

춘천지역에서 성장하는 주요 수종의 연륜형성(II)*¹ - 수지구, 타일로시스 및 만재부 형성 -

권성민*² · 김남훈*^{2†}

Annual Ring Formation in Major Wood Species Growing in Chuncheon, Korea(II)*¹ - Formation of Resin canals, Tyloses and Latewood -

Sung Min Kwon*² · Nam Hun Kim*^{2†}

요 약

춘천지역에서 성장하는 주요 침엽수 2수종(소나무, 잣나무)과 활엽수 2수종(신갈나무, 아까시나무)의 성장특성을 규명하기 위하여 연륜형성 과정에서 수지구, 타일로시스 및 만재부 형성시기를 조사하였다. 소나무와 잣나무의 수직수지구는 각각 7월 초·중순경과 5월 초순경에 형성되어 잣나무 수직수지구의 출현이 소나무보다 상당히 빠른 것을 보여주었다. 신갈나무의 도관내 타일로시스는 5월 중순경에, 아까시나무는 5월 하순경에 형성되는 것으로 관찰되었다. 소나무의 만재부 형성기는 8월 중순경, 잣나무는 9월 하순에서 10월 초순경으로 관찰되었다. 신갈나무는 5월 하순경에, 아까시나무는 6월 초·중순경에 조재부 도관의 형성이 완료됨과 동시에 만재부의 도관과 다른 세포들이 형성되기 시작하였다. 따라서 동일 환경조건에서 성장하였더라도 수종에 따라 수지구, 타일로시스 및 만재부 형성 시기는 다르게 나타나는 것이 확인되었다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate on the formation of resin canal, tylosis and latewood of the major species growing in Chuncheon. Two species of softwoods (*Pinus densiflora* and *Pinus koraiensis*) and two species of hardwoods (*Quercus mongolica* and *Robinia pseudoacacia*) were used in this experiment. The resin canals of *P. densiflora* and *P. koraiensis* were formed from the beginning through

*¹ 접수 2005년 6월 23일, 채택 2005년 10월 28일

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

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

the middle of July and in the beginning of May, respectively. It is clear that the resin canal of *P. koraiensis* was formed much earlier than that of *P. densiflora*. The tylosis in vessel of *Q. mongolica* was formed in the middle of May, and the formation in *R. pseudoacacia* was in the end of May. The latewood in *P. densiflora* was formed in the middle of August. The latewood in *P. koraiensis* was formed from the end of September through the beginning of October. While latewood vessels in *Q. mongolica* were formed in the end of May, and those in *R. pseudoacacia* from the beginning of June through the middle of June. Consequently, the period of resin canals, tyloses and latewood formation was different among the sample trees, even though the trees were grown under the same conditions.

Keywords: annual ring formation, resin canal, tylosis, latewood, growth ring

1. 서 론

수지구는 에피델리얼세포로 둘러싸여 이루어진 일종의 간극으로서, 축방향으로 배열된 수직수지구와 방사방향으로 방추형방사조직중에 존재하는 수평수지구로 구분된다. 수직수지구와 수평수지구는 각각 방추형시원세포와 방사조직시원세포에서 유래하는 에피델리얼세포로 둘러싸여있는데 에피델리얼세포들이 분비한 수지가 존재한다(Fahn, 1990; 박 등, 1990).

또한 타일로스시는 활엽수재 도관 내강의 일부나 전부를 폐쇄하고 있으며, 타일로스시의 형성은 침재화가 발생할 때 수분의 감소 또는 외상 등의 원인에 의하여 도관에 인접하고 있는 방사유세포의 내벽에 유세포 원형질체의 팽압에 의해 벽공벽이 파괴되어 도관 내에 스며들어 형성되는 것으로 알려져 있다(Carlquist, 1988; Saitho *et al.*, 1992).

한편 만재율, 만재부 밀도, 연륜폭 등은 목재의 성질에 크게 영향을 준다(George 1991). 기후, 토양조건, 양분상태 등에 따라 위연륜이 형성되기도 하므로 목재의 연륜형성 과정 중 만재부의 형성시기를 명확히 하는 것은 각 수종의 성장특성을 평가하는데 중요한 자료를 제공할 것이다.

수지구와 타일로스시의 형성시기, 존재유무 및 형태, 만재의 형성 등은 목재의 생산과 이용에 있어 중요한 인자로 생각되지만 국내에서는 이에 관련한 연구가 많지 않다. 전보(권과 김, 2005)에서는 국내 주요수종의 연륜형성에 관하여 형성층 활동기간에 대해 보고하였다.

본 논문에서는 수지구, 타일로스시 및 만재부 형성

시기를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재 료

본 실험에서 사용된 공시목은 Table 1과 같으며 각 수종당 1본을 선정하였다. 현재 강원대학교 구내림에서 자생하고 있는 수종들로서 2002년 2월 15일부터 11월 13일까지 약 1주일 간격으로 시험편을 채취하였다.

2.2. 실험방법

공시목의 흉고부위에서 동심원상으로 일정간격을 유지하며 수피부터 수심부로 약 20 mm, 접선방향 10 mm, 섬유방향 30 mm 정도의 시편을 채취하였다. 수집된 시료는 10%의 포르말린에 2~3일간침지(고정)시킨 후 다시 알코올과 글리세린(1:1) 혼합액 중에 2~3주일 정도 침지시켜 microtome으로 절편을 제작하였다. 절편은 safranin액으로 염색하고 alcohol series로 탈수, Canada balsam으로 봉입 후 관찰용 슬라이드를 제작하였다. 형성층은 광학현미경(ZEISS Standard 25), 화상분석기(BMI), Measuring microscope (MM-40)를 이용하여 관찰 및 측정하였다.

2.3. 공시목의 성장환경

2002년 중 춘천의 평균기온, 강수량, 상대습도 및

Table 1. Sample trees

	Species	DBH (cm)	Slope	Locality
Softwood	<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	22	SE 70°	Chuncheon, Kangwon
	<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	20	NE 20°	
Hardwood	<i>Quercus mongolica</i> F.	26	SE 65°	
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	24	NE 58°	

Table 2. Climate of Chuncheon area in 2002

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Average temp. (°C)	-2.8	0.5	7.1	13.2	17.9	21.7	25.2	24.1	19.7	11.0	2.2	-1.0
Precipitation (mm)	62.2	4.6	36.7	143.8	55.6	79.6	214.6	413.2	55.0	70.3	14.3	27.8
Relative humidity (%)	70.2	58.4	53.0	54.0	62.8	64.4	75.2	79.7	75.6	71.0	61.8	71.6
Sunshine duration (hr)	151.2	169.6	180.0	228.1	222.6	227.9	148.2	75.1	156.7	156.1	153.9	137.6
Soil	Granite											
Height above sea level	119 m											
Latitude/longitude	37° 88" N / 127° 72" E											

일조시간, 그리고 토질 및 해발고는 Table 2에 나타내었다.

평균기온은 7월과 8월에 각각 25.2°C와 24.1°C로 가장 높았으며, 강수량도 각각 214.6 mm와 413.2 mm로서 7월과 8월에 가장 많았다. 상대습도 역시 7월과 8월에 높았으나, 일조시간은 4, 5, 6월에 가장 높게 나타났다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수지구의 형성

Fig. 1은 소나무(A, B, C, D)와 잣나무(E, F, G, H)의 형성층부위 횡단면 사진이다. 소나무의 경우에는 7월 15일 채취시료(B)부터 정상 수직수지구의 형성이 관찰되어 7월 초·중순경이 정상수지구의 형성기로 생각되었다. 8월 21일에 채취한 시료(D)의 수지구수는 전년도 연륜에서 관찰한 수지구의 수와 비슷하게 나타났다. 잣나무는 5월 7일에 채취한 시료(F)부터 수직수지구의 형성이 관찰되어 소나무에 비해 그 형성시기가 상당히 빠른 것으로 나타났다. 8월 중

순부터는 수직수지구의 수가 급격히 증가하여 8월 21일에 채취한 시료(H)에서는 전년도 연륜에서 관찰한 수지구 수보다 많은 수의 수지구가 관찰되었다. 신생 연륜의 접선방향 1 mm내 수직수지구 수는 소나무 1.44±0.51 개/mm, 잣나무 6.88±0.99 개/mm로 잣나무가 상당히 많았다. 강 등(1997)은 성숙제부의 수직수지구 수가 잣나무 0.85 개/mm, 일본잎갈나무 1.16 개/mm로 보고하고 있어 본 연구의 잣나무와 큰 차이를 보여주고 있다. Panshin과 De Zeeuw (1980)와 Katsuji (1989)는 수지구가 외부 상처로 인한 균이나 곤충들의 침입을 방어하기 위한 수단으로 수지를 분비한다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 잣나무의 수직수지구수가 크게 나타난 것은 2월부터 채취하기 시작한 sample의 상처로부터 자체치유를 위해 더 많은 수지구, 즉 정상수지구와 같은 형태의 상해수지구가 생성된 것으로 생각되었다. 또한 한과 박(1998)은 잣나무와 소나무의 생장에 영향을 주는 인자를 관찰하여 잣나무가 소나무보다 외부 환경에 민감하다고 보고하고 있다. 이것은 본 실험에서 나타난 sample의 상처로 인한 상해수지구 형성이 소나무보다 잣나무가 상당히 많이 형성된 것을 설명해 주는 자료로 생각된다.

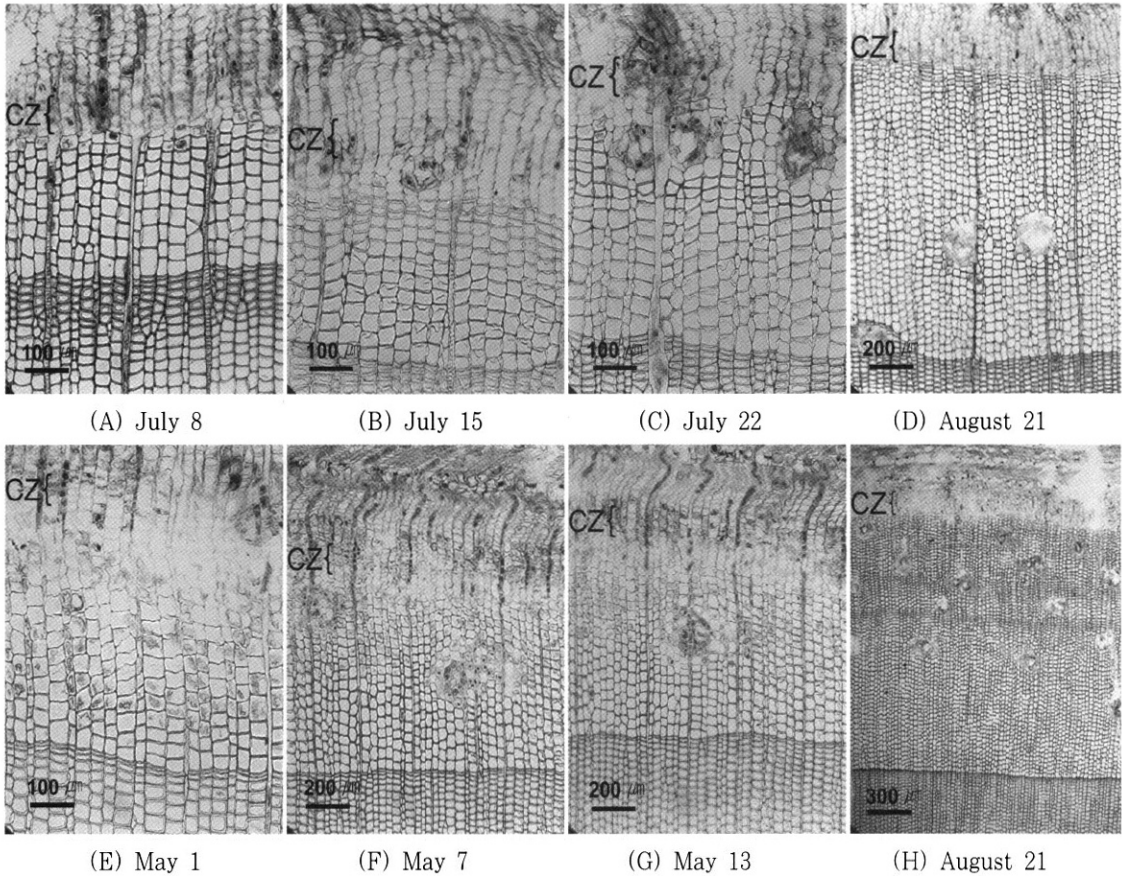


Fig. 1. Optical micrographs of resin canal in *P. densiflora* (A, B, C, D) and *P. koraiensis* (E, F, G, H). *CZ: cambial zone.

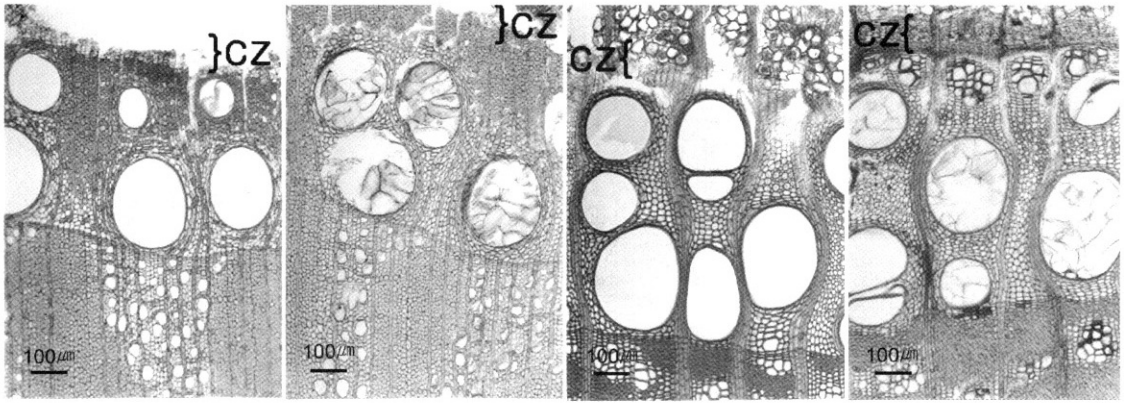
3.2. 타일로스스의 형성

Fig. 2는 5, 6월에 채취한 신갈나무(A, B)와 아까시나무(C, D)의 형성층 및 공관부를 관찰한 횡단면 사진이다. 5월 13일에 채취한 신갈나무의 시료(A)에서는 도관 내에 타일로스스가 존재하지 않았으나, 5월 20일에 채취한 시료(B)에서는 도관 내에 타일로스스가 관찰되었다.

아까시나무의 경우 5월 20일에 채취한 시료(C)에서는 타일로스스가 관찰되지 않았으나 6월 3일에 채취한 시료(D)에서는 타일로스스가 관찰되었다. Panshin과 De Zeeuw (1980), 박 등(1990)은 타일로스스는 일반적으로 변재가 심재로 이행되기 전후에 형성되지만

종종 변재부의 외측에서도 관찰되며 상해부, 저함수율 등의 조건에서도 발생한다고 하였다. 본 실험결과, 신갈나무와 아까시나무에서는 5월 중순 및 하순경에 타일로스스가 형성되는 것이 관찰되어, 연륜 형성이 활발하게 진행되는 시기의 신생부 연륜에서도 타일로스스가 형성되는 것이 밝혀졌다. 이러한 타일로스스의 형성원인이 수중간 특성인지, 시료채취로 인한 외상의 원인인지에 대해서는 금후에서도 검토가 필요할 것이다.

Nobuchi 등(1989)은 아까시나무의 변재부에서 타일로스스가 형성이 되지만 변재부 최외층의 함수율에 따라 다르다고 보고하였다. 즉 타일로스스는 도관의 함수율이 낮을 때 활발하게 형성된다고 보고하였다.



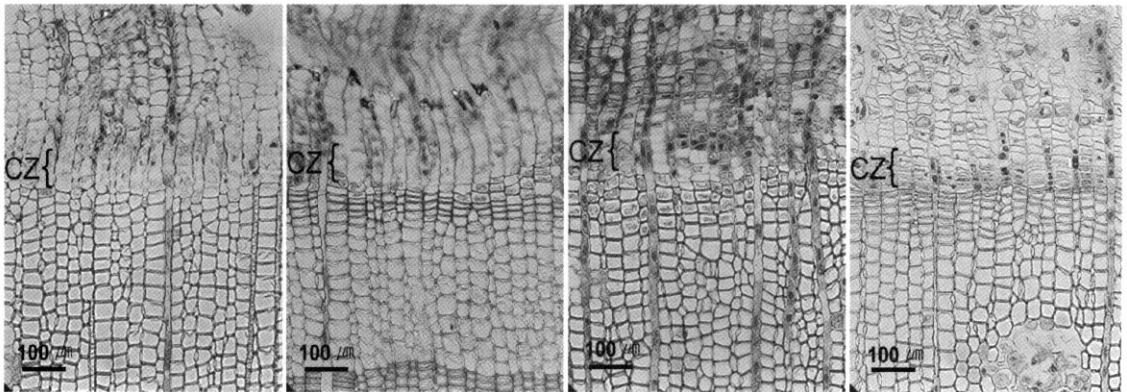
(A) May13

(B) May 20

(C) May 20

(D) June 3

Fig. 2. Optical micrographs of *Q. mongolica* (A, B) and *R. pseudoacacia* (C, D). *CZ: cambial zone.

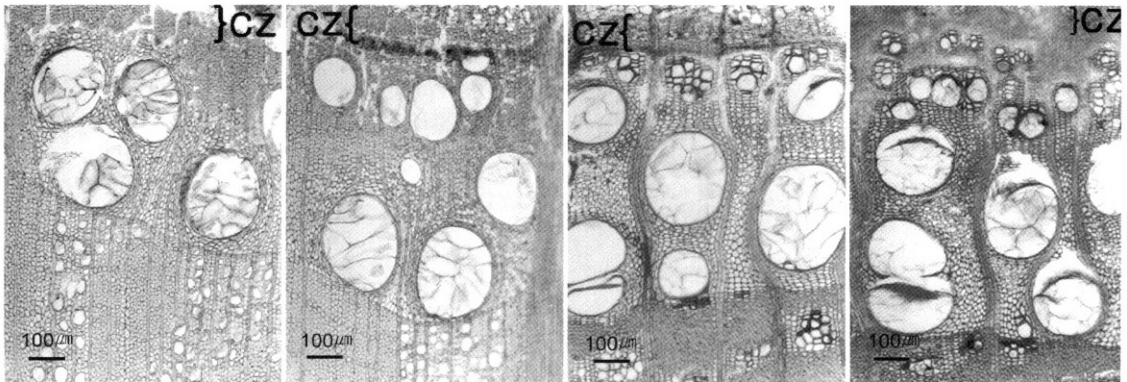


(A) August 14

(B) August 28

(C) September 26

(D) October 11



(E) May 20

(F) May 27

(G) June 3

(H) June 10

Fig. 3. Optical micrographs of cambial zone in *P. densiflora* (A, B), *P. koraiensis* (C, D), *Q. mongolica* (E, F) and *R. pseudoacacia* (G, H). *CZ: cambial zone.

Table 3. Cell formation of four species growing in Chuncheon, 2002

Species	Month											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Pinus densiflora</i>	===	===	==				●	▲			===	===
<i>Pinus koraiensis</i>	===	===	==		●				▲		===	===
<i>Quercus mongolica</i>	===	===	=		□	▲				==	===	===
<i>Robinia pseudoacacia</i>	===	===	=		□	▲				==	===	===

= : Cessation of cambium, ● : Resin canals formation, □ : Tyloses formation, ▲ : Transition from earlywood to latewood,

3.3. 만재 세포의 형성

조·만재의 구분은 세포내강의 방사방향 직경과 접선벽 두께를 기준으로 하는 Mork의 정의에 의해 실시하였다(Denne 1988). Fig. 3은 소나무(A, B), 잣나무(C, D), 신갈나무(E, F) 및 아까시나무(G, H)의 만재부 세포가 형성된 시기에 관찰한 광학현미경 사진을 보여준 것이다.

소나무는 8월 28일에 채취한 시료(B)의 가도관 방사방향 지름이 현저하게 감소되고, 가도관 연륜계가 가까울수록 납작해지는 만재부 세포가 관찰되었다. 따라서 8월 중순경이 소나무의 만재부 형성시기로 생각되었다. 이때까지 소나무의 신생연륜에 형성된 조재부 세포는 약 30열로서 세포분열이 시작된 이후 1일에 0.21개 정도가 생성되는 것으로 추정되어 진다. Funada 등(1990)은 동경농공대학부속 Kusaki 연습림에서 성장하고 있는 수관율이 20%인 소나무의 조재부 세포가 1일에 0.17~0.20개 정도 성장하는 것으로 보고하여 본 실험과 비슷한 결과를 보여주었다. 그러나 만재로의 이행은 본 연구보다 빠른 6월초~6월 말에 이루어진다고 보고하여 상당한 차이를 보여주었다. 이것은 춘천지역과 동경농공대학부속 Kusaki 연습림의 위도는 각각 37°88"과 36°33"으로서 큰 차이를 보이고 있지 않음에도 불구하고 소나무 간에 만재부 이행 시기가 상당한 차이를 보이고 있는 이유는 수목의 생장에 영향을 주는 여러 가지 인자(일조시간, 강

수량, 습도, 온량지수, 증발량 등)에 의한 것으로 생각된다.

잣나무는 10월 11일에 채취한 시료(D)에서 만재부 세포가 2~3열 관찰되어 잣나무는 9월 하순에서 10월 초순경에 만재부가 형성됨을 알 수 있었다. 이때까지 잣나무의 신생 조재부 세포는 약 70열로서 1일에 0.38개 정도가 생성되는 것으로 추정되어 소나무보다 잣나무의 성장속도가 빠른 것으로 관찰되었다.

또한 전보(권과 김, 2005)에서 보고한 소나무와 잣나무의 형성층 휴기기가 11월 초순경인 것을 참고하면 소나무의 신생연륜에 형성된 만재부 세포는 약 13열로서 1일에 0.17개 정도가 생성되는 것으로 추정되며, 잣나무는 약 6열의 만재부 세포가 형성되어 1일에 0.2개 정도가 생성되는 것으로 추정되었다. 따라서 소나무와 잣나무 신생 만재부 세포의 성장속도는 비슷하게 관찰되었다.

신갈나무(F)는 5월 하순경에, 아까시나무(H)는 6월 초·중순경에 조재부 도관의 형성이 완료됨과 동시에 만재부의 도관과 다른 세포들이 형성되기 시작하였다.

따라서 활엽수재는 침엽수재에 비해 만재부의 형성 시기가 상당히 빠르며 만재부세포 형성시기와 타일로스 형성시기가 거의 비슷하여 양자간에 상호관련성이 있을 것으로 생각되었다.

이상의 수지구, 타일로스 및 만재세포의 형성시기를 Table 3에 종합하여 나타냈다.

4. 결 론

춘천지역에서 성장하고 있는 소나무, 잣나무, 신갈나무 및 아까시나무에 대한 수지구, 타일로시스 및 만재부 형성을 조사한 결과는 다음과 같다

1. 소나무와 잣나무의 수직수지구는 각각 7월 초·중순과 5월 초순경에 형성되는 것으로 관찰되어 잣나무의 수직수지구의 출현이 소나무보다 상당히 빠른 것을 보여주었다.

2. 신갈나무의 도관내 타일로시스는 5월 중순경에, 아까시나무는 5월 하순경에 형성되는 것으로 관찰되었다.

3. 소나무의 만재부 형성기는 8월 중순경, 잣나무는 9월 하순에서 10월 초순경으로 관찰되었다. 신갈나무는 5월 하순경에, 아까시나무는 6월 초·중순경에 조재부 도관의 형성이 완료되었다.

참 고 문 헌

1. Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Springer-Verlag. p. 101~103.
2. Denne, M. P. 1988. Definition of latewood according to MORK(1928). IAWA Bulletin n. s. 10(1): 59~62.
3. Fahn, A. 1990. Plant anatomy. Pergamon Press. p. 135~140.
4. Funada, R., T. Kubo, and M. Fushitani. 1990.

- Early-and latewood formation in *Pinus densiflora* trees with different amount of crown. IAWA Bulletin n. s. 11(3): 281~288.
5. George T. 1991. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. Van Nostrand Reinhold. p. 111~127.
6. Katsuj, Y. 1989. Formation of traumatic phloem resin canals in *Chamaecyparis obtusa*. IAWA Bulletin n. s. 10: 384~394.
7. Nobuchi, T., T. Sato, R. Iwata, and H. Harada. 1984. Season of heartwood formation and the related cytological structure of ray parenchyma cells in *Robinia pseudoacacia* L. Mokuzai Gakkaishi Vol. 30, No. 8, p. 628~636.
8. Panshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of wood technology. McGRAW-hill book company, p. 114~116.
9. Saitoh, T., J. Ohtani, and K. Fukazawa. 1992. SEM observation on the occurrence and morphology of tyloses. Mokuzai Gakkaishi. (38)3: 215~221
10. 강원철, 한미선, 김남훈. 1997. 잣나무와 일본잎갈나무 조림목의 수지구에 관하여. '97추계학술발표논문집. 한국목재공학회. p. 8~13.
11. 권성민, 김남훈. 2005. 춘천지역에서 성장하는 주요 수종의 연륜형성(I) -형성층 활동기간에 관하여-. 목재공학. 33(4): 1~8
12. 박상진, 이원용, 이화형. 1990. 목재조직과 식별. 향문사. p. 60~93.
13. 한상섭, 박완근. 1998. 잣나무와 소나무의 직경생장과 Key-year. 한국임학회지. 77(2): 216~222.