

# 잣나무재와 일본잎갈나무재의 방사방향 방사조직 밀도 및 연륜 내 복열방사조직 출현 빈도수 변이\*1

김 남 훈\*2†

## Radial Variations of Ray Spacing and Intra-annual Variation of Biseriate Ray Frequency in *Pinus koraiensis* and *Larix kaempferi* Woods Grown in Korea\*1

Nam-Hun Kim\*2†

### 요 약

주요 국산 수종인 잣나무재와 일본잎갈나무재의 횡단면상 방사조직 밀도 및 접선단면상 복열방사조직 출현 빈도수에 대한 변이성을 조사하였다. 방사조직의 밀도는 잣나무재 4.6개/mm, 일본잎갈나무재 9.0개/mm로 일본잎갈나무재의 방사조직 밀도가 더 높게 나타났다. 또한, 방사조직 밀도는 수 부근에서 높았고, 수피 쪽으로 이행함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 한 연륜 내에서의 복열방사조직 출현 빈도수는 일본잎갈나무재가 잣나무재보다 높았다. 잣나무재의 복열방사조직은 복열의 수가 1세포고인 것(B+1)이, 일본잎갈나무재는 2세포고인 것(B+2)이 가장 많았다. 일반적으로 복열방사조직의 출현 빈도수는 조재부가 만재부보다 높았는데 일본잎갈나무재의 경우 복열의 수가 6~7세포고에 달하는 것(B+6~B+7)도 있었다. 본 연구 결과, 방사조직 밀도의 변이성은 성숙재와 미성숙재를 구분하는 기초 자료로뿐만 아니라 방사조직의 출현 빈도와 함께 두 수종을 식별하는 자료로도 활용될 수 있을 것으로 생각되었다.

### ABSTRACT

Radial variations of ray spacing and frequency of biseriate ray were examined in the woods of most commercially important Korean softwood species of *Pinus koraiensis* and *Larix kaempferi*. Ray spacing, or ray number per mm in cross section, averaged 4.6 and 9.0 in *Pinus koraiensis* and *Larix kaempferi*, respectively. Thus, rays of *Larix kaempferi* appeared to be more closely arranged

\* 1 접수 2009년 4월 19일, 채택 2009년 8월 25일

\* 2 강원대학교 산림환경과학대학, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

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

than those of *Pinus koraiensis*. Ray spacing was the densest around pith, and then slowly decreased toward bark. In tangential section, biseriate ray frequency of *Larix kaempferi* was higher than that of *Pinus koraiensis*. Biseriate ray was designated, based on the number of cells of biseriate portion in vertical extent, as the type of B+1 (one cell high), B+2 (two cells high), and so on. The dominated type was B+1 in *Pinus koraiensis* but B+2 in *Larix kaempferi*. The biseriate ray types of B+3, B+4, and B+5 were occasionally found in earlywood. Interestingly, even B+6 and B+7 types were observed in *Larix kaempferi*. In conclusion, it was considered that ray spacing could be used for separating juvenile wood from adult wood. Also, characteristics of ray spacing and biseriate ray might be used for identifying these two species.

**Keywords:** biseriate ray, ray spacing, variation, *Larix kaempferi*, *Pinus koraiensis*

## 1. 서 론

목재의 수간 내에서 미성숙재와 성숙재를 구분하는 지표로서 가도관 및 목섬유의 치수, 마이크로피브릴 경각 등이 일반적으로 널리 이용되고 있다 (Panshin & Zeuww, 1980; 박 등, 1987). 그러나 현재까지 이런 지표로 이용하기 위한 방사조직의 변이성에 관한 연구는 비교적 많지 않다 (Giraud, 1977; Fujiwara & Nakayama, 1978; 島地 등, 1985; Lev-Yadun, 1998).

최근, 저자(김, 2009)는 잣나무재와 일본잎갈나무재의 방사조직의 연륜 내 및 축방향의 변이성에 대하여 보고하였다. 이 논문에서 저자는 단일방사조직의 높이와 수를 측정하여 수종 간 차이, 조만재별 차이, 수고별 차이에 대하여 보고하였다. 또한 저자 등 (Kim *et al.*, 2009)은 방사조직의 방사방향 변이성 조사를 통해 단일방사조직과 방추형방사조직의 높이와 수가 성숙재와 미성숙재를 구분할 수 있는 지표로 사용될 수 있음을 시사하였다.

한편, 침엽수재는 주로 단일방사조직만을 지니지만 Gray (1973)는 redwood (*Sequoia sempervirens*)에서 다열방사조직의 출현을 보고한 바 있다. 또한 Kucera와 Bosshard (1975)는 fir (*Abies alba*)에서, Panshin과 Zeuww (1980)는 redwood에서 복열방사조직의 출현을 보고하였다.

본 논문에서는 최근 국내에서 생산량과 활용도가 높은 국내산 주요 침엽수재인 잣나무와 일본잎갈나

무재의 효율적인 이용을 위한 기초연구로써 이들 목재의 방사방향 방사조직 밀도 및 한 연륜 내에서의 복열방사조직 출현 빈도수 변이성에 대하여 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시목 및 시험편 제작

본 시험에 사용된 공시목과 시험편 및 영구 슬라이드 제작 방법은 전보(김, 2009)와 같다.

### 2.2. 측정방법

#### 2.2.1. 방사조직 밀도 측정

방사조직 밀도(개/mm)는 횡단면의 각 연륜에서 접선방향으로 단위 길이(1 mm)당 존재하는 방사조직의 수로써, 조·만재별로 각 10회씩 총 4,740회를 측정하여 나타냈다.

#### 2.2.2. 복열방사조직의 출현 빈도수 측정

Kucera 등(1975)이 사용한 방법과 같은 형식으로 단위 면적(4 mm<sup>2</sup>)당 존재하는 복열방사조직의 수를 측정함과 아울러 복열 부분의 세포고에 따라 B+1, B+2, B+3, B+4, B+5, B+6, B+7의 형태로 구분하여 조사하였다.

Table 1. Ray spacing in the cross section of sample woods

Sample tree	Earlywood/ Latewood	Number of measurements	Range	Mean	S. D.*	C. V.* (%)
<i>Pinus koraiensis</i>	Earlywood	980	0~10	4.35 ± 0.053	1.56	35.86
	Latewood	980	1~10	4.80 ± 0.088	2.77	57.71
	Total	1,960	0~10	4.58 ± 0.057	2.51	54.80
<i>Larix kaempferi</i>	Earlywood	1,390	3~14	7.86 ± 0.043	1.60	21.74
	Latewood	1,390	4~15	8.54 ± 0.046	1.72	20.14
	Total	2,780	3~15	8.20 ± 0.032	1.67	21.01

\* S.D. : standard deviation, C.V. : coefficient of variation

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 방사조직 밀도

##### 3.1.1. 방사조직 밀도의 출현 빈도수

목재의 횡단면에서 각 연륜의 조재와 만재의 접선 방향으로 1 mm 내에 존재하는 방사조직의 수를 측정한 방사조직의 밀도(ray spacing)의 결과는 Table 1과 같다.

방사조직 밀도는 잣나무재가 0~10개/mm (평균 4.6개/mm), 그리고 일본잎갈나무재가 3~15개/mm (평균 8.0개/mm)로써 잣나무재보다는 일본잎갈나무재의 방사조직이 더 밀하게 배열되어 있음을 알 수 있었다.

조재부와 만재부로 구분하여 보면 잣나무재에 있어서는 조재부가 평균 4.4개/mm, 만재부가 평균 4.8개/mm인 반면 일본잎갈나무재에 있어서는 조재부가 평균 7.9개/mm, 만재부가 평균 8.5개/mm로써 만재부의 방사조직 밀도가 다소 더 컸으나 통계적으로 유의성이 인정되지 않았다.

Panshin과 Zuuew (1980)은 북미산 침엽수 목재의 접선단면에서 측정한 방사조직 밀도가 1 mm당 6~9개 정도라고 보고하였는데, 본 연구의 일본잎갈나무재의 결과와 비슷하나 잣나무보다는 다소 더 높았다.

##### 3.1.2. 방사조직 밀도의 수평방향 변이성

잣나무재와 일본잎갈나무재 수간의 흉고부위에서 측정한 목재 방사조직 밀도의 수평방향 변이성 결과는 Fig. 1과 같다.

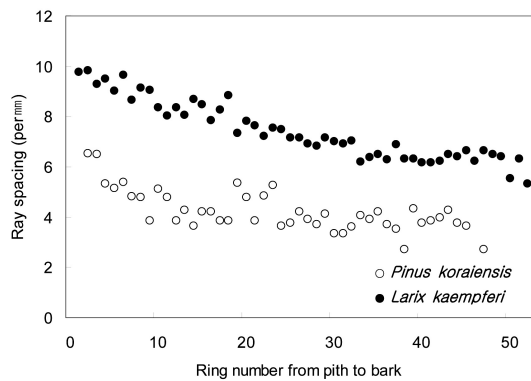


Fig. 1. Radial variation of ray spacing in *Pinus koraiensis* and *Larix kaempferi*.

방사조직 밀도는 두 공시 수종 모두에 있어 수에 가까운 부위의 것이 가장 컸고 수피방향으로 연륜이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 특히, 잣나무의 경우 수에서부터 일정 연륜까지는 점차 감소되다가 그 후에는 연륜이 증가하여도 거의 일정한 경향을 나타내었다. 즉, 방사조직 밀도가 점차 감소되는 영역과 안정되어 있는 영역으로 구분될 수 있었는데, 그 경계가 되는 곳은 수로부터 12~15번째 연륜 부분이었다.

횡단면에서의 방사조직을 세포 발생학적인 면에서 보면 수와 연결되어 있는 것을 1차방사조직 그리고 형성층의 활동에 의해 2차목부의 형성 후 발생된 것으로 수에 연결되어 있지 않는 것을 2차 방사조직이라 한다. 본 연구에서 방사조직의 밀도는 수에 가까운 유령급에서 높게 나타나고 있는데, 그 원인은 수목의 유령 시 활발한 성장활동 때문에 많은 양분의

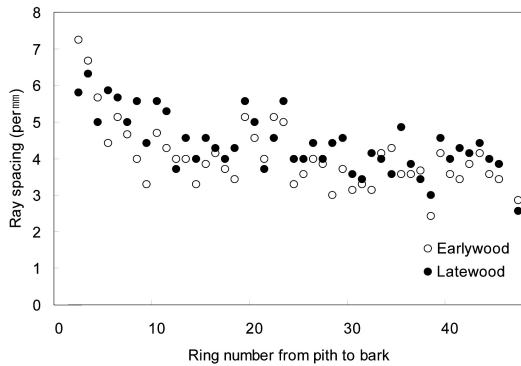


Fig. 2. Radial variation of ray spacing in *Pinus koraiensis*.

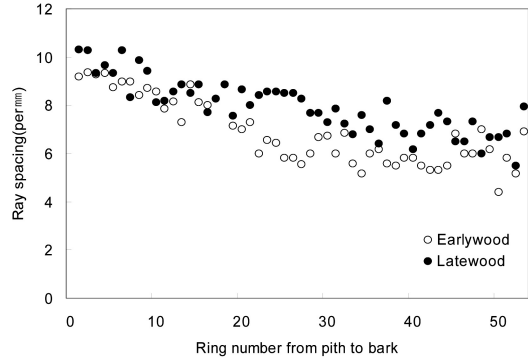


Fig. 3. Radial variation of ray spacing in *Larix kaempferi*.

배분이 생리적으로 필요하게 되었던 때문으로 생각 된다.

방사조직 밀도의 수평방향 변이성을 조·만재부로 구분하여 정리한 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

조재부와 만재부 모두 수 부근에서 크며 수피방향으로 이행함에 따라 점차 감소되고 있다. 잣나무의 경우 조재부와 만재부 간에는 방사조직 밀도의 차이가 거의 없었으며, 일본잎갈나무재의 경우 수 부근에서는 거의 차이가 없으나 수피방향으로 이행함에 따라 만재부가 조재부보다도 다소 높게 나타났으나 통계적으로 유의성이 인정되지 않았다.

### 3.2. 복열방사조직

#### 3.2.1. 복열방사조직의 출현 빈도수

침엽수 목재의 접선단면상에 출현하는 방사조직은

대체로 1열로 배열되는 단일방사조직이 대부분이지만 수중에 따라서는 국부적으로 2열로 배열되는 복열방사조직의 출현도 보고되어 있다(Kucera & Boss-hard, 1975; Gray, 1978; Panshin & Zeuww, 1980).

본 연구의 공시재료인 잣나무재와 일본잎갈나무재의 접선단면상 4 mm<sup>2</sup> 내에 존재하는 복열방사조직의 수를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

두 공시 수종 모두에서 복열방사조직의 존재가 확인되었는데, 일본잎갈나무재가 잣나무재에 비해 3배 정도나 많은 복열방사조직을 지니고 있었다. 잣나무재의 경우 복열 부분의 높이가 1세포고(B+1)인 것이 60% 정도로 가장 많았으나 일본잎갈나무재에서는 2세포고(B+2)인 것이 약 32%로 가장 많았다. 특히, 일본잎갈나무재에서는 복열 부분의 높이가 6세포고(B+6) 또는 7세포고(B+7)에 달하는 것도 상당수 관찰되었다. 한편 복열방사조직의 출현 빈도수는

Table 2. Frequency of biseriata ray by its type in 4 mm<sup>2</sup> of tangential section

Sample tree	Earlywood/ Latewood	Number of measurements	Presence of biseriata rays							Total
			B+1	B+2	B+3	B+4	B+5	B+6	B+7	
<i>Pinus koraiensis</i>	Earlywood	60	56	28	10		1			95
	Latewood	56	38	11	7	3	1			60
	Total	116	94	39	17	3	2			155
<i>Larix kaempferi</i>	Earlywood	66	58	62	36	13	14	9		192
	Latewood	62	38	50	28	14	15	9	2	156
	Total	128	96	112	64	27	29	18	2	348

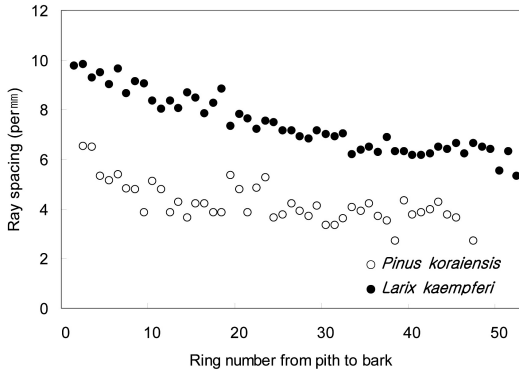


Fig. 4. Variation of biseriate ray frequency within a growth ring of *Pinus koraiensis* and *Larix kaempferi*.

잣나무재와 일본잎갈나무재의 두 공시목 모두 조재부에서 높았다. 저자 등은 전보(Kim *et al.*, 2009)에서 두 수종의 단열방사조직 수를 측정하여 보고하였다. 본 논문과 같은 면적인 4 mm<sup>2</sup>당 단열방사조직의 수를 계산하면 잣나무재 104개/4 mm<sup>2</sup>, 일본잎갈나무재 152개/4 mm<sup>2</sup>이고, 복열방사조직은 잣나무재 1.34개/4 mm<sup>2</sup>, 일본잎갈나무재 2.72개/4 mm<sup>2</sup>이다. 즉 4 mm<sup>2</sup>당 단열과 복열의 방사조직 비는 잣나무 104 : 1.34, 일본잎갈나무재 152 : 2.72였다.

Panshin과 Zeeuw (1980)에 의하면 나자식물의 40%가 복열방사조직을 가지고 있고, redwood에도 복열방사조직이 존재한다고 보고하였다. 또한 Gray (1973)는 redwood에서 5열의 다열방사조직의 존재를 확인한 바 있다. Kučera & Bossard (1975)는 전나무에서 복열방사조직의 존재를 보고하였다. 이들은 전나무의 접선단면 1 mm<sup>2</sup>당 단열과 복열방사조직 수의 비를 96 : 4로 보고하였고, 1 mm<sup>2</sup>당 존재하는 복열방사조직의 수는 0~5개이며 형태별로는 B+1과 B+2의 형태가 가장 많다고 하였다. 이는 본 실험의 결과와 비슷하였는데, 특히 잣나무의 결과와 거의 유사했다. 특히, 이들은 나자식물의 41%가 복열방사조직을 가지며 *Taxodiaceae*, *Pinnaceae* 및 *Podocarpaceae*에서 많이 출현하고, *Araucariaceae*에서 가장 적게 출현한다고 보고하였다.

두 공시 수종의 수에서부터 25번째의 1개 연륜을

대상으로 연륜 내에서 조만재별 복열방사조직 수의 변이를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다.

두 공시 수종 모두에서 복열방사조직의 출현 빈도수는 조재부측에서 높게 나타났으며 만재부 측으로 이행해 감에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이처럼 조재부에 복열방사조직이 많은 것은 수목생리학적으로 세포분열과 세포의 성장이 왕성한 조재부 형성기에 보다 많은 영양분이 요구된 때문으로 생각되었다.

## 4. 결 론

우리나라의 주요 목재자원인 잣나무재와 일본잎갈나무재의 효율적 이용을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 방사조직 밀도와 복열방사조직의 변이성을 조사한 결과는 다음과 같다.

횡단면에서의 방사조직 밀도는 잣나무재와 일본잎갈나무재에서 각각 평균 4.6개/mm, 9.0개/mm로 낙엽송재가 더 컸다. 두 공시 수종 모두에 있어 방사조직 밀도는 수 부근에서 가장 컸고, 수피방향으로 이행해 감에 따라 점차 감소하거나, 혹은 감소하다 약 15 연륜 부근에서 안정되는 경향을 나타냈다.

두 수종 모두에서 복열방사조직의 존재가 확인되었는데 일본잎갈나무재가 잣나무재에 비해 3배 정도나 많은 복열방사조직을 지니고 있었다. 잣나무의 경우 복열 부분의 높이가 1세포고(B+1)인 것이 가장 많았으나 일본잎갈나무재에서는 2세포고(B+2)인 것이 가장 많았다. 일본잎갈나무재에서는 6세포고(B+6) 또는 7세포고(B+7)에 달하는 것도 상당수 관찰되었다. 또한 조재부에 복열방사조직이 많이 존재하였다.

결론적으로 방사조직 밀도는 성숙재와 미성숙재를 구분하는 지표로 이용할 수 있으며, 또한 방사조직 밀도와 복열방사조직의 출현상태는 두 수종을 식별하는 자료로도 활용될 수 있을 것으로 생각되었다.

## 사 사

본 연구는 '산림청 산림과학기술개발사업(과제번호: S210809L010110)'의 지원에 의해 수행되었음.

## 참 고 문 헌

1. Fujiwara, S. and Y. Nakayama. 1978. Distribution of rays and total number of ray cells in stem of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don). *Mokuzai Gakkaishi* 24: 841~845.
2. Giraud, B. 1977. Statistical analysis of wood structure variation as related to distance from the pith in *Entandropbragmautile*. *IAWA Bulletin* 4: 71~75.
3. Gray, R. L. 1973. Multiseriate rays in redwood (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.) *IAWA Bulletin* 1: 7~8.
4. Kim, N.-H., S.-M. Kwon, and K.-W. Chun. 2009. Radial variation of rays in two commercial softwoods grown in Korea. *Wood and Fiber Science* 41(2): 138~144.
5. Kucera, L. and H. H. Bosshard. 1975. The presence of biseriate rays in fir. *IAWA Bulletin* 4: 51~56.
6. Lev-Yadun, S. 1998. The relationship between growth-ring width and ray density and ray height in cell number in the earlywood of *Pinus halepensis* and *Pinus pinea*. *IAWA Journal* 19: 131~139.
7. Panshin, A. J. and Carl de Zeeuw. 1980. *Textbook of Wood Technology*, 4th ed. McGraw-Hill, New-York.
8. 김남훈. 2009. 잣나무와 낙엽송재 방사조직의 연륜 내 및 축방향 변이성. *목재공학* 37(1): 65~72.
9. 島地謙, 須藤彰可, 原田浩. 1985. 木材の組織. 森北出版.
10. 박상진, 이원용, 이화형. 1987. *목재조직과 식별*. 향문사.