

경기도 광주시 태화산 신갈나무림의 생산구조와 생산성¹

손석용², 권기철², 정택상³

Productive Structure and Net Production of *Quercus mongolica* forest in Mt. Taehwa (Kwangju, Kyonggi-do)¹

Suk-Yoeng Son², Ki-Cheol Kwon³ and Taek-Sang Jeong⁴

요 약

경기도 광주군 태화산 서울대학교 중부연습림내 30년생 신갈나무 순림의 생산력을 조사하였다. 8본의 표본목을 흉고직경급별로 별목하여, 각 층별 및 부위별 중량을 측정하고 생산구조를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 신갈나무의 광합성부는 지상부 4m부터 시작되며, 수관의 최대광합성부는 10m를 전후해서 나타났다.
- (2) 지상부의 현존량은 줄기 51.262ton/ha(75.5%), 가지 13.148ton/ha(19.4%), 잎 3.476ton/ha(5.1%), 그리고 지상부 전체 건중량 67.886ton/ha로 나타났다.
- (3) 신갈나무 단순림의 연순생산량은 수간 5.624ton/ha/yr(44.07%), 가지 3.663ton/ha/yr(28.70%), 잎 3.4.76ton/ha/yr(27.23%), Wt 12.763ton/ha/yr로 나타났으며, 특히 가지와 잎의 비율이 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was to investigate the productivity of 30-year-old *Quercus mongolica* forest in the Experimental Forest of Seoul National University located in Mt. Taehwa, Kyonggi-do, Korea. 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.

1. 접수 2002년 6월 2일 Received on Jun 2, 2002

2. 충북대학교 식물자원학과 Dept. of Agronomy, Chungbuk Natl. Univ., Cheongju, Korea. 360-763

3. 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Seoul Natl. Univ., Suwon, Korea. 441-744

4. 한국교원대학교 종합교육연수원 Training Center for In-Service Education, Korea Natl. Univ. of Edu., Cheongwon, 363-791

The allometric regression equations between dry weight of each component(stem, branches, and needles) and D^2H were obtained. The results obtained are summarized as follows; (1) Photosynthetic layer of *Quercus mongolica* was shown at about 4m in height, and maximum needle amount of crown at 10m in height. (2) The total biomass of aboveground was 67.886ton/ha(75.5% from stem, 19.4% from branches and 5.1% from needles). (3) Annual net production of aboveground was 12.76ton/ha/yr, and the ratios of stem, branches and needles to that of aboveground, 44.1%, 28.7% and 27.2%, respectively.

Keywords : *Quercus mongolica*, biomass, net production

서론

천연림의 무육과 이용에 대한 관심은 1980년대 중반에 들어와서 증대되기 시작하여 이제는 국가적 산림정책에도 중요한 부분으로 자리매김 되었다.

천연림은 인공림에 비하여 경제적 가치보다는 환경적, 공익적 가치의 비중이 높은 산림이라 할 수 있다. 따라서 천연림의 무육과 이용을 위한 임업기술은 산림생태계의 본질적인 구조와 기능을 유지할 수 있는 범위 내에서 적용되어야 하며, 산림생태계의 기능을 촉진시키는 방향으로 접근해야 할 것이다. 이러한 관점에서 볼 때 천연림의 무육과 이용에 앞서 천연림의 생태학적 연구, 즉 산림생태계의 종합적인 분석이 선행되어야 한다.

산림생태계에 관한 연구의 경향은 환경구배에 따른 식생구배를 분석하거나, 단일 지역의 식생상태에 대한 조사 결과를 타연구 결과와 비교분석함으로써 산림군집 및 개체군들의 여러 속성을 파악하는 것이 주된 연구방법이다(Chapman, 1976; Whittaker, 1975).

식생구배 또는 식생상태의 분석 방법은 종의 분포와 조성에 중점을 두는 구조적인 측면과 물질의 생산과 이동에 중점을 두는 기능적인 측면으로 크게 구분할 수 있으며, 각각에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다(박과 김, 1986).

수목의 생육은 동화기관인 잎에서 받아들인

태양에너지를 이용한 동화물질의 생산의 결과로서, 삼림에서의 이러한 성장현상은 그 삼림의 물질생산과 분배를 파악하여 규명할 수 있는 것으로서 삼림의 물질생산연구는 이런 측면에서 큰 의의를 갖게 된다(이와 박, 1987). 이러한 물질생산측면의 생태학적 연구가 더욱 발전되어 기초적인 생태계내의 양분순환을 계측하고 현재 식생의 바이오매스를 보속적으로 이용하는 계획을 세울 수 있게 되어 실용적인 산림 유지의 방향을 제공할 수 있게 되었다.

특히, 신갈나무는 우리나라 중부지방 천연림의 대다수를 차지하고 있는 주요 수종이며, 특히 도시 근교림과 농촌 산림과 같이 산불과 별채로 파괴된 후 형성된 2차림에서 우점하고 있는 대표수종이다.

또한 신갈나무는 오늘날에 와서 표고버섯 재배를 위한 골목과 산림생태계의 유지를 위한 대표수종으로서 그 중요성이 크게 부각되고 있는 수종이기도 하다. 따라서 농촌 산림에서 신갈나무의 물질분배에 대한 구명은 매우 중요하며, 이에 본 연구에서는 우리나라의 주요 경제수종인 신갈나무(*Quercus mongolica* Fischer)의 물질생산력과 영양물질의 현존량을 밝힘으로서 실용적인 지력유지와 목재자원의 이용에 대한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

가. 조사지 개황

본 연구는 경기도 광주군 서울대학교 부속 중부연습림(795ha)내 신갈나무 2차림(평균연령 30년생)에서 실시하였다. 본 연구가 수행된 지역은 지리적 위치상 우리나라의 중부지방인 경기도 광주군 도척면에 위치한 태화산이며, 최고봉이 해발 644m이고 좌표상으로 북위 38°18', 동경 127°18'에 위치하고 있다. 이 지역의 최근 5년간 연습림 기상자료를 보면 연평균최고온도 15.9℃, 연평균최저온도 4.4℃, 연평균 강수량이 1,300mm로서 전형적인 온대 중부의 기후 특성을 보이고 있다. 본 조사지의 임분 및 환경 특성에 대한 개황을 표 1에 정리하였다.

나. 임분 및 바이오매스 조사

임목의 바이오매스 측정을 위해서 1999년 8월 14일에서 20일 동안에 신갈나무림을 대상으로 40m×40m 조사구를 설치하여 매목조사를 우선 실시하였다. 그리고 흉고직경이 6~20cm 사이인 임목을 2cm 팔약의 흉고직경급 별로 표본목을 1본씩 총 8본을 선정하여 별목하고 지상부에서 1m 간격으로 줄기, 가지, 잎의 생중량을 측정하였다.

이때 각 표본목에서 줄기, 가지, 잎의 일부를 채취하였으며, 실험실에서 건조기로 100℃ 이상에서 3일간 건조시킨 후 건조량지수를 산출한 후 생중량에 적용시켜 전체 건조량을 계산하였다.

다. 현존량 및 순생산량 추정

현존량의 추정은 D^2H 와 W_s (줄기 건조), W_b (가지 건조), W_l (잎 건조)과의 관계를 대수 회귀식으로 한 상대생장식에 의해서 계산했다. 조사지내의 지상부 현존량(W_t)의 추정은 이 상대생장식을 전입목에 적용시켜,

$$W_t = W_s + W_b + W_l \text{ 로 구하였다.}$$

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 현존량차로 계산하였다.

결과 및 고찰

가. 식생 개황

신갈나무림의 물질현존량 분석을 위한 조사구의 식생 개황을 표 2에 나타내었다. 조사구로 설정된 임분은 인근에 잣나무 조림지가

Table 1. General description of the stand.

Stand characters		환경 특성	
Stand age(yr)	30	Annual mean temp.(℃)	4.4 ~ 15.9
Average height(m)	8.3	Annual precipitation(mm)	1,300
Average DBH(cm)	9.06	Average slope(°)	15
Basal area(m ² /ha)	17.33	Aspect	SW
Gross volume(m ³ /ha)	30.5	Soil texture	loam, sandy loam
Number of tree per ha	1,425	Soil pH (A layer)	5.5

있으며, 평균경사도는 15도로써 증경사지역이고 사면방위는 남서사면, 해발고는 300m이다.

본 임분의 평균흉고직경은 9cm/6cm-20cm로써 소경목 위주의 유령림이다. 절반 이상의 활엽수종이 2개 이상의 줄기로 나뉘어져 있고, ha당 본수는 1,425본, ha당 흉고단면적은 17.3274m²/ha이다. 신갈나무와 굴참나무가 상층임관을 이루고 있고, 밤나무, 잣나무, 산벚나무, 물박달, 산뽕나무, 상수리나무 등이 중층임관을 이루고 있다. 관목층과 초본층의 개체수가 적은 것은 이 지역에서 천연림 간벌작업이 시행되었던 결과이다. 한편, 참나무류의 평균 줄기수는 2개 이상이어서 수형이 불량한데, 이는 이 숲이 맹아갱신으로 형성되었기 때문인 것으로 생각된다.

나. 생산구조 분석

흉고직경과 수고와의 관계를 최소제곱법으로 회귀분석한 결과, 본 조사지의 수고곡선식은

$$H = 11.32372 \times \log D - 0.65505$$

여기서, H = 수고(m), D = 흉고직경(cm)

인 것으로 계산되었고, 이 때 R²은 0.87, F값은 40.14로 1% 수준에서 유의하다.

그림 1은 신갈나무림에서 흉고직경급에 따른 생중량의 수직분포도로서 광합성부는 지상부 4m부터 시작되어 최대광합성부가 10m를 전후하여 나타나고 있다.

Table 2. Vegetation on sample plot(40m×40m) in Mt. Taehwa.

Species	No.	Average height (m)	Average DBH (cm)	No. of sprouts per stump	Basal area (m ² /ha)	Basal area per ha (m ² /ha)
<i>Quercus mongolica</i>	149	9.83 ± 2.25	10.64 ± 3.10	1.53	2.2794	14.2461
<i>Castane crenata</i>	7	9.14 ± 1.31	10.13 ± 2.96	2.14	0.1368	0.8551
<i>Pinus koraiensis</i>	23	7.09 ± 2.35	7.75 ± 2.75	1.04	0.1338	0.8364
<i>Prunus sargentii</i>	8	7.38 ± 2.53	8.22 ± 2.57	1.13	0.0564	0.3524
<i>Quercus variabilis</i>	2	12.00 ± 3.00	12.67 ± 5.56	1.50	0.0460	0.2877
<i>Quercus serrata</i>	1	13.00	11.50 ± 3.50	4.00	0.0457	0.2857
<i>Betula davurica</i>	4	6.75 ± 1.38	7.50 ± 1.75	1.00	0.0190	0.1188
<i>Styrax obassia</i>	9	3.78 ± 0.86	2.86 ± 0.73	2.33	0.0148	0.0923
<i>Morus bombycis</i>	2	9.00 ± 1.00	9.50 ± 0.50	1.00	0.0142	0.0888
<i>Quercus acutissima</i>	3	7.00 ± 2.67	6.33 ± 1.11	1.00	0.0098	0.0614
<i>Lindera obtusiloba</i>	5	3.00 ± 0.40	2.67 ± 0.44	1.20	0.0035	0.0216
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	5	2.60 ± 0.48	2.00 ± 0.00	1.40	0.0022	0.0137
<i>Sorbus alnifolia</i>	1	5.00	4.00	1.00	0.0013	0.0079
<i>Rhus trichocarpa</i>	1	2.00	2.00	1.00	0.0003	0.0020
<i>Juniperus rigida</i>	1	2.00	2.00	1.00	0.0003	0.0020
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1	2.00	2.00	1.00	0.0003	0.0020
Dead tree	6	3.67 ± 1.00	3.86 ± 0.73	1.17	0.0086	0.0535
Dead tree(<i>Quercus mongolica</i>)	12	4.67 ± 1.17	4.83 ± 1.19	1.00	0.0240	0.1502
Dead tree(<i>Pinus koraiensis</i>)	2	6.00 ± 2.00	8.00 ± 2.00	1.00	0.0107	0.0668
Dead tree(<i>Pinus densiflora</i>)	1	5.00	11.00	1.00	0.0095	0.0594
Dead tree(<i>Styrax obassia</i>)	1	3.00	2.00	2.00	0.0006	0.0039
Sum	222	8.30 ± 3.00	9.06 ± 3.66	1.45	2.7638	17.2739

다. 현존량 추정

벌채한 표준목의 D²H와 줄기 건중(Ws), 가지 건중(Wb), 잎 건중(Wl)은 표 3과 같이 나타났으며, 이 결과에서 유도된 상대생장식은 표 4와 같다.

본 연구에서 얻은 신갈나무의 D²H ~ Ws, D²H ~ Wb, D²H ~ Wl 사이의 상대생장식을 표 4에 나타내었으며, 상대생장계수는 각각 0.965192, 1.420059, 1.194716이었다. 이 수치는 이와 박이 1987년 광주군에서 22년생 신갈나무림에서 얻은 상대생장계수 0.9013, 1.1377, 0.9788에 비하여 상당히 높은 수치로써 이 임분의 물질생산량이 상대적으로 우수하다는 사실을 보여준다. 이러한 이유로는 이 임분의 지형조건과 토양환경조건이 비교적 양호하고 기존에 천연림 보육작업이 행하여져서 임목간 경쟁을 완화시켰기 때문이라고 생각된다. 이러한 사실은 본 연구의 각 부위별 상대생장계수를 이와 박(1987)의 연구결과와 서로 비교해보았을 때, 광합성부인 지엽부의 상대생장계수가 크게 더 높다는 점에서도 추정이 가능하다.

한편 Ws ~ Wb, Wb ~ Wl, Wl ~ Ws의 관계를 회귀분석한 결과 표 5와 같은 식이 얻어졌다. 이 식에서 가지 건중과 잎 건중은 다같이 줄기 건중이 증가함에 따라 비례하여 증가함을 알 수 있다. 조사지내의 ha당 현존량을 추정하면 표 6과 같이 줄기 건중은 51.2622ton/ha, 가지 건중은 13.1478ton/ha, 잎 건중은 3.4757ton/ha, 그리고 지상부중은 67.8857ton/ha이었고, 지상부중에 대한 각 기관의 비율은 Ws 75.5%, Wb 19.4%, Wl 5.1%로 나타났다.

라. 순생산량 추정

본 연구에서 30년생 신갈나무 순림의 연순생산량은 수간 5.624ton/ha/yr (44.07%), 가지 3.663ton/ha/yr(28.70%), 잎 3.476ton/ha/yr(27.23%), 지상부 전체 12.763ton/ha/yr로 나타났으며(표 6), 이 결과는 강원도 홍천군 36년생 신갈나무림의 연순생산량(12.72ton/ha/yr)과 비슷하고(이와 박, 1986), 충북 충주시 67년생 신갈나무림의 연순생산량(10.0ton/ha/yr)보다는 약간 높다(송과 이, 1996).

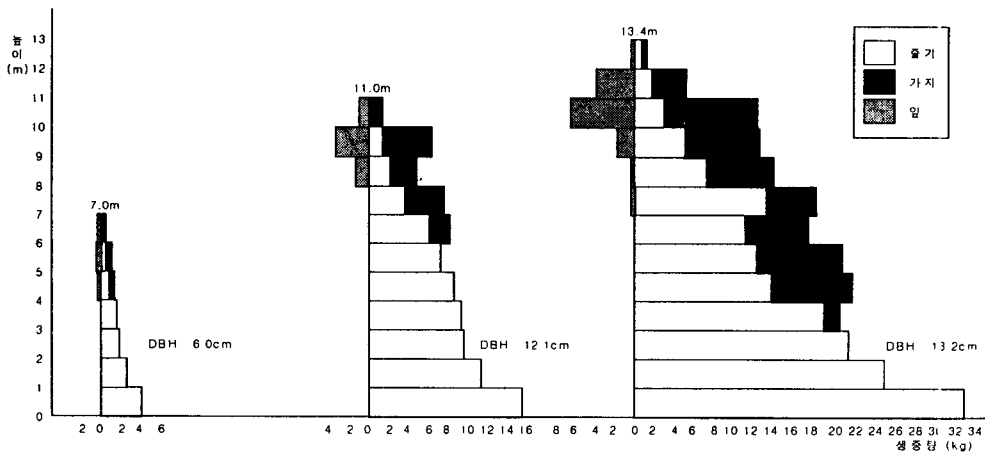


Fig. 1. Vertical biomass distribution for each organ of dominant, intermediate and recessive tree in *Quercus mongolica* forest.

Table 3. Dry weight of tree component (stem, branches and leaves) of sample trees in *Quercus mongolica* forest.

DBH(cm)	Tree height(m)	D ² H	Ws(kg)	Wb(kg)	Wl(kg)
6.1	7.2	267.912	5.550	0.523	0.308
8.2	11.3	759.812	16.865	2.453	0.748
10.8	10.8	1259.712	24.105	5.910	0.740
12.1	11.4	1669.074	36.890	7.550	3.300
14.5	12.5	2628.125	52.450	15.950	4.265
15.6	13.2	3212.352	70.850	20.050	5.668
18.2	13.4	4438.616	83.000	28.260	6.958
19.1	13.6	4961.416	90.868	32.322	7.604

Table 4. The regression equations, the coefficient of determination(R²), and F-value for estimating the biomass of *Quercus mongolica*.

Equation	R ²	F-value
$\log W_s = 0.965192 \log D^2H + 1.57892$	0.994	1078.16***
$\log W_b = 1.420059 \log D^2H - 3.69467$	0.996	1502.67***
$\log W_l = 1.194716 \log D^2H - 3.51087$	0.920	69.12***

*** Indicates significance at 0.001

Table 5. The regression equations, the R², and F-value for estimating the annual net production of *Quercus mongolica*.

Equation	R ²	F-value
$\log W_l = 0.830432 \log W_b - 0.39267$	0.900	54.04***
$\log W_b = 1.464073 \log W_s - 1.36052$	0.992	724.78***
$\log W_l = 1.245128 \log W_s - 1.56781$	0.936	88.10***

*** Indicates significance at 0.001

Table 6. The standing crops and net productions of *Quercus mongolica*

Item	Stem (Ws)	Branches (Wb)	Leaves (Wl)	Total top aboveground(Wt)
Standing crop in current year(tons/ha)	51.2622	13.1478	3.4757	67.8857
Standing crop in last year(tons/ha)	45.6380	9.4845	3.1281	58.2506
Annual net production(tons/ha)	5.6242	3.6633	3.4757	12.7629
Distribution of net production(%)	44.07	28.70	27.23	100.00

특히 침엽수류와 비교하였을 때(권 등, 1998; 이, 1985; 이와 박, 1986; Satoo, 1970), 지상부 전체 순생산량에 대한 가지와 잎의 순생산량 비율이 높게 나타난 것이 특징인데(강과 콕, 1998), 이것은 이 지역의 신갈나무가 통직하지 못하고 줄기가 2-3개로 나뉘어져서 수관부가 크게 되었기 때문으로 생각된다.

이 순생산량에서 줄기와 가지부의 순생산량(건중)은 연간 ha당 9.288ton으로써, 이것을 톱밥으로 제조하였을 때 얻을 수 있는 수익은 252,622,000원으로 추정된다(2등급 톱밥 1m³당 27,200원, 1m³ = 1kg건중, 2001년도 산림청 임산물 가격정보).

결 론

경기도 광주군 서울대학교 중부연습림내 30년생 신갈나무 순림의 생산력을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 신갈나무의 광합성부는 지상부 4m부터 시작되며, 수관의 최대광합성부는 10m를 전후해서 나타났다.
- (2) 지상부의 현존량은 줄기 51.262ton/ha (75.5%), 가지 13.148ton/ha (19.4%), 잎 3.476ton/ha(5.1%), 그리고 지상부 전체 건중량 67.886ton/ha로 나타났다.
- (3) 신갈나무 단순림의 연순생산량은 줄기 5.624ton/ha/yr(44.07%), 가지 3.663ton/ha/yr(28.70%), 잎 3.476ton/ha/yr (27.23%), Wt 12.763ton/ha/yr로 나타났으며, 특히 침엽수림에 비해 가지와 잎의 비율이 큰 비중을 차지하였다.
- (4) 신갈나무 단순림에서 줄기와 가지의 연순생산량을 톱밥으로 만들 때 얻을 수 있는 연간 수익은 252,622,000원/ha로 추정된다.

인용문헌

1. 강상준, 콕애경. 1998. 상대생장법에 의한 남한강 유역 삼림의 생산량 및 생산성 비교. 한림에 17(1) : 8-22.
2. 권기철, 김홍은, 이종희. 1998. 낙엽송 인공 조림 임분의 생산구조와 생산성. 한림에 17(1) : 1-7.
3. 박인협, 김갑덕. 1986. 백운산지역 천연림 생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 한림에 6(1): 1-45.
4. 송철영, 이수옥. 1996. 신갈나무와 굴참나무 천연림 생태계의 현재량 및 물질생산성에 관한 연구. 한림지 85(3) : 443-452
5. 이경재, 박인협. 1987. 경기도 광주지방 22년생 잣나무 및 신갈나무림의 물질생산량과 무기영양물분포. 한림에 7(1) : 11-21
6. 이경재, 박인협, 오구균. 1987. 남산자연공원의 식물군집구조 및 8년간의 식생변화 분석. 한국임학회지76(3) : 206-217.
7. 이수옥. 1985. 강원도산 소나무천연림생태계의 Biomass 및 Net Primary Production에 관한 연구. 한국임학회지 71 : 74-81.
8. 이수옥, 박관화. 1986. 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 한림에 6(1) : 46-58.
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. Whittaker, R.H. 1975. Communities and ecosystems. Macmillian Pub. N.Y. 385p.
11. Ovington, J.D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N.S. 21 : 287-314.
12. Satoo, T. 1970. Primary production in a plantation of Japanese Larch. J. Jap. For. Soc. 52(5) : 154-158.