

낙엽송 수간내 재질변동에 관한 연구(I)¹

-심재와 변재의 생재함수율과 수축율-

신호영² · 김병로²

Studies on Variability in Wood Quality in Stem of *Larix leptolepis*¹

-Green Moisture Content and Shrinkage between Heartwood and Sapwood-

Ho-Hyung Shin² and Byung-Ro Kim²

요 약

우리나라의 주요 조림수종으로 앞으로 대경재로 대량벌목 이용될 낙엽송의 가공과 이용을 위한 기초적 자료인 생재함수율, 비중 및 수축율의 수간내의 변동을 심·변재로 나누어 조사, 검토하였다. 심·변재간 생재함수율, 비중 및 수축율은 유의차를 보였다. 생재함수율의 방사방향 분포는 심재에서는 거의 일정한 함수율을 보이다가 변재에서 높아지는 현상을 보였고, 지상고 분포는 심재에서는 높아짐에 따라 함수율이 작아지고, 변재에서는 커지는 것으로 나타났다. 방향에 따른 비중의 차는 심·변재 모두 없었으며, 지상고에 따라서는 변재는 없었으나 심재에서는 차이를 나타냈다. 방향 및 지상고에 따른 수축율의 차는 대부분 심·변재에서 별다른 유의차가 관찰되지 않았으나, 변재 일부방향에서 북쪽방향의 수축율이 남쪽방향의 수축율보다 높은 것으로 나타났다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate variabilities in green moisture content, specific gravity and shrinkage in the stems of a Larch(*Larix leptolepis*) to provide fundamental information for technical processes. There were significant differences in green moisture contents, specific gravity and shrinkage between heartwood and sapwood. The green moisture content was correlated negatively with the height in the sapwood. On the other hands, in the heartwood, there was a positive correlation between moisture content and the height. There were no significant differences in specific gravity between south-bound and north-bound directions in both heartwood and sapwood. There were no significant differences in specific gravity due to the height in sapwood, but significant differences were found in heartwood. There were no significant differences in shrinkage between south-bound and north-bound directions, and due to the height in most of heartwood

1. 접수 2003년 4월 20일 Received on April 20, 2003.

2. 충북대학교 농과대학, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea.

and sapwood. However, shrinkage in north-bound direction was higher than that of in the south-bound direction in some sapwoods.

Keywords : *Larix leptolepis*, variability in stem, green moisture content, specific gravity, shrinkage, heartwood and sapwood.

서 론

우리나라 주요 조림수종의 하나인 낙엽송(*Larix leptolepis*)은 생장이 빨라서 단기간에 이용이 가능한 관계로 잣나무에 이어 두번째로 많이 조림되었다. 1995년부터 1997년까지 총 조림면적의 약 12~14%인 2,811ha 정도를 차지하게 되었고, 생산량 역시 꾸준히 증가하고 있다¹²⁾. 그러나 현재 낙엽송의 생산은 간벌, 소경재로 대부분 공사장 소모재로써 이용되어 부가가치를 높이지 못하고 있는 실정이다. 그러나 앞으로 십수년 안에 대경재의 생산이 도래할 것이기 때문에 이에 대비해 구조용 건축재, 조각부재 등의 낙엽송의 부가가치를 높이는 이용도의 개발이 필요하므로 가공, 이용을 위한 더 많은 재질연구가 필요한 수종으로 생각된다.

목재의 생재함수율, 비중, 수축율과 같은 물리적 성질들은 목재를 가공하고 이용하는데 밀접한 관계가 있기 때문에 재질평가의 기본인자로서 중요하게 인식되고 있다. 그러나, 이러한 성질들은 지역간, 종간, 품종간, 개체간은 물론이고 개체내의 심재와 변재, 지상고, 방향에 따라서도 변동이 심해 목재의 가공과 이용시 어려움을 주고 있다. 특히 개체내의 성질변동중 초기 생재함수율과 수축율의 변동이 크면 목재생산품의 가공에 있어서 필수적인 건조공정시 할열, 밴딩, 뒤틀림, 스플릿 등과 같은 건조결함으로 인한 어려움을 줄 뿐만 아니라 열기건조후에도 함수율의 변동을 보여주는 원인이 되어 목제품으로서의 이용시 결함을 유발시키기도 한다.

이와 같이 생재함수율, 비중, 수축율은 목재

의 가공과 이용에 큰 영향을 주는 성질이므로, 본 연구는 우리나라의 주요 조림수종인 낙엽송에 대하여 수간내의 심재와 변재에서 생재함수율, 비중, 수축율의 변동을 조사하여 앞으로 20~30년 안에 대량 이용할 수 있는 낙엽송조림목의 가공과 이용에 기초적 자료를 제시하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

2.1 재료

본 연구에 사용된 공시목은 충청북도 괴산군 감물면 소재의 낙엽송 인공 조림지에서 표준목 2본을 선발하여 공시목으로 정하였으며 공시목의 흉고직경, 수고 및 수령은 Table 1과 같다.

2.2 방법

임지에서 지상고 30cm를 자른후 자른 부위로부터 시작하여 5cm두께의 디스크를 1m 간격으로 채취하여 지상고 및 방향(남북)을 표시한 후 수분손실을 방지하기위해 즉시 비닐봉지로 완전밀봉하였다. 실험실에서 디스크를 Fig. 1과 같이 남북방향으로 나눈후 수에서 수피방향으로 연속적으로 KS시험규격에 의해 수축율시험편과 생재비중 및 함수율시험편을 제조하였다. 단, 방사 및 접선방향 수축을 측정용 시험체는 변재부의 방사방향길이가 KS시험규격인 3cm가 안되는 부위에서는 규격보다 적었다.

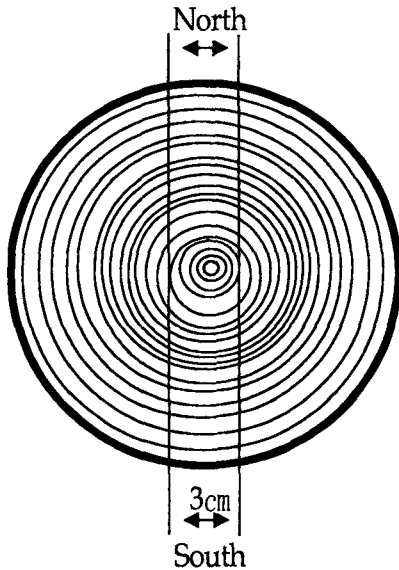


Fig. 1. Diagrammatic representation for the preparing formula of test specimens.

결과 및 고찰

낙엽송 2본의 변재, 심재에 대한 여러 가지 목재성질의 평균값을 Table 2에 나타냈다. 생재함수율, 비중, 방사·접선방향수축율, 용적수축율 및 접선방향 대 방사방향의 비율(T/R율)에 대한 평균치를 비교하면 생재함수율이 나무 1, 2에서 심재가 각각 38.1%, 34.1%이고 변재가 109.7%, 80.0%이며 생재비중은 심재가 0.30, 0.34, 변재는 0.32%, 0.38%이고, 접선방향수축율은 심재가 7.45%, 8.31%, 변재는 9.99%, 10.11%, 방사방향수축율은 심재 2.76%, 4.00%, 변재 6.44, 6.11 이었으며, 용적수축율은 심재가 11.21%, 12.31%, 변재는 16.43%, 16.22% 로

나타났다. 생재함수율은 변재가 심재보다 2배 이상의 차이를 보여 이미 보고된 결과들^{3,4,11)}과 같았고, 생재비중은 변재가 심재보다 높았고, 그에따라 접선·방사방향수축율, 용적수축율도 변재가 심재보다 크게 나타났다. T/R율은 비중이 높은 변재가 심재보다 낮게 나타났다. 나무간에는 비슷한 값을 나타내고 있다. 김¹³⁾의 잣나무조림목의 재질변동에서 용적수축율이 나무1, 2에서 변재는 9.5%, 9.1%이고 심재는 9.3%, 9.7%로 낙엽송조림목보다 적게 나타났다. 반면 T/R율은 낙엽송조림목이 나무1, 2에서 심재가 1.92, 2.08 변재가 1.55, 1.65로 잣나무조림목 심재 2.5, 2.7 변재 2.2, 3.0보다 낮게 나타났다. 이는 비중이 높으면 수축율이 크고, T/R율은 낮아진다는 보고¹⁶⁾와 부합하고 있다.

Table 3은 각 실험결과를 T검정과 분산분석으로 검토한 것이다. 나무형 즉 심·변재간에는 모든 항목에서 명확한 유의차를 나타냈다. 즉 Table 2의 데이터와 같이 심재보다 변재가 생재함수율, 비중 수축율이 모든 큰 것으로 나타났다. 방향(남북)간에서는 변재의 함수율과 방사방향수축율만 차이를 보였으며, 지상고(수고)에 따라서는 심·변재 함수율과 심재의 비중에서 차이를 나타냈고 나머지는 유의차가 없는 것으로 나타났다. Choong 등²⁾은 Shortleaf pine의 생재함수율, 방사, 접선방향수축율 및 비중이 방향에 따라서는 유의차가 없고 지상고에 따라서는 영향이 있는 것으로 보고했고, Yao 등⁸⁾은 세 방향의 수축율 및 용적수축율은 방향과 지상고에 따라 모두 영향을 받는다고 보고했다. 김¹⁰⁾의 잣나무의 수간내 재질변동에서도 동서남북 방향간 및 지상고간 수축율에서 대부분 차이가 있는 것으로 보고하고 있는 반면 나무형 즉 심, 변재간에는

Table 1. Sample trees

Number	D.B.H(cm)	Tree height(m)	Tree age
Tree 1	21.0	26.4	30
Tree 2	20.5	20.9	30

Table 2. Summary of average values of selected wood properties in Larch

Measured property		N ^a	Tree 1	N	Tree 2
Sapwood					
Green MC (%)		51	109.7	26	80
SP. gravity (Green volume)		51	0.32	26	0.38
Radial shrinkage (SR, %)		32	6.44	26	6.11
Tangential shrinkage (ST, %)		32	9.99	26	10.11
Volumetric shrinkage (SV, %)		32	16.43	26	16.22
ST/SR ratio		32	1.55	26	1.65
Heartwood					
Green MC (%)		154	38.1	110	34.1
SP. gravity (Green volume)		154	0.30	110	0.34
Radial shrinkage (SR, %)		54	3.76	38	4.00
Tangential shrinkage (ST, %)		54	7.45	38	8.31
Volumetric shrinkage (SV, %)		54	11.21	38	12.31
ST/SR ratio		54	1.92	38	2.08

^a The number of measurement

Table 3. Summary of analysis of variance^a for selected wood properties^b in Larch

Source	Green MC		S _R		S _T		S _V		G	
	SW	HW ^c	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW
Tree	**	**	NS	NS	NS	**	NS	**	**	**
Quadrant	*	NS	**	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Height	*	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	**
Wood type	**		**		**		**		**	

^a * : Significant at 5% level of probability, ** : Significant at 1% level of probability,

NS : Not significant.

^b S_R : Radial shrinkage, S_T : Tangential shrinkage, S_L : Longitudinal shrinkage,

S_V : Volumetric shrinkage, G : Specific gravity.

^c SW : sapwood, HW : heartwood.

모든 항목 낙엽송과는 달리 차이가 없는 것으로 보고하고 있다. Choong 등⁴⁾은 심·변재간 생재함수율의 차로 인해 Shortleaf pine의 심·변재 유적수축율이 심재 7.1%, 변재 11.4%로 심·변재간 차이가 많은 것으로 보고하고 있다.

국내조림 잣나무와 낙엽송을 비교하면 잣나무가 심·변재간 차이는 적었으나, 지상고 및 방향에 따라 변동을 보인 반면, 낙엽송은 심·변재간 차이가 있고 지상고 및 남북방향간 수축율 변동이 적은 재질특성을 보이고 있다.

Table 4는 두나무의 심재와 변재에 있어서 높이와 수축율 및 비중과 수축율과의 상관계수

를 나타낸 것이다. Table 2에서 지상고에 따른 접선방향수축율의 차이는 나무1에서는 정의 상관관계를 나타냈으며, 나무2에서는 부의 관계를 나타냈다. 지상고에 따른 심재부위의 차이는 부의 관계가 있는 것으로 나타났다. 비중과 수축율의 관계는 대부분 유의 차를 보였으며 그 유의차는 전부 정의 상관관계를 나타냈다. 즉 비중이 크면 수축율도 커지는 것으로 나타났다.

3.1 생재함수율 변동

수간내 생재함수율의 변동자료는 목재의 이

Table 4. Correlations between wood characteristics in sapwood and heartwood of Larch

Relationship ^a	S a p w o o d		H e a r t w o o d	
	Tree 1	Tree 2	Tree 1	Tree 2
S _v VS Hight	0.374	NS	NS	NS
S _R VS Hight	NS	NS	NS	NS
S _T VS Hight	0.580	-0.220	NS	NS
G VS Hight	NS	-0.504	-0.584	-0.519
MC VS Hight	0.485	0.593	-0.237	-0.477
MC VS G	0.270	NS	0.515	0.247
S _v VS G	NS	NS	0.556	0.422
S _R VS G	NS	NS	0.362	0.296
S _T VS G	0.551	0.339	NS	NS

a : S_R : Radial shrinkage. S_T : Tangential shrinkage. S_v : Volumetric shrinkage.
 MC : Moisture contents. G : Specific gravity(Green volume), NS : Not significant

용에 있어 중요한 정보이다. Fig. 2는 나무1의 지상으로부터 5m씩 높이별 생재함수율의 방사방향 분포를 나타낸 것이다. 방사방향의 분포는 두 나무가 서로 비슷하게 나타났다. 수간내 방사방향의 생재함수율 분포에 대한 현재까지의 보고¹¹⁾를 보면, 수목이 심재형성까지는 같은 생리적 거동을 하고 심재형성후 즉 생리기능을 잃은 후에는 수분거동이 다르기 때문에 변재에서는 일정하게 높지만, 심재에서는 높은 것, 낮은 것, 수로부터 수피방향으로 감소 또는 증가하는 경우와, 반대로 심재는 일정하고 변재가 계절과 지리적 위치등에 따라 변한다고 보고되어있다. 본 실험에서는 Fig. 2와 같이 심재에서는 거의 일정한 함수율을 보이다가 변재에서 급격히 올라가는 형태를 나타냈다.

생재함수율의 지상고간 분포는 Table 3에 나타난 바와 같이 유의차가 있는 것으로 나타났다. 나무의 지상고에 따른 함수율 분포는 Table 4와 같이 심재는 지상고가 높아짐에 따라 함수율이 작아지는 반면, 변재는 높아지는 것으로 나타났다. 이는 김¹⁰⁾의 국산잣나무조림목의 조사와는 반대의 현상이다. 즉 잣나무는 변재가 높아질수록 낮아지는 것으로 나타났다. 심·변재 구분없이 Miller⁶⁾는 Slash pine의 밑부분 생재함수율이 81.6%, 중간부분 97.8%, 윗부분 111.4%라고 하였고, 밑부분과 윗부분의

함수율차는 나무높이가 증가하고 나이가 들수록 커지는 경향이 있다고 하였고, Zobel 등⁹⁾은 Loblolly pine의 높이 10피트 부위가 밑부분의 함수율보다 35% 더 높다고 하였고, Choong^{2,3)}도 나무 밑보다 위로 올라갈수록 높다고 보고하고 있다. 三輪雄四郎¹¹⁾은 삼나무수간내에서 변재부는 지상고가 높아질수록 생재함수율이 낮아지고, 심재에서는 지상고가 높아질수록 높아지는 것, 낮아지는 것이 있다고 보고하고 있다.

3.2 수축율 변동

Table 3에 의하면 지상고에 대한 용적, 방사, 접선방향 수축율과의 관계에서 접선방향 수축율의 변재만 5%의 유의차를 보였을뿐 그 외에는 차이가 없었다. 본 낙엽송은 수고에 따른 수축율의 영향은 적은 것으로 사료된다.

수축율의 남북방향의 영향은 Table 3에서 나타난 바와 같이 대체로 유의 차가없는 것으로 나타나 지상고와 마찬가지로 방향에 따른 수축율의 영향은 적을 것으로 사료된다. 그러나 변재의 방사방향수축율과 용적수축율에서 북쪽방향이 크게 유의차가 있었고, Table 5의 남북방향 수축율이 평균적으로도 북쪽방향의 수축율이 더 높은 것으로 나타났다. Liese와

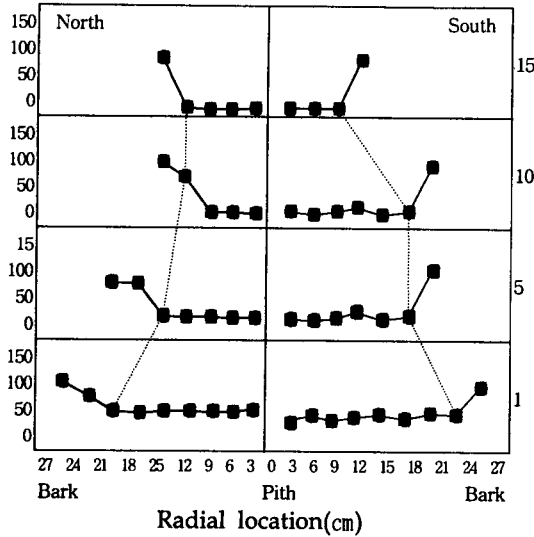


Fig. 2 Profile of green MC distribution of two Larches. (Dashed Lines indicate boundaries of heartwood and sapwood)

Dadswell⁵⁾는 섬유길이가 4방향에 따라 다르다고 하며, 침엽수의 경우는 가도관의 길이가 태양을 향하는 쪽, 즉 남쪽면이 북쪽면보다 짧다고 하였다. 그리고 Preston⁷⁾은 세포의 길이가 감소하면 마이크로피브릴경사각이 세포축에 대하여 커진다고 하였다. 또한 마이크로피브릴경사각이 증가하면 섬유방향 수축율이 증가하고 반대로 횡방향수축율은 감소한다고 하는 것은 많은 학자의 발표에 의해 이미 밝혀진 사실이

다^{1,2)}. 그리고 김¹⁰⁾의 연구에서도 위 사실을 보고하였다. 따라서 남쪽방향에서의 낮은용적, 접선, 방사방향 수축율은 본 실험에서 조사는 안됐지만 남쪽방향의 짧은 가도관에 기인하는 것으로 생각된다.

결론

우리나라의 주요 조림수종으로 앞으로 대경재로 대량벌목 이용될 낙엽송의 가공과 이용을 위한 기초적 자료인 생재함수율, 비중 및 수축율의 수간내의 변동을 심·변재로 나누어 조사, 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 심·변재간 생재함수율, 비중 및 수축율은 유의차를 보였다.
2. 생재함수율의 방사방향 분포는 심재에서는 거의 일정한 함수율을 보이다가 변재에서 높아지는 현상을 보였고, 지상고 분포는 심재에서는 높아짐에 따라 함수율이 작아지고, 변재에서는 커지는 것으로 나타났다.
3. 방향에 따른 비중의 차는 심·변재 모두 없었으며, 지상고에 따라서는 변재는 없었으나 심재에서는 차이를 나타냈다.
4. 방향 및 지상고에 따른 수축율의 차는 대부분 심·변재에서 별다른 유의차가 관찰되지 않았으나, 변재 일부방향에서 북쪽방향의 수

Table 5. Summary of average values in shrinkage properties between south direction and north direction in Larch

South Direction	Tree 1		Tree 2	
	Sap wood	Heart wood	Sap wood	Heart wood
S_R (%)	6.09	3.77	5.83	4.11
S_T (%)	9.87	7.21	10.06	8.78
S_V (%)	15.96	10.98	15.89	12.89
North Direction	Tree 1		Tree 2	
	Sap wood	Heart wood	Sap wood	Heart wood
S_R (%)	6.80	3.76	6.39	3.88
S_T (%)	10.11	7.68	10.15	8.19
S_V (%)	16.91	11.44	16.54	12.07

* : S_R : Radial shrinkage. S_T : Tangential shrinkage. S_V : Volumetric shrinkage.

축율이 남쪽방향의 수축율보다 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Barber, N. F. and B.A.Meylan,1964. The anisotropic shrinkage of wood. *Holzforschung*. 18(5): 146-156
2. Choong, E. T. 1968. Pattern of moisture content variation in standing tree of five southern pine species in southeast Louisiana. Unpubl.report,La. State Univ.,Baton Rouge
3. Choong, E. T. and P. J. Fogg. 1989. Difference in moisture content and shrinkage between innerwood and outerwood of two shortleaf pine trees. *Forest Prod. j*.36(3): 13-19
4. Choong, E. T. and P. J. Fogg. 1989. Effect of cultural treatment and wood-type on some physical properties of longleaf and slash pine wood. *Wood Sci. & Tech.* 21(2): 193-206
5. Liese, W., and H. E. Dadswell.1959. On the influence of cardinal points on the lengths of wood fibers and tracheids. *Holz als Roh-und. Werkstoff* 17: 421-427
6. Miller, S. R, 1959. Variation in inherent wood characteristics in slash pine Conf. Forest Tree Improvement, June 11-12
7. Preston, R. D. 1947. The fine structure of the walls of the conifer tracheid.proc -Royal Soc. London, Serv.B134: 202-218
8. Yao, J. 1969. Shrinkage properties of second-growth southern yellow pine. *Wood Sic. & Tech.* 3: 25-29
9. Zobel, B. M. Matthia, J. Roberts and R.C. Kellison. 1968. Moisture content of southern pine trees. Tech. Rpt. No. 37. Sch. Forest. Resources, N. C. State Univ. Raleigh
10. 김병로. 1995. 잣나무 수간내 재질변동에 관한 연구. 목재공학 23(1): 28-34.
11. 日本木材學會研究分科會. 1991. 木材の科學と利用技術Ⅱ. 5. スギ. 日本木材學會. 東京: 10-13
12. 산림청. 1998. 임업통계요람: 48
13. 이화형 등. 1989. 목재물리 및 역학. 향문사. 서울: 38