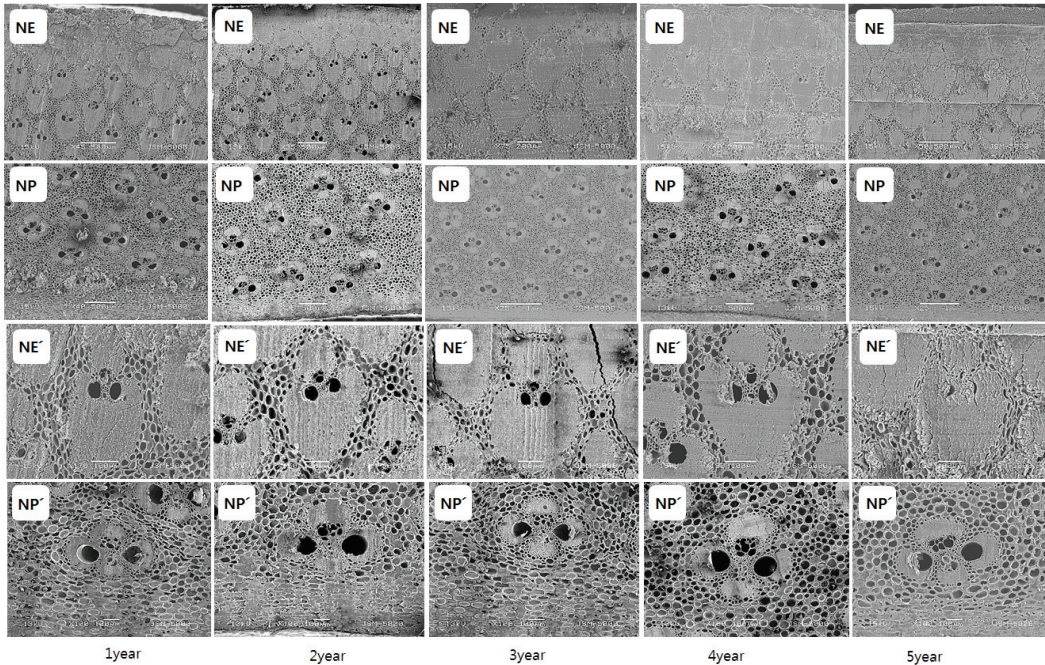


Fig. 5. SEM images on cross sections near epidermis and pith of *Phyllostachys pubescens* culms by age.

NE, NE' : near epidermis, NP, NP' : near pith

Scale bar : NE and NP = 500μm, NE' and NP' = 100μm

3year-NE = 200μm, 3year-NP = 1mm, 4year-NE = 200μm, 5year-NP = 1mm

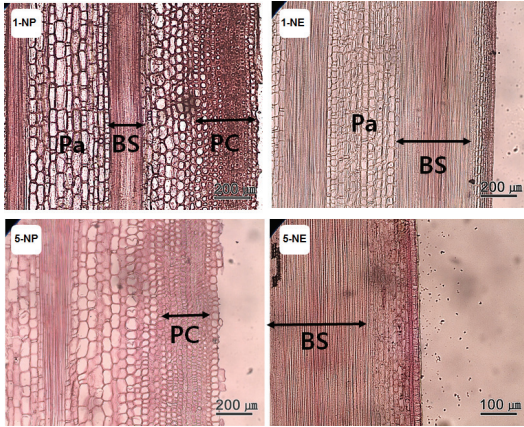


Fig. 6. Optical micrographs on radial sections of *Phyllostachys pubescens* culms by age.

BS : bundle sheath, PC : pith cells, Pa : parenchyma cells
1, 5-NP : 1 and 5 year-near pith, 1, 5-NE : 1 and 5 year-near epidermis.

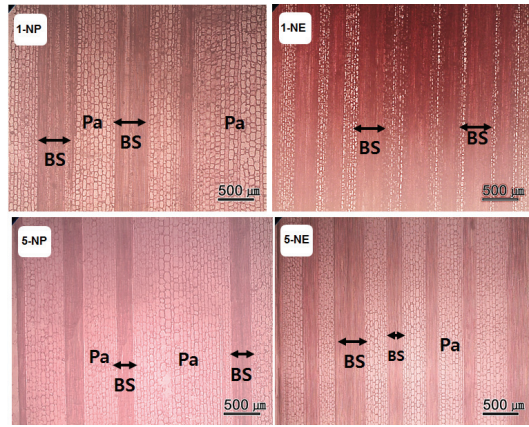


Fig. 7. Optical micrographs on tangential sections of *Phyllostachys pubescens* culms by age.

BS : bundle sheath, Pa : parenchyma cells
1, 5-NP : 1 and 5 year-near pith,
1, 5-NE : 1 and 5 year-near epidermis.

크기가 작은 유세포들이 관찰되었다고 보고하여, 본 연구 결과와 유사하였다.

접선단면 관찰 결과, 유관속초 및 유세포가 띠 모양으로 관찰되고, 수 부분 보다는 표피부에서 유관속초의 출현빈도가 높았다(Fig. 7, NP, NE). 이는 수 부분에서 표피부로 갈수록 유관속초의 비율이 증가하기 때문이며 이에 따라 밀도 및 강도는 수 부분 보다는 표피부가 클 것으로 사료된다. 방사 및 접선단면에서 죽령별 차이는 찾기 어려웠다. Yoon (2010)은 죽순, 20일, 60일, 1년생, 2년생 및 3년생 맹종죽의 해부학적 특성을 연구하여, 접선단면상에서 60일 이후부터 유관속초와 유세포가 형성되었으며, 1~3

년생에서 유관속초와 유세포가 완전히 성숙한 상태로 관찰되었고, 특히 3년생의 유세포는 세포벽이 뚜렷하게 관찰되었다고 보고하였다. Liese (1987)는 대나무의 방사 및 접선단면에서 유세포는 축방향으로 배열되어 있으며, 대부분 직립 형태이지만 부분적으로 크기가 작은 유세포들이 존재한다고 보고하였다.

3.2. 구성세포 치수

Table 2는 죽령별 국내산 맹종죽의 섬유길이 측정 결과이다. 표피부와 수 부분에서 모두 1년생의 섬유 길이가 가장 짧았으며, 2년생 이후부터 섬유길이가

Table 2. Fiber length near epidermis and pith from *Phyllostachys pubescens* culms by age (unit: μm)

		1year	2year	3year	4year	5year
Fiber length	Near epidermis	1672.9Aa (264.3)	1962.5Ab (394.3)	1702.3Aa (189.5)	2185.2Ac (290.3)	2007.6Ab (231.3)
	Near pith	982.9Ba (102.6)	1153.6Bb (219.1)	1183.9Bb (309.9)	1304.5Bc (239.8)	1297.2Bc (170.4)

Notes : The means are averages of 40 measurements. Numbers in parenthesis are standard deviations. 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. Quantitative anatomical characteristics of *Phyllostachys pubescens* culms by age

Characteristics	1year	2year	3year	4year	5year
Vascular bundle number/4mm ² on cross section					
- Near epidermis	16.8A (1.1)	16.6A (1.2)	16.7A (0.8)	16.5A (1.2)	17.1A (0.6)
- Near pith	5.1A (1.1)	4.8A (1.3)	5.1A (0.9)	4.6A (0.7)	4.5A (0.8)
Vascular bundle width near pith on cross section					
- Radial direction (µm)	387.1A (10.9)	415.9B (15.4)	432.4C (25.1)	535.2D (26.2)	443.8C (19.5)
- Tangential direction (µm)	536.9A (13.3)	630.5C (15.6)	606.5B (14.5)	651.7D (18.2)	689.7E (31.1)
- R/T	0.72 (0.01)	0.66 (0.01)	0.72 (0.04)	0.82 (0.03)	0.65 (0.01)
Vessel diameter near pith on cross section (µm)					
	121.8A (7.4)	143.1C (7.2)	146.1CD (6.8)	148.5D (6.5)	137.9B (7.9)
Thickness of inner layer on cross section (µm)					
	301.3A (35.1)	350.3B (24.2)	459.9C (30.4)	457.6C (30.7)	455.9C (30.1)
Parenchyma length near pith on cross section					
- Radial direction (µm)	38.1A (5.3)	32.9B (6.8)	37.8A (4.1)	37.6A (5.7)	40.8A (4.8)
- Tangential direction (µm)	83.0A (10.4)	107.5C (15.9)	95.1B (5.1)	91.7B (6.8)	108.2C (10.4)
- R/T	0.37 (0.05)	0.31 (0.07)	0.40 (0.02)	0.41 (0.03)	0.38 (0.02)
Parenchyma width and length on radial section					
- Width (µm)	52.5C (8.8)	45.3A (6.4)	50.1C (7.6)	48.4BC (6.2)	56.1D (12.5)
- Length (µm)	104.1A (25.7)	110.3A (14.5)	117.7B (16.2)	127.4C (17.3)	116.3B (21.1)

Notes : The means are averages of 40 measurements. Numbers in parenthesis are standard deviations. 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.

다소 유사한 경향을 보였다. 유의성 검정 결과, 섬유 길이는 표피부와 수 부분 간에 유의성이 나타났다. So *et al.* (1999)의 보고에 따르면 3년생 국내산 맹종죽의 섬유길이는 1.94 mm로서 본 연구결과와 비교하였을 때 2년생의 표피부 섬유길이나 유사한 값을 보였다. Wahab *et al.* (2010)은 2년생 및 4년생 *Bambusa vulgaris*의 섬유길이는 각각 평균 3.6mm, 4.2mm라고 보고하여 본 연구의 5년생 섬유길이보다 길었다. Hisham *et al.* (2006)은 *Gigantochloa scortechinii*의 죽령별 섬유길이를 측정하여, 0.5, 1.5, 3.5 및 5.5년생의 섬유길이는 각각 2.23 mm, 2.63 mm, 2.50 mm 및 2.38 mm라고 보고하였다. Li *et al.* (2011)은 섬유길이는 섬유의 질을 평가하는 중요한 요소이며, 대나무의 섬유길이는 일반적으로 침엽수재 보다 짧고, 활엽

수재보다는 길기 때문에 더 긴 섬유 유형에 속한다고 보고하였다. 상기 결과들을 본 연구 결과와 비교하였을 때, 맹종죽의 섬유길이는 일반적으로 침엽수재 섬유길이보다 짧고, 활엽수재와 유사하며 다른 대나무 종에 비해 다소 짧은 섬유길이를 보이는 것으로 사료 된다.

Table 3은 죽령별 맹종죽의 구성세포 치수를 측정 한 결과이다. 횡단면에서 측정된 유관속의 개수는 수 부분에서 표피부로 갈수록 증가하였다. 수 부분에서 측정된 유관속의 크기는 접선방향 길이가 방사방향 길이보다 길었으며, 1년생의 유관속 크기가 가장 작았고, 2년생 이후부터 다소 유사한 경향을 보였다. 도관 직경 및 내층의 두께는 1년생의 값이 가장 작았으며, 도관 직경은 2년생 이후, 내층의 두께는 3년생

Table 4. Relative crystallinity and crystallite width of *Phyllostachys pubescens* culms by age

		1year	2year	3year	4year	5year
Relative crystallinity (%)	*NE	70.1	76.1	71.4	74.3	73.1
	*MP	56.4	68.1	69.7	63.7	70.7
	*NP	53.2	64.8	57.0	62.7	60.7
	*IL	52.7	57.3	51.8	55.2	56.4
Crystallite width (nm)	*NE	3.1	3.1	3.1	3.2	3.3
	*MP	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
	*NP	2.8	3.1	2.9	3.0	2.8
	*IL	2.7	2.9	2.6	2.6	2.7

*NE = near epidermis, *MP = middle part, *NP = near pit, *IL = inner layer

이후부터 유사해지는 경향을 보였다. 횡단면에서 수 부분 유세포의 길이는 접선방향이 방사방향에 비해 약 2.5배 정도 컸으며, 방사단면에서 측정된 유세포의 폭 및 길이는 죽령별로 거의 차이가 없었다. Wahab *et al.* (2010)은 2년생 및 4년생 *Bambusa vulgaris*의 도관 직경은 각각 평균 123.0 μm 및 122.5 μm 라고 보고하였으며, 이는 본 연구의 2년생 및 4년생의 도관 직경보다 작았다. Wang *et al.* (2011)은 1년생, 2년생 및 3년생 *Fargesia yunnanensis*의 해부학적 특성을 연구하여, 수 부분 유관속의 방사방향 길이/접선방향 직경은 각각 평균 1.07, 1.08 및 1.13이며, 도관 직경은 각각 100.4 μm , 108.8 μm , 및 103.7 μm 라고 보고하여, 본 연구의 1년생, 2년생 및 3년생의 유관속의 방사방향 폭/접선방향 폭보다 컸으며, 도관 직경은 더 작았다. Hisham *et al.* (2006)은 0.5, 1.5, 3.5, 5.5 및 6.5년생 *Gigantochloa scortechinii*의 수 부분 유관속의 방사방향 길이/접선방향 직경은 각각 0.64, 0.79, 0.63, 0.63 및 0.62라고 보고하여, 본 연구 결과와 유사한 값을 보였다.

3.3. 셀룰로오스의 결정특성

Table 4는 국내산 맹종죽을 죽령별로 줄기 횡단면의 표피부, 중간부, 수 부분 및 내층으로 구분하여 상대결정화도 및 결정 폭을 측정하여 나타낸 표이다. 상대결정화도는 모든 년생 내층에서 가장 낮고, 표피부로 갈수록 증가하였다. 이는 표피부로 갈수록

유관속이 밀집되어 섬유질의 비율이 높아져서 표피부의 상대결정화도가 높게 나타난 것으로 생각된다. 한편, 내층은 섬유가 아닌 유세포만으로 구성되어 다른 부위에 비해 상대결정화도가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 죽령별로는 1년생의 상대결정화도가 모든 부위에서 다소 낮았으며, 2년생 이후 유사해지는 경향을 보였다. Nomura and Yamada (1972)는 X선 회절법으로 1년생 Moso bamboo의 상대결정화도를 분석하여 52%의 값을 보고하였으며, 이는 본 연구의 1년생 대나무의 내층 및 수 부분의 결정화도 값과 유사한 값을 보였다. Xu *et al.* (2016)은 1년생, 3년생 및 5년생 Moso bamboo의 근경과 줄기 부위의 상대결정화도를 연구하여, 근경에서는 죽령별로 각각 43.8%, 44.3% 및 43.7%, 줄기에서는 각각 52.3%, 56.7% 및 55.2%로서 근경과 줄기의 차이를 보고하였으며, 1년생의 상대결정화도가 가장 낮은 값을 나타내어 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

4. 결 론

국내산 맹종죽의 죽령별 해부학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 횡단면 관찰 결과, 광학현미경상으로 유관속초의 크기는 1년생이 가장 작았으며, 2년생 이후 유사한 것이 관찰되었다. 유관속은 3년생 이후부터 유관속초 내에 섬유가 두꺼워지는 것이 확

인되었다. 특히, 1년생 맹종죽의 수 부분 유관속의 형태는 세포간극에 인접한 유관속초가 발달되지 않은 유관속이 드물게 관찰되었다.

2. 방사단면 관찰 결과, 표피부에서 유세포는 가늘고 길었으며, 수 근처 유세포는 둥글고 작은 형태를 보였다. 접선단면에서 표피부에서 수 부분보다 유관속초의 출현빈도가 높았다.
3. 섬유길이 측정결과, 표피부의 섬유길이 수 부분보다 길었고, 1년생의 섬유길이 가장 짧았으며, 2년생 이후부터 유사한 경향을 보였다.
4. 구성세포 치수 측정 결과, 4 mm²당 유관속의 개수는 수 부분에서 표피부로 갈수록 증가하였다. 유관속 폭, 도관 직경 및 내층의 두께는 1년생의 값이 가장 작았고, 유관속 폭 및 도관직경은 2년생 이후, 내층의 두께는 3년생 이후부터 유사해지는 경향을 보였다.
5. 셀룰로오스의 결정특성 분석결과, 모든 년생의 수 부분에서 표피부로 갈수록 상대결정화도가 증가하였다. 상대결정화도는 1년생이 가장 작았고, 2~5년생 이후부터 유사한 경향을 보였다.

결론적으로, 국내산 맹종죽은 죽령별로 조직구조에 있어 정성적 및 정량적 차이가 있었으며, 3~5년생의 특성은 비슷한 경향이 있었다. 따라서, 1년생은 미성숙한 상태, 2년생은 이행 상태이며, 3년생 이상의 대나무는 성숙한 상태로 조직구조적으로 안정된 특성을 갖는 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Alexander, L.E. 1969. X-ray diffraction in polymer science. Wiley-Interscience, Amsterdam. pp. 423-424.
- Grosser, D., Liese, W. 1971. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. Journal of the Korean Wood Science and Technology 5: 290-312.
- 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.
- Jeon, W.S., Kim, Y.K., Lee, J.A., Kim, A.R., Darsan, B., Chung, W.Y., Kim, N.H. 2018. Anatomical characteristics of three Korean bamboo species. Journal of the Korean Wood Science and Technology 46(1): 29-37.
- Kim, Y.J., Jung, K.H., Park, S.J., Roh, J.K. 2001. A morphological comparison of bamboo zephyr produced from *Phyllostachys nigra* var. henonis and Indonesian *Gigantochloa apus*. Journal of the Korean Wood Science and Technology 29(2): 84-90.
- Korea Forest Research Institute. 2005. All things of bamboo (in Korean) 7: 8-21.
- 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.
- Li, H., Zhou, G.Y., Zhang, H.Y. 2011. Research and Utilization Status of Natural Bamboo Fiber. Advanced Materials Research 159: 236-241.
- Liese, W. 1987. Research on Bamboo. Wood Science and Technology 21: 198-209.
- Liese, W., Weiner, G. 1996. Ageing of bamboo culms. A review. Wood Science and Technology 30(2): 77-89.
- 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. scotechinii* and *G. wrayi*. International Journal of Forest, Soil and Erosion 1(1): 25-35.
- Nomura, T., Yamada, T. 1972. Structural observation on wood and bamboo by X-ray. Wood research: Bulletin of the Wood Research Institute Kyoto University 52: 1-12.
- 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 Korean Wood Science and Technology 27(2): 7-14.
- Wahab, R., Mustapa, M.T., Sulaiman, O., Mohamed, A., Hassan, A., Khalid, I. 2010. Anatomical and physical properties of cultivated two-and four-year-old *Bambusa vulgaris*. Sains Malaysiana 39(4): 571-579.
- 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.
- Xu, B., Yang, Z.Y., Liu, S., Chao, J. 2016. Comparative research between rhizome and culm of *Phyllostachys pubescens* based on thermal analysis BioResources 11(2): 4369-4378.
- 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.