

## 낙엽송 인공 조림 임분의 생산구조와 생산성<sup>1</sup>

권기철<sup>2</sup> · 김홍은<sup>3</sup> · 이종희<sup>3</sup>

### Productive Structure and Net Production of a *Larix leptolepis* Plantation<sup>1</sup>

Kwon, Ki-Cheol<sup>2</sup>, Hong-Eun Kim<sup>3</sup>, and Jong-Hee Lee<sup>3</sup>

#### 요 약

충북 월악산 지역 24년생 낙엽송 조림지의 생산력을 조사하기 위해 8분의 표본목을 별목하여 부위별(줄기, 가지, 잎)로 생중량을 측정하고 생산구조를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. (1) 낙엽송의 광합성부는 지상 13m에서 시작되며, 수관의 최대광합성층은 15-16m에서 나타났다. (2) 지상부의 현존량은 줄기 160.75ton/ha(86.3%), 가지 18.42ton/ha(9.9%), 잎 7.08ton/ha(3.8%)이었고 전체 지상부의 현존량은 186.25ton/ha이었다. (3) 연순생산량은 줄기 10.17ton/ha/yr, 가지 1.47ton/ha/yr, 잎 0.54ton/ha/yr이었으며, 전체 순생산량은 12.17ton/ha/yr로 나타났다. 순생산량에서 전체에 대한 각 기관별 비율은 줄기 83.5%, 가지 12.0%, 잎 4.5%로서 가지와 잎의 부위가 낮은 비율을 보이고 있었다.

#### ABSTRACT

This study was to investigate the productivity of 24-year-old *Larix leptolepis* plantation in the Experimental Forest of Chungbuk National University located in Mt. Worak, Chungchungbuk-do, Korea. Eight plots(10m×10m) were established in the larch plantation in the 9th compartment. Eight sample trees were selected and cut off. Stem, branches and leaves were weighed respectively with the stratified clipping method, and analyzed for productive structure. The allometric regression equations between dry weight of each component(stem, branches, and needles) and D<sup>2</sup>H were obtained. The results obtained are summarized as follows; (1) Photosynthetic layer of *Larix leptolepis* was shown at about 13m in height, and maximum needle amount of crown at 15-16m in height. (2) The total biomass of aboveground was 186.25tons/ha(86.3% from stem, 9.9% from branches and 3.8% from needles). (3) Annual net production of aboveground was 12.17tons/ ha/yr, and the ratios of stem, branches and needles to that of aboveground, 0.835, 0.12, and 0.045, respectively.

*Key words* : *Larix leptolepis*, biomass, net production

<sup>1</sup> 접수 1998년 9월 21일 Received on September 21, 1998.

<sup>2</sup> 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Seoul Natl. Univ., Suwon, Korea. 441-744.

<sup>3</sup> 충북대학교 산림과학부 School of Forest Resources, Chungbuk Natl. Univ., Cheongju, Korea. 360-763

## 서 론

오늘날 세계적으로 각종 자원문제가 심각한 것으로 대두되면서 대체 에너지원으로서의 개발에 많은 관심이 집중되고, 이에 따라 산림생태계의 물질생산기구에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 우리나라와 같이 단위면적당 축적량이 적은 경우, 산림생태계의 물질생산력에 대한 기작의 정확한 파악과 생산력의 향상에 관한 연구가 요구된다. 산림생태계에 있어서 생산력은 자연의 힘에 크게 의존하므로 자연이 허용하는 범위에서 그 생산력을 인위적으로 조절가능하게 한다는 점에서 불 때 수종 고유의 생산력과 생산구조를 구명하는 일은 곧 생산력 향상의 기술 개발의 계기가 된다.

특히, 낙엽송(*Larix leptolepis* GORDON)은 1962년부터 1994년까지 약 18억 6천만본이 식재된 한국의 주요 조림수종이며(Kwon et al., 1997), 현재 많은 낙엽송 임분은 20년~30년의 임령에 이르렀다. 그러나 지금까지 낙엽송 임분에 대한 물질생산 연구는 20년생 미만의 임분에서 이루어졌을 뿐, 현재 우리나라에서 20년생 이상의 낙엽송 임분에서 생산력에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 이에, 본 연구의 목적은 우리나라의 대표적인 조림수종인 낙엽송 인공조림지의 물질생산기구를 파악하고 그 생산력을 추정하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 2.1 조사지 특성

본 조사는 충청북도 제천시 월악산에 위치한

충북대학교 연습림 9임분(북위 36° 51', 동경 128° 03')내 24년생 낙엽송 조림지를 대상으로 수행되었다.

조사 대상지는 온난습윤한 전형적인 온대중부의 기후를 보이고 있으며, 조림 당시 1.8m×1.8m의 정방형 식재방식으로서 3,086본/ha의 식재밀도가 적용되었다. 이 지역은 조림 이후 간벌작업이 이루어지지 않은 임분으로 하층에는 물푸레나무, 딱총나무, 싸리나무, 당단풍, 고추나무, 고로쇠나무, 으름덩굴, 병꽃나무, 느릅나무, 보안목, 화살나무, 산딸기, 산뽕나무, 담쟁이덩굴, 조릿대 등이 다소 자라고 있으며, 상층목 중 층층나무가 소수 포함되어 있는 지역도 있다.

Table 1은 조사지의 입지환경을 나타낸 것으로서, 토성은 일반적으로 양토~사질양토이며 토양산성도는 약산성을 나타내고 있어 임목의 생육에 적합한 것으로 나타났다. 정(1981, 1982)은 임목의 생장과 토양조건과의 관계에 대하여 토양의 물리적 성질 못지 않게 화학적 성질도 중요한 영향을 미치며, 낙엽송의 생육에 알맞은 토양산성도는 pH 5.5~6.5 정도이고 질소(N), 인산(P), 칼리(K)의 순으로 비료 3요소를 요구하는 경향이 있는 것으로 보고하였으며, 본 조사지의 화학적 토양조건은 한국 산림의 평균적인 값을 나타내고 있었다.

### 2.2 조사방법

1996년 7월 20일부터 8월 20일까지 10m×10m 크기의 조사구 8개를 설정하고 매목조사를 실시하였으며, 각 조사구로부터 각 흉고직경급별로 표본목을 17본 선정하여 수고곡선식

Table 1. General description of the stand

Stand characters		Environmental characters	
Stand age(yr)	24	Annual mean temp.(°C)	10~11
Average height(m)	16.43	Annual min. temp.(°C)	-10~-20
Average DBH(cm)	15.21	Annual precipitation(mm)	1,100~1,800
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	39.20	Annual mean humidity(%)	75
Gross volume(m <sup>3</sup> /ha)	396.54	Average slope(°)	18
Number of tree per ha	2028.57	Soil texture	loam, sandy loam
		Soil pH	5.8
		Nitrate-nitrogen(ppm)	17.88
		P(ppm)	91.25
		K(mg/g)	28.01

을 유도하고 수간석해를 하였다. 생중량 측정을 위한 표본목은 각 흉고직경급별로 총 8본을 선정하여 지상부 20cm부터 1m 간격으로 측정하였다.

채취한 152개의 단판들과 가지·잎의 일부를 건조기로 80℃에서 30일간 건조시켜 향중이 되었을 때 얻은 건조율을 건조량 환산지수로 했다.

현존량의 추정은  $D^2H$ 와  $Ws$ (줄기 건중),  $Wb$ (가지 건중),  $WI$ (잎 건중)과의 관계를 대수회귀식으로 한 상대생장식에 의해서 계산했다. 조사지내의 지상부현존량( $Wt$ )의 추정은 이 상대생장식을 전입목에 적용시켜,

$$Wt = Ws + Wb + WI \text{ 로 구하였다.}$$

연년생산량의 추정은 수간석해를 하여 1년간의 수고 및 흉고직경의 성장량을 조사하고 여기서 얻은 연평균 흉고직경 성장량( $D$ )과 연평균 수고성장량( $H$ )에서  $D^2H$ 를 계산하고 이를 상대생장식에 대입하여 전년과 당년의 현존량 차로 계산하였다.

수간석해에 이용된 나무는 총 14본이며, 조제간격은 지상부 20cm에서 시작하여 1.2m, 3.2m, 5.2m, 7.2m, ……와 같이 조제하여 수간석해를 하였고, 연륜폭의 측정엔 쌍안 실물현미경과 Velmex 연륜폭측정기를 이용하여 0.01mm 단위로 측정하였다. 이 때 각 단판의 연륜폭은 등각법으로 4방향 반복 측정하였으며, 형상이 부정형으로 일그러진 단판은 원주등분법으로 4방향 측정하였다.

토양조사는 각 표준지당 2곳 이상에서 A층을 채취하고 실험실로 운반한 후 LaMotte Soil Analysis Outfit를 사용하여 토성, 토양산성도, 질산태질소, 인, 칼륨 함량 등을 측정하였으며, 토성의 결정은 미국농무성법에 의거하였다.

## 결과 및 고찰

### 3.1 생산구조분석

흉고직경과 수고와의 관계를 최소제곱법으로 회귀분석한 결과 본 조사지의 수고곡선식은,

$$H = 0.00496D^2 + 0.44223D + 9.85318$$

H=Height(m), D=DBH(cm)

인 것으로 계산되었고, 이 때  $R^2$ 은 0.81, F값은 52.64로 1% 수준에서 유의하였다.

Fig. 1은 조사목중 흉고직경이 최대치와 최소치, 그리고 중간치인 것을 생산구조도로 작성한 것이다. 이를 보면 광합성부가 지상 13m부터 시작되고 있으며, 최대광합성부는 지상 15m~16m 높이에서 나타나고 있음을 볼 수 있다.

### 3.2 현존량 추정

별채한 표준목의  $D^2H$ 와 줄기 건중( $Ws$ ), 가지 건중( $Wb$ ), 잎 건중( $WI$ )은 Table 2와 같이 나타났으며, 이 결과에서 유도된 상대생장식은 Table 3과 같다. Fig. 2는 상대생장관계를 그래프로 나타낸 것이다.

본 연구에서 얻은 낙엽송의  $D^2H \sim Ws$ ,  $D^2H \sim Wb$ ,  $D^2H \sim WI$  사이의 상대생장식을 Table 3에 나타내었으며, 상대생장계수는 각각 0.94810, 1.18013, 1.13797이었다. 이것은 임 등(1981)이 보고한 15년생 낙엽송 임분에서 얻은 상대생장계수 0.9634, 1.0403, 1.1350과 비교하였을 때  $D^2H$ 의 증가에 따라 줄기의 증가율은 다소 감소한 반면 가지와 잎의 증가가 좀 더 활발하게 이루어짐을 알려준다. Murayama 등(1953)은 적송임분이 17-18년, Ovington(1957)은 *Pinus sylvestris* 임분이 20년 전후에서 최고열량에 도달한다고 보고하였는데, 본 연구결과에서는 얻어진 상대생장계수 중  $D^2H \sim WI$  사이의 값이 가장 크게 나타나 15년생 낙엽송임분과 비교

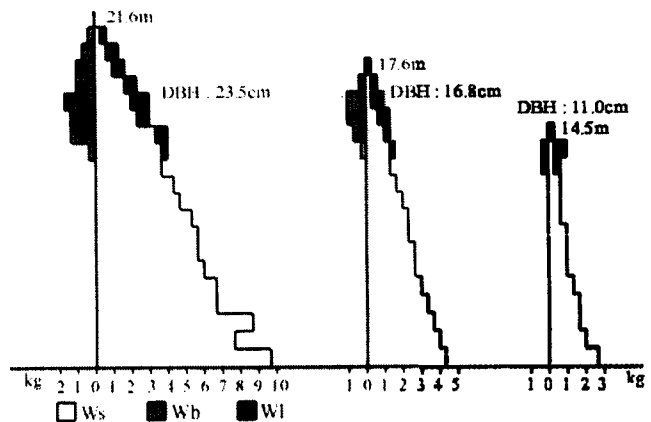


Fig. 1. Vertical biomass distribution for each organ of dominant, intermediate, and recessive tree in *Larix leptolepis* plantation

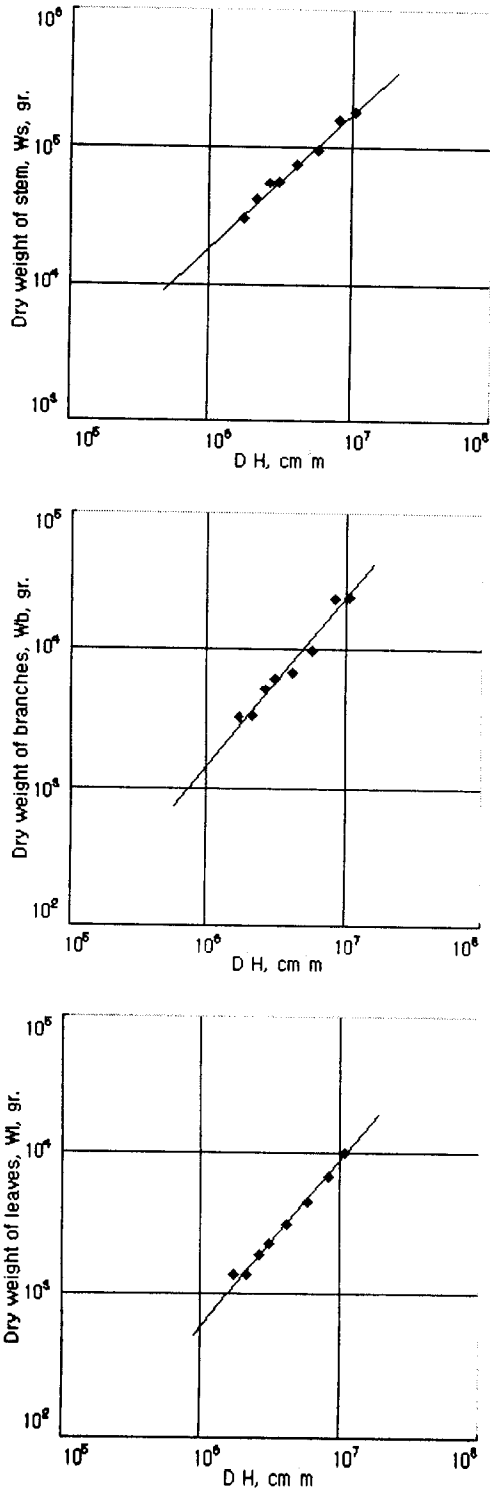


Fig. 2. Allometric relations between dry weights of stem, branches and leaves and  $D^2H$

Table 2. Dry weight of tree component (stem, branches and leaves) of sample trees in *Larix leptolepis* plantation

DBH	Height	$D^2H$	Ws	Wb	Wl
10.9	14.5	1,722.745	30.498	3.240	1.343
11.5	16.5	2,182.125	41.677	3.309	1.367
12.5	17.0	2,656.250	55.445	5.133	1.839
13.6	16.8	3,107.328	57.268	6.240	2.276
15.4	17.6	4,174.016	76.041	6.870	3.073
17.3	19.6	5,866.084	93.789	9.930	4.385
20.3	20.2	8,324.218	159.503	23.580	6.827
22.2	21.6	10,645.340	179.252	23.952	10.090

하였을 때 이미 최고엽량을 보이는 시기가 지났음을 알 수 있다.

한편  $Ws \sim Wb$ ,  $Wb \sim Wl$ ,  $Wl \sim Ws$ 의 관계를 회귀분석한 결과 Table 4와 같은 식이 얻어졌다. Fig. 3은 이를 그래프로 나타낸 것이다.

이 식에서 볼 때 가지 건중량과 잎 건중량은 다같이 줄기 건중량이 증가함에 따라 비례하여 증가함을 알 수 있다. 조사지내의 추정현존량으로 ha당 현존량을 추정하면 Table 5와같이  $Ws$ 는 160.75tons/ha,  $Wb$ 는 18.42tons/ha,  $Wl$ 은 7.08tons/ha, 그리고 지상부중( $Wt$ )은 186.25tons/ha 이었고, 지상부중에 대한 각 기관의 비율은  $Ws$  86.3%,  $Wb$  9.9%,  $Wl$  3.8%로 나타났다.

Hatiya 등(1966)은 13년생의 낙엽송 임분에서 줄기 51.7tons/ha(74.5%), 가지 12.4tons/ha(17.9%), 잎 5.3tons/ha(7.6%)로 지상부의 현존량은 69.4

Table 3. The regression equations, the coefficient of determination( $R^2$ ), and F-value for estimating the biomass of *Larix leptolepis*

Equation	$R^2$	F-value
$Ws = 0.9481 \log D^2H - 1.55208$	0.99	402.68***
$Wb = 1.18013 \log D^2H - 3.36244$	0.96	138.65***
$Wl = 1.13797 \log D^2H - 3.61905$	0.99	483.76***

\*\*\* Indicates significance at 0.001

Table 4. The regression equations, the  $R^2$ , and F-value for estimating the annual net production of *Larix leptolepis*

Equation	$R^2$	F-value
$Wl = 0.9481 \log Wb - 1.55208$	0.97	173.99***
$Wb = 1.18013 \log Ws - 3.36244$	0.97	185.10***
$Wl = 1.13797 \log Ws - 3.61905$	0.97	166.46***

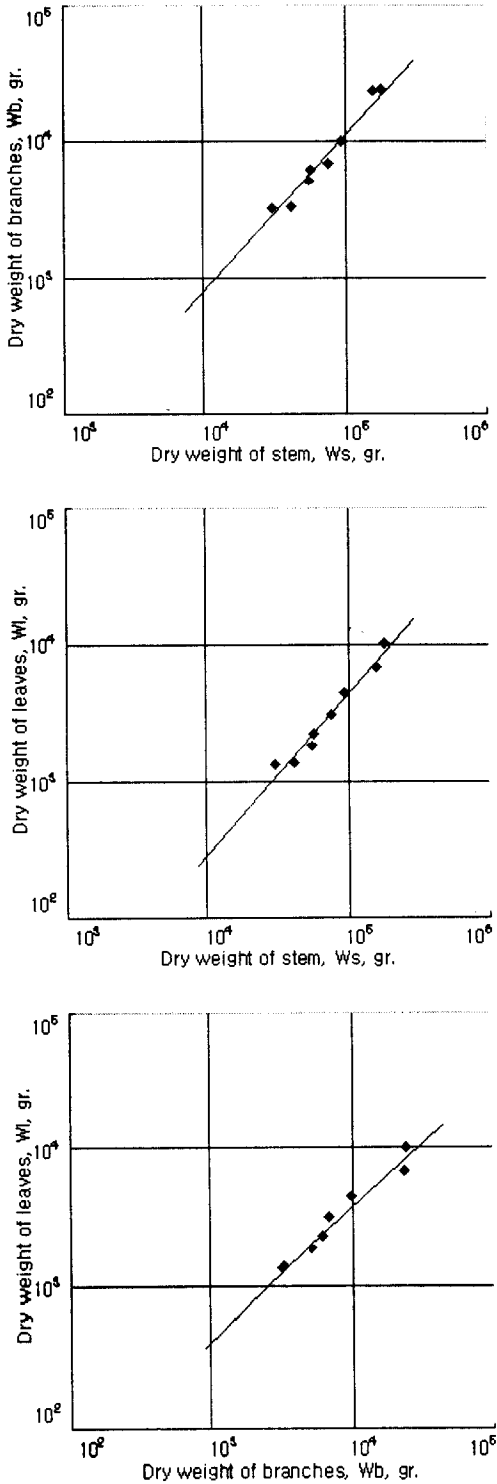


Fig. 3. Allometric relations between dry weights of stem, branches and leaves

tons/ha이었다고 보고하였으며, 임 등(1981)은 15년생 낙엽송 임분에서 줄기 47.70tons/ha(74.9%), 가지 11.85tons/ha(18.6%), 잎 4.11tons/ha(6.5%)로 지상부의 현존량을 63.66tons/ha으로 보고한 바 있다. 이 연구들을 종합하여 보았을 때, 낙엽송 임분에서 각 기관별 중량비는 임령의 증가에 따라 줄기는 증가하고, 잎은 감소하는 경향을 보이고 있다.

현존량은 수종, 연령, 입지조건에 따라 차이가 생기게 되는데, 본 연구와 비슷한 연령인 22년생 리기다소나무와 리기테다소나무 조림지의 현존량을 보면 각각 지상부 71.61tons/ha와 142.22tons/ha이었고, 각 기관별로는 줄기 53.64tons/ha(75%), 113.02tons/ha(80%), 가지 9.77tons/ha(14%), 18.73tons/ha(13%), 잎 8.20tons/ha(11%), 10.47tons/ha(7%)이었다(이 등, 1985). 이 연구결과와 비교하였을 때, 낙엽송 조림지의 물질생산력은 리기다소나무나 리기테다소나무보다 더 높은 것으로 나타났으나 광합성부인 엽량이 현저히 적기 때문에 시간이 지날수록 생산력의 상대적 감소가 예측된다.

한편 온대지방에서 침엽수종의 현존량을 보면, 리기다소나무 임분이 55.25tons/ha(김, 1971), 춘천지방의 소나무 자연림이 26.87tons/ha(김, 1972), 8년생 리기다소나무와 리기테다소나무 임분이 각각 21.60tons/ha와 22.80tons/ha(김, 1976), 강원도 소나무 천연림은 198.82tons/ha(이, 1985)이고, *Pinus sylbestris* 조림지에서 11년생 15.36tons/ha, 17년생 22.93tons/ha(Ovington, 1957), 31년생 *Pinus banksiana*림은 60.89-106.39tons/ha(Doucet et al., 1976)라 보고되었다. 이상의 연구결과와 비교하였을 때, 입지조건과 임령에 따른 차이를 고려하더라도 낙엽송의 현존량은 다른 침엽수종에 비해 상당히 높은 것으로 판단된다.

### 3. 3 순생산량 추정

본 연구에서 낙엽송 조림지의 순생산량은 Ws 10.17tons/ha/yr(83.5%), Wb 1.47tons/ha/yr(12.0%), Wl 0.54tons/ha/yr(4.5%), Wt 12.17tons/ha/yr이었다(Table 5). 일본에서 조사한 낙엽송을 보면 21년생의 순생산량은 Ws 6.8tons/ha/yr(46.9%), Wb 3.2tons/ha/yr(22.1%), Wl 4.5tons/ha/yr(31.0%), 39년생

Table 5. The standing crops and net productions of *Larix leptolepis*

Item	Stem (Ws)	Branches (Wb)	Leaves (Wl)	Total top aboveground(Wt)
Standing crop in current year(tons/ha)	160.75	18.42	7.08	186.25
Standing crop in last year(tons/ha)	150.58	16.96	6.54	174.08
Annual net production(tons/ha)	10.17	1.47	0.54	12.17
Distribution of net production(%)	83.51	12.04	4.45	100.00

의 순생산량은 Ws 5.79tons/ha/yr(45.8%), Wb 3.26tons/ha/yr(25.8%), Wl 3.59tons/ha/yr(28.4%), Wt 12.64tons/ha/yr로 나타났다(Satoo 1970, 1974). 이상 Satoo의 연구결과와 본 연구결과를 비교해보면 순생산량은 서로 비슷하지만, 구성비율은 Ws에 편중되어 있었으며, 이러한 현상은 본 조사지의 임목이 그동안 간벌작업이 이루어지지 않아 임분밀도가 높기 때문으로 생각된다. 밀식된 15년생 낙엽송 임분에 대해 이루어진 임 등(1981)의 연구에서도 순생산량이 Ws 9.94tons/ha/yr(80.42%), Wb 1.79 tons/ha/yr(14.48%), Wl 0.63tons/ha/yr(5.10%), Wt 12.36tons/ha/yr으로 나타나 본 연구결과와 비슷한 경향을 보여주고 있었다.

## 결 론

충북 월악산 지역 24년생 낙엽송 조림지의 생산력을 조사하였다. 8본의 표본목을 벌목하여 각층별로 중량을 측정하고 생산구조를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 낙엽송의 광합성부는 지상 13m에서 시작되며, 수관의 최대광합성층은 15-16m에서 나타났다.

2. 지상부의 현존량은 줄기 160.7477tons/ha(86.31%), 가지 18.4212tons/ha(9.89%), 잎 7.0807 tons/ha(3.80%)이었고 전체 지상부의 현존량은 186.2496tons/ha이었다.

3. 연순생산량은 줄기 10.1658tons/ha/yr, 가지 1.4651tons/ha/yr, 잎 0.5421tons/ha/yr이었으며, 전체 순생산량은 12.1730tons/ha/yr로 나타났다. 순생산량에서 전체에 대한 각 기관별 비율은 줄기 83.51%, 가지 12.04%, 잎 4.45%로서 가지와 잎의 부위가 낮은 비율을 보이고 있었다.

## 인용문헌

1. 김준호. 1971. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구 I. 리기다소나무 조림지에 대하여. 식물학회지 14(4) : 19-26.
2. 김준호, 윤성모. 1972. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구 II. 춘천지방의 소나무림과 신갈나무림의 비교. 식물학회지 15(3) : 1-8.
3. 김준호. 1976. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구 III. 리기다소나무와 리기테다소나무의 비교. 식물학회지 19(3) : 85-91.
4. 이경재, 김갑덕, 김재생, 박인협. 1985. 광주지방의 리기다소나무 및 리기테다소나무조림지의 물질생산량에 관한 연구. 한국임학회지 69 : 28-35.
5. 이수욱. 1985. 강원도산 소나무천연림생태계의 Biomass 및 Net Primary Production에 관한 연구. 한국임학회지 71 : 74-81.
6. 임경빈, 김갑덕, 이경재, 권태호. 1981. 낙엽송조림지의 생산구조에 관한 연구. 서울대학교 농과대학 연습림보고 17 : 31-37.
7. 정인구. 1981. 수량화에 의한 우리나라 삼림토양의 형태학적 및 이화학적 성질과 잣나무 및 낙엽송의 성장 상관분석. 한국임학회지 53 : 1-26.
8. 정인구. 1982. 삼림토양의 이화학적 성질과 곰솔 외 3수종에 대한 적지특성에 관한 연구. 임업시험장연구보고 29 : 263-315.
9. Doucet, R., J.V. Berglund and C.E. Farnsworth. 1976. Dry matter production in 40-year-old *Pinus banksiana* stands in Quebec. Can. J. For. Res. 6 : 357-367.
10. Hatiya, K. et al. 1966. Analysis on the growth of a young larch(*Larix leptolepis*) plantation with excessively high density. J. Jap. For. Soc. 48(12) : 445-448.

11. Kwon, K.C., J.H. Lee, H.E. Kim. 1997. Estimation of thinning period of *Larix leptolepis* GORDON plantation in the central part of Korea. Proc. of the East Asia Workshop on Tree-ring Analysis : 133-140.
12. Murayama, I. and T. Satoo. 1953. Estimation of amount of foliage of tree and stand. I. Bull. Gov. For. Exp. Sta. Tokyo 65 : 1-10.
13. Ovington, J.D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N.S. 21 : 287-314.
14. Satoo, T. 1970. Primary production in a plantation of Japanese Larch. J. Jap. For. Soc. 52(5) : 154-158.
15. Satoo, T. 1974. Primary production relation in a plantation of *Larix leptolepis* in Hokkaido. Bull. Tokyo Uni. For. 66 : 119-126.