

浦港 地域의 상수리나무 天然林 生態系의 物質生産에 關한 研究¹

朴寬洙², 權琦遠², 宋鎬京²

Biomass and Net Primary Production of *Quercus acutissima* Natural Forest Ecosystems in Pohang¹

Gwan-Soo Park², Ki-Won Kwon² and Ho-Kyung Song²

要 約

경상북도 포항 지역에서 생육하는 평균 수령 37년생 상수리나무 천연림 생태계의 지상부 현존 생물량 및 연순생산량을 분석하기 위해 2001년 8월에 총 10주의 표본목을 선정 벌목하였다. 수식 $Wt=aD^b$ 를 사용하여 추정된 지상부 총 현존생물량은 115.47ton/ha으로 나타났다. 부위별 구성비는 수간목부 63.9%, 생지부 19.8%, 수피 14.0%, 그리고 잎 1.2%의 순으로 높았다. 총 연순생산량은 7.89ton/ha이었으며, 부위별 구성비는 현존생물량의 경우와는 다르게 수간목부, 수피, 생지부, 그리고 잎의 순 이었다.

ABSTRACT

This study was carried out to estimate aboveground biomass and net primary production in an average 37-year-old *Quercus acutissima* stand of Pohang area. Ten sample trees were cut in the forest and soil samples were collected in August, 2001. Estimation for aboveground biomass and net primary production was made by the equation model $Wt=aD^b$ where Wt is oven-dry weight in kg and D is DBH in cm. Total aboveground biomass was 115.47ton/ha in the study forest. The proportion of each tree component to total aboveground biomass was high in order of bolewood(63.9%), branches(19.8%), bolebark(16.2%) and leaves(1.2%) in the study forest. Aboveground total net primary production was estimated at 7.89ton/ha in the study area.

1. 접수 2002년 5월 23일 Received on May 23, 2002

본 연구는 2001년도 농림부지원 농특 첨단기술개발 과제로 수행된 연구결과의 일부임.

2. 충남대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Chungnam National University, Taejeon, Korea

The proportion of each tree component to total net primary production was high in order of bolewood, bolebark, branch, and leaves.

Keywords : *Quercus acutissima*, biomass, net primary production

緒 論

지구의 전 육상생태계에서 매년 생산되는 물질생산량(net production)은 $100-125 \times 10^9$ ton에 달하는 것으로 알려져 있다(Lieth, 1972). 산림생태계는 지구 육상생태계 지상부 biomass의 약 90%를 차지하고, 초지와 농지 등 육지의 다른 생태계와 비교하여 높은 순생산량(NPP)를 가진다(Waring and Schlesinger, 1985).

1950년대부터 전세계적으로 시작된 산림생태계의 물질현존량 및 순생산량에 대한 연구들은 7, 80년대 목재수요의 지속적인 증가와 함께 주로 목재 자원 이용과 생산력 증진을 위한 기초자료로서의 활용이라는 측면에서 활발히 진행되어 왔다. 우리나라의 경우 전 국토 면적의 약 65%를 차지하는 산림생태계의 현존생물량 및 순생산량에 대한 연구는 외국에 비해 비교적 늦게 시작되었으며, 우리나라의 주요 수종인 소나무(이수옥과 박관화, 1986; 이수옥, 1985; 박인협과 김준선, 1989)와 참나무 천연림(박인협과 문광선, 1994; 최영철과 박인협, 1993)에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다.

참나무류(*Quercus*)는 우리나라의 대표적인 활엽수종으로 그 중요성에도 불구하고 참나무류 각 수종에 대한 적정 생육환경 등 생리·생태 및 물질현존량에 대한 연구는 충분치 못한 실정이며, 이에 대한 연구는 참나무류의 효율적 생산과 이용을 유도하기 위해 필수적으로 규명되어야 할 사항이다. 현재 우리나라에서 참나무류는 질이 좋은 목재까지도 버섯재배용이나 펄프목으로 이용되고 있다. 독일 등 외국의 경우를 볼 때 참나무류는 고부가가

치를 창출할 수 있는 여지가 충분히 있는 수종으로서, 참나무류를 이용하기 위해 선행되어야 할 사항은 수요예측과 함께 공급측면에서 참나무류에 대한 물질현존량의 평가가 이루어져야 한다.

현재 참나무의 현존생물량에 대한 선행연구는 굴참나무(최영철과 박인협, 1993; 박인협과 문광선, 1994; 김시경과 정좌용, 1985; 박관수, 1999; 송칠영과 이수옥, 1996), 신갈나무(김갑덕과 박인협, 1986; 이수옥과 박관화, 1986), 그리고 졸참나무(박인협과 문광선, 1994) 등에서 이루어져 왔다. 상수리나무에 대한 선행연구는 박인협과 문광선(1994)의 보고 외에는 없는 것으로 사료된다. 본 연구는 상수리나무 천연림 생태계의 현존생물량과 순생산량을 조사하여 미래의 참나무류 이용을 위한 기초자료를 제시하고자 실시되었다.

材料 및 方法

1. 조사지 개황

본 연구는 경상북도 포항시 죽장면 가사리에 위치하고 있는 상수리나무 천연림을 대상으로 실시되었다. 본 연구 지역의 천연림은 해발고 560m에 분포하며 주로 남동사면에 분포하고 있었다. 임령은 19-47년으로 평균임령은 37년이었다. 흉고직경은 6cm에서 34cm에 걸쳐서 분포하며, 평균수고는 14.1m였다. 임목본수는 ha당 519본으로 조사되었다(Table 1).

Table 1. General description of *Quercus acutissima* natural stand of Pohang area.

DBH	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6(6.0)	1	19	7.9	10
8(8.0)	1	25	8.2	14
10				34
12(11.2)	1	34	12.0	32
14(13.5)	1	41	12.5	24
16(16.0)	1	35	15.0	68
18(18.0)	1	44	16.0	51
20				54
22(21.0)	1	46	15.0	67
24				47
26(25.0)	1	38	16.8	38
28				16
30(29.0)	1	44	17.0	8
32				32
34(34.0)	1	47	21.0	24
Total	10			519
Average		37.3	14.1	

- ()는 벌채목의 흉고직경

본 연구를 수행한 상수리나무 임지내에 서식하는 식생으로서는 굴참나무, 소나무, 떡갈나무, 산벚나무, 물푸레나무, 개울나무, 쪽동백, 고로쇠나무, 느릅나무, 쪽동백, 느릅나무, 칩, 다래 등이 분포하였다.

2. 표본채취 및 분석방법

2001년 8월에 토양 및 지상부에 대한 시료 채취를 실시하였다. 지상부 현존생물량의 조사를 위해 20m x 20m의 조사구를 설치하여 매목조사를 실시한 후 조사된 흉고직경의 범위내에서 정상적인 형태를 갖는 상수리나무 10개의 표본목을 선정하였다. 선정된 10본의 입목은 지상부 20cm 위치에서 벌도 하였으며 수간부는 2m 간격으로 절단하고 저울을 사용

하여 각 통나무의 생중량을 측정하였다. 건중량 추정을 위하여 각 통나무에서 두께 약 10cm 정도의 원판표본을 분리 측정후 건중량 추정을 위해 실험실로 운반하였다. 가지, 잎, 그리고 죽은 가지들도 분리, 포장하여 현장에서 측정후 표본시료를 실험실로 운반하여 dry oven에서 75-80℃로 항량에 도달될 때까지 건조시켰다.

순생산량을 추정하기 위해 수간목부의 순생산량은 최근 5년간의 재적성장량을 Smalian공식을 사용하여 구하고 이를 다시 5로 나누어 1년간 평균재적성장량을 구한 다음 전체 재적에 대한 비율을 이용하여 건중량을 계산하였다. 수피부에 대한 순생산량은 수간목부의 연간 성장율을 적용 산정하였다. 잎은 채취된 것을 사용하였으며, 생지부는 단목별로 채취된 5개의 가지 밑둥(branch trunk)에서 가지

연령을 측정된 후 Whittaker 공식(Whittaker and Marks, 1975)을 이용하여 추정하였다.

(Whittaker formula)

$$W=Bw / A$$

W: 생지의 1년간 성장량

w: 가지의 목질부와 수피의 건조량(kg)

A: 가지연령(branch age)

B: 가지연령에 대한 가지 건조량의 대수 회귀 방정식에서 얻은 상수(slope constant)

상수리나무 10주의 표본목에서 부위별로 분리 측정된 건조량에 공식 $Wt=aDb$ [Wt: 건조량(kg), D: DBH(cm), a: 상수, b: 지수] 와 같은 모형의 회귀식을 이용하여 현존생물량과 순생산량 방정식을 유도하였다. 매목조사 결과 측정된 매목의 흉고직경을 유도된 공식에 대입하여 매목의 현존량과 순생산량을 구한 후 각각을 합산함으로써 두 수종의 현존생물량과 순생산량을 추정하였다. (Whittaker and Marks, 1975)

토양시료는 조사지역에서 가장 대표적인 임지를 선정하여 토양층위별로 단면조사를 실시한 후 토양층에 따라 시료를 채취하였으며 분석한 결과는 Table 2와 같다.

채취된 토양은 자연 건조한 후 토양 중 유기물함량은 Walkely-Black wet oxidation법으로, 토성은 hydrometer법으로, pH는 1 : 5로 분석하였고, 전질소함량은 Kjeldahl법으로, 치환성 K와 Ca는 ICP를 이용하여 분석하였다 (농업과학기술원, 2000).

結果 및 考察

1. 지상부 현존생물량

본 연구에서 지상부 현존생물량 추정식으로는 표본목의 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 각 부위별 건조량 및 순생산량을 종속변수(Wt)로 하는 상대성장식, $Wt=aD^b$ 를 적용하여 유도하였다. 본 연구에서 대수회귀식의 결정계수(R^2)의 값은 지상부 총 현존생물량의 경우 0.99로 상관관계가 높았으며, 지상부 총량의 63.9%를 차지하는 수간목부도 0.99로 높은 상관관계를 나타냈다(Table 3). 생가지, 수피, 죽은가지, 그리고 잎의 결정계수도 최저 0.90 이상의 상관관계를 나타냈다.

Table 2. Soil characteristics of *Quercus acutissima* stand in Pohang area.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-4	SiC	Granular	6.03	0.38	47.9	0.69	1.67	9.15	5.33
B	4-50	LiC	Blocky	3.17	0.13	22.3	0.44	1.21	8.41	5.10
C	50+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

* OM: Organic matter; Ava-P: Available phosphorous; Exc-K: Exchangeable potassium; Exc-Ca: Exchangeable calcium; CEC: Cation Exchange Capacity

Table 3. Individual tree biomass equation of *Quercus acutissima* in Pohang area. Equation form: $Wt=aD^b$, where Wt is weight in kg and D is DBH in cm.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.203	2.411	0.94
Live branch	-0.053	3.459	0.97
Dead branch	-0.274	2.714	0.90
Bolebark	1.550	2.207	0.98
Bolewood	1.818	2.490	0.99
Total aboveground	1.886	2.586	0.99

지상부 총 현존생물량은 115.47ton/ha으로 나타났다(Table 4). 본 연구의 포항지역 평균 수령 37년생 상수리나무림에서의 115.47ton/ha은 박인협과 문광선(1994)의 전남지역 평균 26-29년생 상수리나무림의 140.1ton/ha 보다 적은 값을 보이고 있으며, 수령이 비슷한 충주지역의 평균수령 40년생 굴참나무림의 115.0ton/ha(박관수, 1999)과 유사한 값을 보이고 있다. 또한, 조사지역이 비슷한 포항에서의 54년생 굴참나무림의 207.0ton/ha보다는 훨씬 적은 값을 보이고 있으며(박관수와 이승우, 2001), 평균 연령이 유사한 포항지역의 37년생 졸참나무림 86ton/ha 보다는 높게 나타났다. 본 연구지역에서의 총현존생물량은 Ovington(1962)에 의한 소련에서의 *Quercus*속 42년생 169.8ton/ha 보다 적은 값을 보이고 있다.

상수리나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서 총량 중 63.9%를 차지하였는데(Table 4), 박인협과 문광선(1994)의 상수리나무림에서의 58.4%보다 약간 높게 나타났다. 생지부는 19.8%로 박인협과 문광선(1994)의 22.6%보다 낮게 나타났다. 수피는16.22ton/ha(14.0%)이었고, 죽은가지는 1.21ton/ha(1.1%)로 나타났다. 잎은 1.37ton/ha으로(1.2%)로 박인협과 문광선(1994)이 보고한 비율 6.2%보다 훨씬 적게 나타났다.

3. 순생산량

임목의 부위별 순생산량을 측정된 값에 공식 $Wt=aD^b$ (Wt: 건중량, D: DBH, a: 상수, b: 지수)를 이용하여 구한 회귀식은 Table 5와

Table 4. Aboveground biomass(ton/ha) of *Quercus acutissima* natural stands in Pohang area.

Tree component	Pohang	%
Foliage	1.37	1.2
Live branch	22.91	19.8
Dead branch	1.21	1.1
Bolewood	73.76	63.9
Bolebark	16.22	14.0
Total aboveground	115.47	100.0

같다. 상수리나무림의 총 순생산량의 결정계수는 0.96으로 비교적 높은 상관관계를 나타냈으며, 다른 부위의 결정계수도 모두 0.91 이상의 상관계수를 나타냈다. 생지부에서의 약간 낮은 결정계수 0.91은 생지부에서 다년간의 축적량에 비하여 짧은 기간의 생산량(NPP)에 변이폭이 크기 때문으로 사료된다(이수욱과 박관화, 1986).

본 연구에서 상수리나무림의 순생산량을 구한 결과는 Table 6과 같다. 상수리나무림의 총 순생산량은 7.89ton/ha으로 총 생물현존량의 6.8%에 해당하였다.

본 연구에서 포항지역에서의 총 순생산량은 평균 임령이 적었던 박인협과 문광선(1994)의 전남 모후산지역에서의 26-29년생 상수리나무림 22.5t/ha보다 훨씬 적은 것으로 나타났다. 본 연구지역에서 보다 전남 모후산지역에서의 상수리나무림의 순생산량이 매우 높게 나타난 것은 임관층의 평균수령이 본 연구지역보다

낮았기 때문으로 사료된다. 임업연구원 자료(주린원, 1995)에 의하면 우리나라 참나무 임분의 순생산량은 9.24ton/ha으로 본 연구의 포항지역에서 보다 약간 높은 것으로 나타났다.

순생산량의 부위별 구성비는 수간목부가 32.5%로 가장 높았으며, 다음이 수피부로 26.9%, 생지부 23.2%, 그리고 잎이 17.4%로 가장 낮았다. 본 연구의 순생산량의 부위별 구성비에 대한 결과는 박인협과 문광선(1994)의 상수리나무림에서의 잎, 수간목부, 가지, 그리고 수피의 순과는 다르게 나타났다.

引用文獻

1. 김갑덕·박인협. 1986. 백운산지역 능선부 신갈나무림의 물질생산에 관한 연구. 서울대연보 22: 1-9

Table 5. Individual tree net primary production equation of *Quercus acutissima* in Pohang area. Equation form: $Wt=aD^b$, where Wt is weight in kg and D is DBH in cm.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.202	2.411	0.94
Live branch	0.702	2.144	0.91
Bolebark	0.573	1.811	0.97
Bolewood	0.824	2.106	0.96
Total aboveground	1.223	2.132	0.96

Table 6. Net primary production(ton/ha) of *Quercus acutissima* natural stands in Pohang area.

Tree component	Pohang	%
Foliage	1.37	17.4
Live branch	1.83	23.2
Bolewood	2.56	32.5
Bolebark	2.13	26.9
Total aboveground	7.89	100.0

2. 김시경 · 정좌용. 1985. 굴참나무천연림의 생산구조 및 물질생산력에 관한 연구. 한국임학회지 70:91-102.
3. 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 농촌진흥청. 202pp.
4. 박관수. 1999. 충주지역의 신갈나무와 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 및 토양 중 탄소고정에 관한 연구. 한국임학회지 88(1):93-100
5. 박관수 · 이승우. 2001. 공주, 포항, 그리고 양양 지역 굴참나무 천연림 생태계의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 90(6):692-698.
6. 박인협 · 김준선. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 물질현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 78(3):323-330.
7. 박인협 · 문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량추정식에 관한 연구. 1994. 한국임학회지 83(2):246-253.
8. 송철영 · 이수옥. 1996. 신갈나무와 굴참나무의 천연림 생태계의 현존량 및 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 85(3):443-452.
9. 이수옥. 1985. 강원도산 소나무 천연림 생태계의 Biomass 및 Net Primary Production에 관한 연구. 한국임학회지 71: 74-81.
10. 이수옥 · 박관화. 1986. 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 임산에너지학회지 6(1):46-58.
11. 주린원. 1995. 속성수 조림을 확대하자. 산림. 임업협동조합중앙회. 160pp.
12. 최영철 · 박인협. 1993. 전남 모후산지역 굴참나무 천연림과 현사시나무 인공림의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 82(2): 188-194.
13. Lieth, H. 1972. Modelling the primary productivity of the world. Ciencia e Cultra 27: 621-5.
14. Ovington, J.D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. Adv. Ecol. Res. 1: 103-192.
15. Waring, R.H. and W.H. Schlesinger 1985. Forest Ecosystems; Concepts and Management. Academic Press, N.Y. 340pp.
16. Whittaker, R.H. and P.L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity in primary productivity of the biosphere. Edited by H. Leith and R. H. Whittaker. Springer Verlag. N.Y. 55-118pp.