

# 한국산 소나무의 지역에 따른 해부학적 특성<sup>1</sup>

김민지<sup>2</sup> · 서정욱<sup>3</sup> · 김병로<sup>3,†</sup>

## Anatomical Characteristics of Korean Red Pines According to Provinces<sup>1</sup>

Min-Ji Kim<sup>2</sup> · Jeong-Wook Seo<sup>3</sup> · Byung-Ro Kim<sup>3,†</sup>

### 요약

본 연구는 우리나라에서 주요 용재로 사용되고 있는 소나무의 생장지역에 따른 해부학적 특성을 조사하기 위하여 실시하였다. 지역 간 비교를 위해 태백산맥을 기준으로 영동(고성), 영서(홍천), 영남(봉화) 세 지역을 선정하였다. 같은 연도에 형성된 연륜을 사용하기 위해 연륜연대학의 크로스테이팅법으로 별채연도를 분석한 결과, 고성, 홍천 및 봉화 산 목재의 별채연도가 각각 2014, 2012, 2014년으로 나타났다. 분석된 별채연도를 토대로 각 지역에서 채취된 소나무의 미성숙재(수부터 20번째 연륜까지), 심재(연륜 생성연도: 1955~1964y), 변재(연륜 생성연도: 2002~2011y)를 대상으로 가도관 길이와 직경을 측정하였다. 산지 간 가도관 길이는 미성숙재에서는 차이를 보이지 않았으나 심재와 변재부에서는 봉화, 홍천 고성 산 순으로 나타났다. 가도관 직경의 경우도 봉화 산이 높게 나타났다. 가도관 길이의 방사방향변이는 약 20년 전후에 증가하다가 안정되는 경향을 보였다. 현미경을 이용한 목재해부학적 관찰에 따르면 세 지역 모두 전형적인 소나무의 특성을 보였다.

### ABSTRACT

This study was fulfilled to investigate the anatomical characteristics according to provinces. In order to compare anatomical characteristics between provinces we selected Goseong, Hongcheon, and Bonghwa as experimental sites. To use the tree rings formed at the same years we dated all tree rings by cross-dating method used in dendrochronology and the cutting years were successfully dated in 2014, 2012, and 2014 for woods from Goseong, Hongchen, and Bonghwa, respectively. Based on the cutting years tracheid lengths and widths were measured considering juvenile wood (tree rings between the pith and first 10 years), heartwood (tree rings formed between 1955 and 1964), and sapwood (tree rings formed between 2002 and 2011). According to the results about differences between tracheid lengths from three provinces, juvenile wood did not show a difference, statistically, but heartwood and sapwood showed differences as the tracheid lengths following Bonghwa, Hongcheon, and Goseong. Bonghwa also showed the largest value in the tracheid

<sup>1</sup> Date Received September 25, 2017, Date Accepted January 10, 2018

<sup>2</sup> 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Products, National Institute of Forest Science, 57 Heogiro, Dongdaemun-gu, Seoul 02455, Republic of Korea

<sup>3</sup> 충북대학교 농업생명과학대학 목재·종이과학과. Department of Wood & Paper Science, College of Agriculture, Life, and Environment Science, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Republic of Korea.

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 김병로(email: brkim@cbnu.ac.kr, ORCID: 0000-0001-5800-2058)

width among three provinces. The tracheid lengths in the radial direction increased up to around the first 20 years, and then they showed stabilized. All wood samples showed typical Korean red pine's characteristics in anatomical observation under a light microscope.

**Keywords :** Korean red pine, tree-ring analysis, tracheid length and width, anatomical characteristic

## 1. 서 론

목재는 인간의 삶을 윤택하게 만드는 주요 재료 중 하나로 우리가 이용하는 생활용구의 재료로 사용되어 지고 있다. 또한 목재는 친환경적인 재료이면서 재생가능하다는 장점을 지니고 있다. 하지만 목재는 생물재료로서 이방적 성질과 목재만이 가지는 독특한 성질을 가지고 있으므로, 이용하기에 앞서 기초적인 특성조사가 필요하다.

우리나라의 소나무는 대부분 통직한 수간과 높은 비강도를 가지며 송진의 분비로 비교적 높은 내후성을 지니고 있다. 소나무의 이러한 특성으로 예로부터 궁궐, 절, 한옥, 가구, 선박 등에 이용되어 온 우리민족의 대표적 수종이다. 우리나라 건축물에 사용된 목재의 변천을 참고하면 고려시대 71%, 조선 전, 중기 때 73%, 조선 후기 88%에 이르는 소나무의 이용을 알 수 있으며(Lee *et al.*, 2007), 건축용재료의 큰 역할을 해왔다는 것을 알 수 있다. 또한 소나무는 과거 뿐만 아니라 현재에도 목조 문화재 수리, 한옥, 주택 건설, 가구제작 등 주요 목재용재로 사용되고 있다(Kim, 2017). 국내 소나무를 다루는 여러 대목장들과 관계자들은 지역에 따라 소나무가 품질차이를 보인다고 설명하고 있다. 이에 목재의 이용에 대한 문화재수리용 목재의 현장관리 기준 및 공급체계 개선 연구에서 설문조사를 실시하였는데(Han *et al.*, 2015) 지역에 따라 소나무의 품질에 차이가 있는가에 대한 질문에 102명 중 72명이 그렇다는 답변으로 전체 중 72.9%를 차지하는 결과를 보였다. 그러나 이용자들은 한 지역에 국한되지 않고 안면도 소나무와 영동지방의 소나무가 우수하다는 등 개인적인 의견들이 상이하였다.

본 연구는 소나무의 생장 지역에 따른 해부학적 특성을 연구하는 것에 목적을 두었다. 본 연구의 조

사 지역은 태백산맥을 기준으로 영동(고성), 영서(홍천), 영남(봉화) 세 지역으로 하였다. 이들 세 지역 간의 해부학적 특성을 조사하기 위해 같은 연도의 부재를 이용하였고, 연도 측정에는 연륜연대측정법을 사용하였다. 본 연구의 결과는 소나무의 지역에 따른 해부학적 차이를 알 수 있는 기초자료가 될 것이다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

본 연구의 재료는 산림조합 동해목재유통센터에서 보유하고 있던 영동(고성, Goseong), 영서(홍천, Hongcheon), 영남(봉화, Bonghwa)지역의 소나무를 2015년에 불하 받아 연구대상으로 하였다. 불하 시 두께 약 20 cm의 디스크상태였으며 이들의 수령, 흉고직경, 평균연륜폭 및 만재율은 Table 1과 같다.

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. 벌채연도 분석

같은 시기(연대)의 부재를 사용하기 위해 벌채연도 추정에는 연륜연대측정법을 사용하였다. 각 지역 디스크의 횡단면을 사포로 연마한 후 명확해진 연륜 경계를 연륜폭 측정기를 이용해 연륜폭 측정하여 연륜폭 그래프를 작성하였다. 작성된 연륜연대기의 각 연륜에 정확한 생육연도를 부여하기 위하여 시료 채취 지역 인근에서 이미 작성된 지역 대표 연대기(충북대학교 목재연륜소재은행 소장)와 크로스 데이팅(Cross dating)을 실시하였다. 크로스 데이팅의 정확도를 통계적으로 확인하기 위하여 상관계수( $r$  (식 1)),  $t$  값(식 2),  $G$  값 등의 통계 값을 참고하였다. 그 식

**Table 1.** Information on experimental samples

Province	No. of Tree rings	Diameter (mm)	Average ring widths (mm)	Latewood proportion (%)
Goseong (G)	85	480	3.1	22.87
Hongcheon (H)	82	420	2.6	20.19
Bonghwa (B)	76	460	3.1	18.57

과 의미는 다음과 같다.

$$r = \frac{\sum (S_i - \bar{S}) * (R_i - \bar{R})}{\sqrt{\sum (S_i - \bar{S})^2 * (R_i - \bar{R})^2}} \quad (\text{식 1})$$

(S<sub>i</sub>: 표본의 i번째 연륜폭,  $\bar{S}$ : 표본의 평균 연륜폭, R<sub>i</sub>: 비교샘플의 i번째 연륜폭,  $\bar{R}$ : 비교샘플의 평균 연륜폭)

$$t = \frac{r * \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (\text{식 2})$$

(r: 상관계수, n: 비교결과 겹치는 년 수)

TVBP (Baillie-Pilcher T-Value): 아일랜드의 Baillie 박사와 Pilcher 박사가 고안한 t 값으로 각 연륜폭을 5년 이동평균으로 표준화 한 후 t 값을 계산하는 것으로, 이것은 개체 내에서 유령기와 성숙기에서의 절대 연륜폭 차이를 줄여주려는 목적으로 개발되었다.

G 값(Gleichlaufigkeit): 부호일치도로 두 연륜폭 시리즈간 sign test 값이다(Tsap manual).

## 2.2.2. 해부학적 특성 조사

### 2.2.2.1. 목재시편 3단면 관찰

각 지역별 나무의 3단면을 관찰하기 위해 횡단면, 접선단면 및 방사단면으로 구분하여 약 10 × 10 × 10 mm<sup>3</sup>의 시편을 제작하여 글리세린과 증류수를 1 : 3~4 비로 만든 용액을 넣고 히팅멘틀로 연화한 후 활주식 마이크로톰(sliding microtome)을 이용하여 20~40 μm 두께의 절편을 제작하였다. 제작된 절편을 1% safranin 용액으로 염색한 후 알코올시리즈(30, 60, 90, 99.7%)로 탈수하였다. 염색이 완료된 절편을 영구프레파라트로 제작하였으며, 이를 광학현

미경(M30/M20, OLYMPUS, JAPAN)을 이용하여 관찰하였다.

### 2.2.2.2. 가도관 길이 및 직경 측정

각 지역 나무에 대하여 가도관의 길이 및 직경을 연륜별 조재와 만재로 나누어 채취한 후 제조된 슬츠액으로 처리한 후 섬유를 해리한 후, 임시프레파라트를 제작하여 Measuring microscope (STM5-UM)으로 프레파라트상에서 직접 길이 및 직경을 측정하였다. 측정 부위는 미성숙재, 심재, 변재로 나누어 측정했으며, 미성숙재부위는 수로부터~10 yr, 심재와 변재부위는 연륜연대법에 의해 별채연도를 분석한 결과로부터 심재부위는 1955년~1964년(10 yr), 변재부위는 2002년~2011년(10 yr)범위의 같은 연도 연륜을 조, 만재로 나누어 각각 50개씩 관찰, 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 별채연도 분석

Table 2는 고성, 홍천 및 봉화 세 개 산지의 별채연도를 분석한 것으로 비교결과 고성, 홍천, 봉화 세 지역의 G 값은 66%, 77%, 61%로 분석 되었으며, t값(TVBP)은 각각 5.3, 3.5, 5.0로 분석되었다. 연대기는 서로 간 t 값이 3.5 이상, G 값이 65 이상일 때 99.9%의 유의성이 있다고 하였는데(Kim, 2003), 각 산지별 높은 유의성이 나타나지만 봉화의 경우 G 값이 61%에 그쳤지만 Key-year가 일치하는 부분이 있어 별채연도를 추정할 수 있었다. 산지별 연륜연대기와 지역대표 연륜연대기를 그래프로 비교한 결과에서도 연도가 고성 2014년, 홍천 2012년, 봉화 2014년으로 확인되었다.

**Table 2.** Information on cross-dating

Province	Local master chronology	G*	TVBP**	Cutting year
Goseong	Sobaeksan	66	5.3	2014
Hongcheon	Jewangsan	77	3.5	2012
Bonghwa	Jewangsan	61	5.0	2014

\*G : Gleichlaufigkeit (%), \*\*TVBP : Baillie-Pilcher T-Value.

### 3.2. 해부학적 특성

#### 3.2.1. 심재의 3단면 관찰

Fig. 1은 각 지역 심재의 3단면을 관찰한 것으로 횡단면에서는 수직수지구, 가도관, 연륜경계, 조·만재를 관찰하였다. 방사단면에서는 방사조직, 방사가도관, 유연벽공, 축방향 가도관, 교분야벽공인 창상벽공, 거치상비후를 관찰하였다. 접선단면에서는 수평수지구, 방추형방사조직, 단열방사조직을 관찰하였다. 심·변재별로 3단면을 관찰한 결과 소나무의 공통적인 해부학적 특성을 관찰하였으며 각 산지 간 특별한 차이점이 없는 것으로 조사되었다.

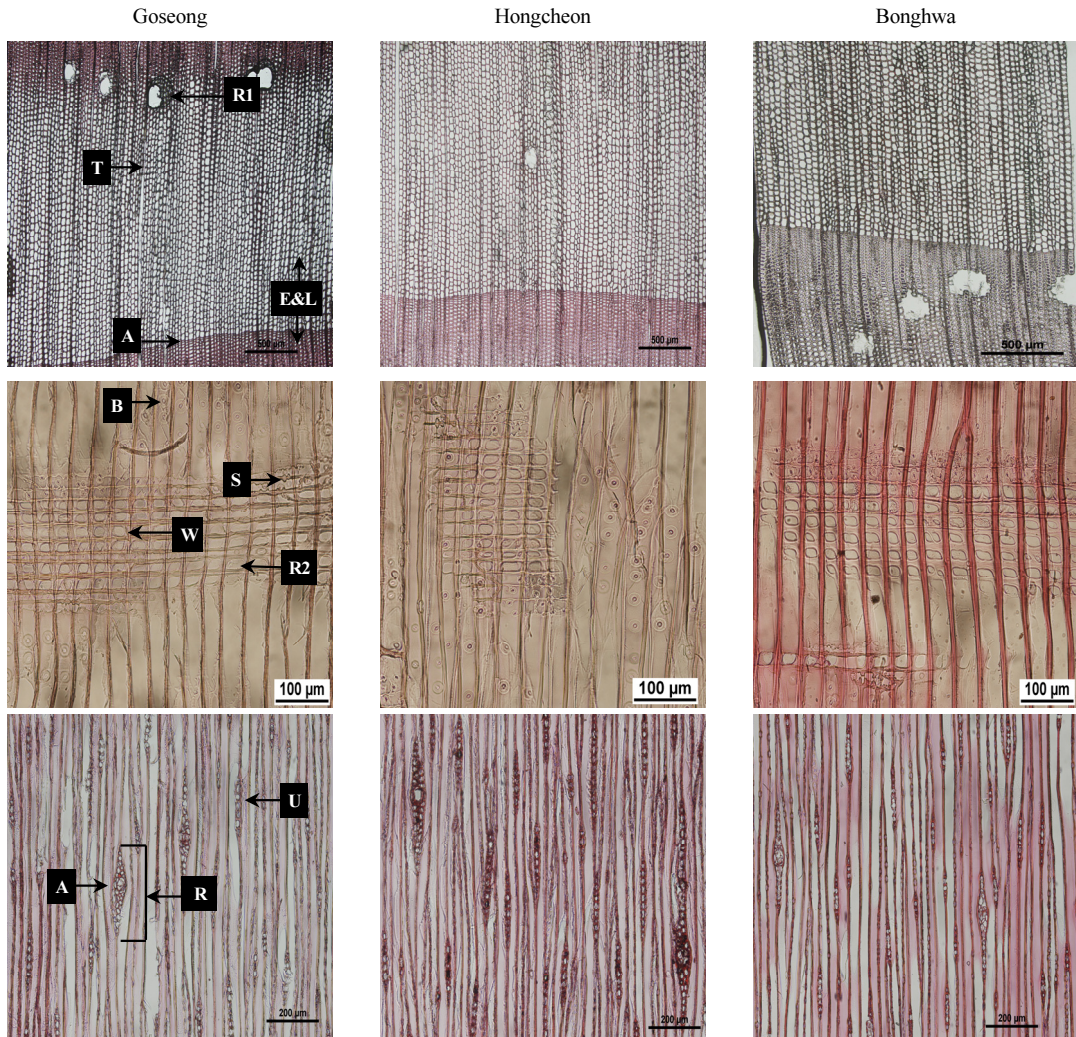
#### 3.2.2. 가도관 길이 및 직경 측정

Table 3은 고성, 홍천, 봉화산지 소나무의 미성숙재, 심재, 변재부의 가도관 길이를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 미성숙재부위는 수로부터~10연륜, 심재부위는 1955년~1964년, 변재부위는 2002년~2011년 범위의 같은 연도의 부재를 이용하였고, 그 결과 미성숙재 조재부의 길이는 고성산이 1.81 mm, 홍천산이 1.87 mm, 봉화산이 2.11 mm, 만재부의 경우는 고성산이 1.80 mm, 홍천산이 1.99 mm, 봉화산이 1.91 mm로 측정되었다. 심재의 조재부는 고성산이 2.55 mm, 홍천산이 3.07 mm, 봉화산이 3.35 mm, 만재부의 경우 고성산이 2.66 mm, 홍천산이 3.36 mm, 봉화산이 3.51 mm로 측정되었다. 변재의 조재부는 고성산이 3.28 mm, 홍천산이 3.42 mm, 봉화산이 4.07 mm, 만재부는 고성산이 3.15 mm, 홍천산이 3.72 mm, 봉화산이 3.81 mm로 측정되었다. Fig. 2는 이들 산지간의 가도관 길이 차이 유무를 알기 위해 던컨테스트로 통계처리를 한 것이다. 던컨테스트를 실시한 결과 미성숙재에서는 산지 간 차이가 없는

것으로 나타났으나 심재부에서는 조재, 만재 모두 홍천과 봉화가 높은 값을 나타냈으며, 변재부에서는 홍천의 만재, 봉화의 조·만재가 높은 값을 나타냈다. 가도관 길이는 전반적으로 봉화산, 홍천산, 고성산 순으로 나타났다.

Table 4는 고성, 홍천, 봉화산지 소나무의 미성숙재, 심재, 변재부의 가도관 직경을 나타낸 것이다. 미성숙재의 조재부는 고성산이 31.1  $\mu\text{m}$ , 홍천산이 23.8  $\mu\text{m}$ , 봉화산이 28.1  $\mu\text{m}$ , 만재부의 경우 고성산이 24.6  $\mu\text{m}$ , 홍천산이 18.8  $\mu\text{m}$ , 봉화산이 26.8  $\mu\text{m}$ 로 측정되었다. 심재의 조재부는 고성산이 41.6  $\mu\text{m}$ , 홍천산이 45.5  $\mu\text{m}$ , 봉화산이 48.7  $\mu\text{m}$ , 만재부는 고성산이 31.6  $\mu\text{m}$ , 홍천산이 20.6  $\mu\text{m}$ , 봉화산이 40.8  $\mu\text{m}$  측정되었다. 변재의 조재부는 고성산이 32.5  $\mu\text{m}$ , 홍천산이 44.5  $\mu\text{m}$ , 봉화산이 52.1  $\mu\text{m}$ , 만재부는 고성산이 27.9  $\mu\text{m}$ , 홍천산이 23.3  $\mu\text{m}$ , 봉화산이 44.5  $\mu\text{m}$ 로 측정되었다. Fig. 3은 이들 산지간의 가도관 직경 차이 유무를 알기 위해 던컨테스트로 통계처리를 한 것이다. 던컨테스트를 실시한 결과 가도관 직경의 경우 미성숙재에서는 고성의 조·만재와 봉화의 만재가 높은 값을 보였고, 심·변재의 조·만재 모두 봉화산이 높은 값을 나타냈다.

Seo *et al.* (2014)와 Seo and Eom (2017)은 울진군 소광리와 태안군 안면도산 소나무의 섬유길이를 측정하였는데, 울진군 소광리와 태안군 안면도 소나무의 조재부 가도관 평균길이는 2.94 mm와 3.50 mm이며, 만재부의 가도관 평균 길이는 각각 3.08 mm, 3.44 mm로 나타났다. Cho (1994)는 소나무 조재부의 길이를 2.7 mm로, 방사방향 직경을 43.2  $\mu\text{m}$ , 만재부는 24.4  $\mu\text{m}$ 로 보고하고 있다. 이들을 본 조사와 비교하면 각 지역에 따라 고성과 홍천산의 세포와는 비슷한 값을 보였고, 봉화산 보다는 짧은 것을 알 수



**Fig. 1.** Transverse thin sections from heart- and sapwood from each province.

(A: annual ring boundary, B: bordered pit, E&L : early- and latewood, F: fusiform ray, R1: resin canal, R2: ray tracheid, S: serratus thickening, T: tracheid, U: uniseriate ray, W: window-like pit).

있었다. Jo *et al.* (1982)은 소나무속 재질에 관한 시험에서 경기산 40년생 소나무 가도관장이 2.65 mm, 강원산 35년생 강송이 2.52 mm로 본 조사보다는 짧은 것으로 나타났다. Park *et al.* (2006)은 26년생 소나무 우량 가계별 기초재질 변이에서 가계별에서 가도관장이 2.29 - 2.79 mm 범위로 보고하였다. 소나무의 생장은 지형, 표고, 토심과 큰 상관성이 있으며 그중에서도 지형이 가장 중요하다고 하였고, 또한 소

나무는 산자락이 산중턱 이상의 지역보다 생장이 양호하다고도 하였다(Jeon, 1993). 우리나라의 주요 목재자원인 소나무의 산지에 따른 재질차이의 유무를 알기 위해서는 본 해부학적 특성의 경우는 지역과 각 지역의 샘플 수를 늘릴 필요가 있고, 또한 물리적 역학적 및 화학적 특성 조사 등 앞으로 다각적인 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

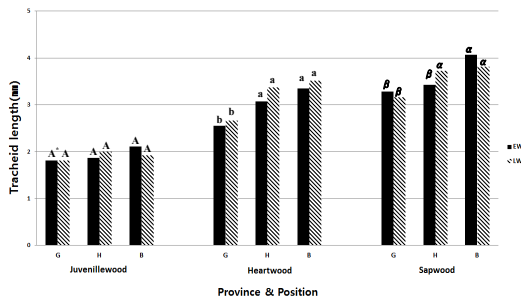
Fig. 4는 봉화산 지역의 가도관 길이의 수로부터

**Table 3.** Characteristic of tracheid length on each province

		Position	Earlywood	Latewood
Goseong	Juvenilewood		1.81 ± 0.3	1.80 ± 0.3
	Heartwood		2.55 ± 0.3	2.66 ± 0.2
	Sapwood		3.28 ± 0.3	3.15 ± 0.5
Hongcheon	Juvenilewood		1.87 ± 0.3	1.99 ± 0.4
	Heartwood		3.07 ± 0.2	3.36 ± 0.2
	Sapwood		3.42 ± 0.2	3.72 ± 0.2
Bonghwa	Juvenilewood		2.11 ± 0.4	1.91 ± 0.2
	Heartwood		3.35 ± 0.3	3.51 ± 0.3
	Sapwood		4.07 ± 0.2	3.81 ± 0.2

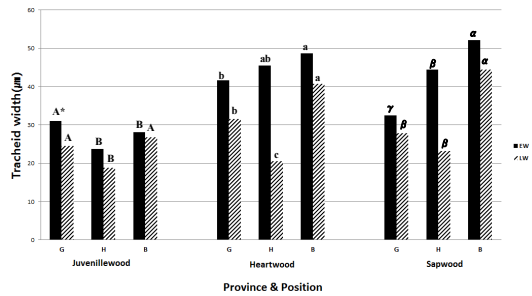
**Table 4.** Characteristic of tracheid width on each province

		Position	Earlywood	Latewood
Goseong	Juvenilewood		31.1 ± 5	24.6 ± 3
	Heartwood		41.6 ± 7	31.6 ± 12
	Sapwood		32.5 ± 10	27.9 ± 5
Hongcheon	Juvenilewood		23.8 ± 5	18.8 ± 3
	Heartwood		45.5 ± 3	20.6 ± 3
	Sapwood		44.5 ± 3	23.3 ± 2
Bonghwa	Juvenilewood		28.1 ± 3	26.8 ± 2
	Heartwood		48.7 ± 5	40.8 ± 2
	Sapwood		52.1 ± 3	44.5 ± 3



**Fig. 2.** Earlywood and latewood of tracheid length on each province.

\*Duncan's, significance level : 0.05, ± : standard deviation. Juvenilewood = capital letter, heartwood = small letter, sapwood = greek. (G: Goseong, H: Hongcheon, B: Bonghwa)



**Fig. 3.** Earlywood and latewood of tracheid width on each province.

\*Duncan's, significance level : 0.05, ± : standard deviation. Juvenilewood = capital letter, heartwood = small letter, sapwood = greek. (G: Goseong, H: Hongcheon, B: Bonghwa)

수피까지의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 가도관 길이의 방사방향 변이는 전형적인 패턴으로 약 20년

전후로 미성숙재 부위에서는 길이가 증가하다가 성숙재 부위에서 안정되는 경향을 나타냈다. 고성산과



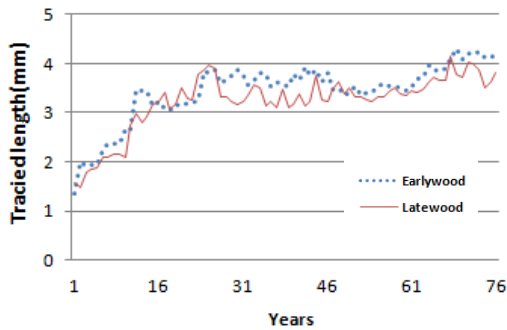


Fig. 4. Variation of tracheid length from pith to bark of Bonghwa.

홍천산도 같은 패턴을 나타냈다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 태백산맥을 기준으로 영동(고성), 영서(홍천), 영남(봉화)지역 간 소나무의 재질차이의 유무를 알기 위해 해부학적 특성을 조사하였다. 조사 수종의 벌채연도는 고성이 2014년, 홍천이 2012년, 봉화가 2014년으로 분석되었다. 산지 간 가도관 길이는 미성숙재에서는 차이를 보이지 않았으나 심재와 변재부에서는 봉화산 홍천산 고성산 순으로 나타났다. 가도관 직경의 경우도 봉화산이 높게 나타났다. 가도관의 방사방향변이는 20년 전후 미성숙재 부위까지는 길이가 증가하다가 성숙재 부위에서 안정되는 전형적인 패턴을 보였다. 지역에 따라 차이를 보인 가도관의 길이 및 직경의 크기는 물리적, 역학적 특성에 영향을 줄 것으로 예상되므로 추후 조사가 필요할 것으로 판단된다.

#### REFERENCES

Han, G.S. 2015. Study on improvement site management system and supply system of timber for re-

pairing culture properties. Cultural Heritage Administration, Daejeon Korea.

Jeon, Y.W. 1999. Korean pine and our culture, Su Moon Press, Seoul Korea.

Jo, J.M., Kang, S.G., Ahn, J.M., Lee, C.H., JO, N.S., Shim, C.S., Jung, H.S. 1982. On the properties of genus *Pinus* grown in Korea. Journal of the Korean Wood Science and Technology 10(3): 96-108.

Jo, J.M. 1994. Properties and use of Korea major wood. Woot Go Press, Seoul Korea.

Kim, M.J. 2017. Wood quality characteristics of Korean red pines according to provinces. Master Thesis, Chungbuk University, Korea.

Kim, Y.J. 2003. Dating of the 17th-century Korean buildings using tree rings of *Pinus densiflora* S. et Z. Master Thesis, Chungbuk University, Korea.

Park, B.S., Park, J.H., Han, S.U. 2006. Variation of material properties of Korean red pine of superior families. Journal of the Korean Forest Energy 25(2): 9-15.

Park, W.K., Lee, K.H. 2007. Changes in the species of woods used for Korean ancient and historic architectures, Korean Association of Architectural History 50(1): 9-28.

Seo, J.W., Eom, C.D., Park, S.Y. 2014. Study on the variations of inter-annual tracheid length for Korean red pine from Sokwang-ri in Uljin. Journal of the Korean Wood Science and Technology 42(6): 646-652.

Seo, J.W., Eom, C.D. 2017. Comparisons of Korean red pine tracheid lengths collected from Anmyeondo and Sokwang-ri. Journal of the Korean TAPPI 49(1): 18-24.