

# 서울 남산지역 신갈나무 천연림의 물질생산<sup>1a</sup>

박인협<sup>2\*</sup> · 김동엽<sup>3</sup> · 손요환<sup>4</sup> · 이명종<sup>5</sup> · 진현오<sup>6</sup> · 최윤호<sup>2</sup>

## Biomass and Net Production of a Natural *Quercus mongolica* Forest in Namsan, Seoul<sup>1a</sup>

In-Hyeop Park<sup>2\*</sup>, Dong-Yeob Kim<sup>3</sup>, Yow-han Son<sup>4</sup>, Myong-Jong Yi<sup>5</sup>,  
Hyun-O Jin<sup>6</sup>, Yun-Ho Choi<sup>2</sup>

### 요약

서울특별시 남산지역 신갈나무 천연림의 46~52년생 3개 임분을 대상으로 하층식생과 뿌리를 포함한 현존량, 순생산량, 생산능력 등을 조사하였다. 임분 전체의 현존량은 147.76~278.48t/ha, 순생산량은 6.96~11.11t/ha/yr이었으며, 임분 전체 현존량에 대한 하층 현존량의 구성비는 0.14~1.14%이었다. 현존량축적율은 20.72~25.07로서 장령림에서 노령림으로 이행하는 초기 단계이었으며, 순동화율은 2.79~3.34이었다. 남산지역 신갈나무림은 기 보고된 다른 지역 신갈나무림에 비하여 순동화율 즉, 잎의 광합성 능력과 임분 순생산량이 낮은 특성을 보였는데, 이것은 남산은 대도시의 중앙부에 위치하고 있는 지역으로서 대기오염과 인위적 간섭의 영향이 심하기 때문으로 판단되었다.

주요어 : 현존량, 순생산량, 생산능력

### ABSTRACT

Biomass and net production of the three 46- to 52-year-old natural *Quercus mongolica* stands were investigated in Namsan Park at Seoul. Total above- and belowground biomass including understory vegetation for the three stands ranged from 147.76t/ha to 278.48t/ha and total net production ranged from 6.96t/ha/yr to 11.11t/yr. Understory vegetation biomass for the three stands ranged from 0.14% to 1.14% of total biomass. Biomass accumulation ratio for the three stands ranged from 20.72 to 25.07 and net assimilation ratio as an index of foliage photosynthetic efficiency ranged from 2.79 to 3.34. Net production and net assimilation ratio of this study stands which were located in Namsan Park of central Seoul were low compared to the natural *Quercus mongolica* forests in other districts in Korea.

**KEY WORDS : BIOMASS, NET PRODUCTION, PRODUCTION EFFICIENCY**

1 접수 6월 30일 Received on Jun. 30, 2005

2 순천대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Suncheon National University, Suncheon (540-742), Korea

3 성균관대학교 조경학과 Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Suwon (440-746), Korea

4 고려대학교 환경생태공학부 Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul (136-701), Korea

5 강원대학교 임학과 Department of Forestry, Kangwon National University, Chuncheon (200-701), Korea

6 경희대학교 생명과학대학 College of Life and Biotechnology, Kyunghee University, Yongin (449-701), Korea

a 이 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호: R01-2000-000-00206-0) 지원에 의한 연구 결과의 일부임

\*교신저자, Corresponding author ( inhyeop@suncheon.ac.kr )

## 서론

산림의 물질생산은 환경과 식생의 상호작용에 의하여 성립된 산림내 구성종들의 성장현상의 종합적인 결과이며, 물질생산에 관한 연구는 산림의 생산성과 생태학적 속성을 파악하는 한편, 탄소 고정량 추정 등을 위한 산림자원의 재평가라는 측면에서 중요한 의의가 있다. 물질생산에 대한 해석은 임목의 생장은 동화기관인 잎에서 동화된 물질의 이용 및 축적의 결과라는 관점에서 줄기, 가지, 잎, 뿌리 등 임목 각 부위 및 임분 전체의 현존량, 순생산량, 생산능률 등에 의하여 구명될 수 있다. 물질생산 조사는 적정 수의 표본목을 벌목 조사하여 흉고직경 등을 독립변수로 하고 건중량을 종속변수로 하는 회귀식을 유도한 후 매목조사시 측정된 흉고직경 등을 대입함으로써 추정하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 또한 비교적 간단한 방법으로서 적정수의 표본목을 벌목 조사하여 표본목의 건중량 대 흉고단면적 비와 매목조사시 산출된 조사구 전체의 흉고단면적에 의한 단면적법이 적용되기도 한다(Whittaker and Marks, 1975).

서울특별시 남산지역은 도시내 자연공원으로서 큰 나무의 벌목이 허용되지 않기 때문에 상층목의 경우 표본목을 선정 벌목하여 물질생산을 조사하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 그러나, 천연림은 환경조건에 대한 중간 및 종내 경쟁 결과 입지 분배와 밀도가 자연적으로 조절되기 때문에 동일 수종의 경우 입지에 따른 현존량 회귀식간에는 큰 차이가 없으며, 한 임분에서 유도된 현존량 회귀식을 다른 임분에 적용하더라도 적합도가

높은 것으로 보고되고 있다(Schmitt and Grigal, 1981; Tritton and Hornbeck, 1982). 한편, 남산지역 산림의 면적 구성비는 아까시나무 인공림 29.4%, 신갈나무 천연림 21.3%, 소나무 천연림 17.6% 등으로 천연림 중에서는 신갈나무림의 분포면적이 가장 많은 것으로 보고되었다(이경재 등, 1986).

본 연구는 서울 남산지역 신갈나무 천연림을 대상으로 현존량, 순생산량, 생산능률 등을 조사분석함으로써 물질생산량 및 물질생산구조 등을 파악하는데 목적이 있다. 상층목인 신갈나무 현존량의 경우 임상이 유사한 경기도 광주지역 신갈나무 임분에서 현존량 회귀식을 유도하여 추정하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

본 연구는 서울특별시 남산공원 북향사면의 해발 130~190m에 분포하고 있는 신갈나무 천연림을 대상으로 실시되었다(Table 1). 조사된 3개 임분의 상층목의 평균 수령은 46~52년으로서 임령이 유사한 임분이었다. 임분 1은 임분 2와 3에 비하여 상층목의 밀도가 낮은 반면 평균흉고직경이 컸으며, 밀도와 흉고직경의 종합적인 표현이라고 할 수 있는 흉고단면적이 높았다. 이것은 임분 1의 경우 상대적으로 고지대인 능선에서 이어지는 사면부에 위치하고 있으며 흉고직경 30cm 이상의 대경목 밀도가 비교적 높았던 점을 고려할 때, 인위적 간섭의

Table 1. Characteristics of the study *Quercus mongolica* stands in Namsan

Stand	Altitude (m)	Aspect (°)	Slope (%)	Stand age (yr)	Stand density (#/ha)	Tree height (m)	Average DBH (cm)	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)
1	184	NE	35	46	775	14.0	16.2	25.33
2	133	N	30	46	900	15.3	14.7	18.12
3	158	NE	55	52	1,050	14.3	13.4	18.36

Table 2. Soil characteristics of the *Quercus mongolica* stands in Namsan

Stand	pH (1:5)	Total N (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC	Exch.			
					Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
					meq/100g			
1	4.81	0.16	9.99	16.30	0.102	0.035	0.016	0.060
2	4.25	0.26	16.03	19.14	0.019	0.036	0.015	0.038
3	4.45	0.22	15.87	16.46	0.013	0.028	0.010	0.034

영향을 적게 받은 때문으로 판단된다. 3개 임분을 전반적으로 볼 때 중층에서는 당단풍, 매죽나무, 팔배나무 등의 소경목이 우점종이었으며, 흉고직경 1cm 이하인 하층에서는 진달래가 우점종이었다. 임분별 4개 지점에서 유기물층을 걷어낸 후 0~20cm 깊이에서 채취한 토양을 분석한 임분별 토양특성의 평균치는 Table 2와 같다.

## 2. 조사방법

### 1) 매목조사

중층을 포함한 상층은 신갈나무 3개 임분에 각각 20m×20m 조사를 설치하여 매목조사를 하였으며, 하층은 상층 조사구내에 4m×4m 소조사구를 5개씩 설치하여 매목조사를 하였다. 중층을 포함한 상층의 매목조사는 수종, 흉고직경 등을 조사하였으며, 하층의 경우 수종, 근원직경 등을 조사하였다.

### 2) 상층목 현존량과 순생산량

서울특별시 남산지역은 도시내 자연공원으로서 큰 나무의 벌목이 허용되지 않는 점을 고려하여, 상층목인 신갈나무의 현존량은 임상이 유사한 경기도 광주지역 신갈나무림에서 10주의 표본목을 선정 벌목하여 측정 한 자료에 의한 회귀식을 유도하여 추정하였다. 표본목의 선정과 측정 방법은 Whittaker와 Marks(1975)의 dimension analysis를 적용하였다. 흉고직경급별로 고르게 분포하도록 선정된 10주의 표본목을 벌목하여 줄기, 가지, 잎으로 구분하여 생중량을 측정하였다. 줄기는 2m 간격으로 절단하여 생중량을 측정한 후, 절단한 통나무의 중앙부에서 5-10cm 두께의 원판을 채취하였다. 원판은 생중량을 측정한 후 85℃에서 항량이 될 때까지 건조시켜 건중량을 측정하고 건중량대 생중량비를 산정하였다. 가지와 잎은 표본목별 생중량을 각각 측정하고 임분별 무작위 3반복으로 시료를 채취하여 생중량과 건중량을 측정한 후 건중량대 생중량비를 산정하였다. 뿌리의 경우 표본목 중 2개 평균목의 뿌리를 가급적 전량 굴취하여 생중량을 측정하고 시료를 채취하여 건중량대 생중량비를 산정하였다. 각 표본목의 줄기 건중량은 2m 길이의 통나무 생중량과 중앙부 원판의 건중량대 생중량비에 의하여 산출된 통나무 건중량의 합으로 하였다. 가지, 잎, 뿌리의 건중량은 각각의 생중량과 시료의 건중량대 생중량비에 의하여 환산하였다. 현존량은 표본목 측정치에 의하여 일반적으로 적합도 및 실용성이 높은 것으로 인정되고 있는 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 부위별 건중량과 순생산량(Y)을 종속변수로 하는 대수회귀식(logY=A+BlogD)을 부위별로 유도한 후, 남산지

역 3개 임분의 매목조사시 측정 한 조사구내 개체목의 흉고직경 측정치에 의하여 추정하였다(Pastor 등, 1984; Whittaker와 Marks, 1975). 뿌리의 경우 흉고단면적법을 적용하였다(Satoo, 1970).

연간 순생산량은 Grier와 Logan(1977)의 방법을 참조하여 추정하였다. 남산지역 3개 임분에서 2cm의 흉고직경급별 신갈나무의 흉고부에서 채취한 목편의 수피두께(B), 수피내직경(Di), 최근 5년간 연평균수피내직경성장량(ΔDi) 등의 측정치와 매목조사시 측정 한 현년도 흉고직경(D)에 의하여 전년도 흉고직경(d)을  $d=D-(\Delta Di+\Delta B)=D-\Delta Di \times D/Di$  식을 적용하여 산정하였다. 개체목별 전년도 흉고직경(d)을 현존량의 대수회귀식에 대입하여 전년도의 현존량을 구하고 전년도의 현존량에서 전년도의 현존량을 뺀 값을 순생산량으로 하였다. 잎의 순생산량은 잎의 현존량으로 하였고, 뿌리의 경우 뿌리의 현존량에 지상부 순생산량대 현존량비를 곱하여 산출하였다(Whittaker와 Marks, 1975).

### 3) 중하층목 현존량과 순생산량

벌목이 가능한 중층의 소경목과 하층은 남산지역 3개 임분에서 우점종인 당단풍, 매죽나무, 팔배나무, 진달래 등 4개 수종별 3주씩의 표본목을 선정하여 뿌리채 굴취하고 흉고직경 또는 근원경, 최근 3년간 직경성장량 및 줄기, 가지, 잎, 뿌리 등의 부위별 건중량을 조사하였다. 현존량은 흉고부 또는 근원부 단면적에 의한 단면적법(Satoo, 1970)을 적용하였으며, 드물게 출현하는 다른 수종의 경우 성장형이 유사한 표본목의 건중량대 단면적 비를 적용하였다. 순생산량은 최근 3년간 연평균 단면적성장량대 단면적 비에 의하여 추정하였다. 잎 순생산량은 잎의 현존량으로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 표본목 측정

경기도 광주지역 신갈나무 표본목 측정치에 의하여 유도된 지상부 부위별 현존량 대수회귀식과 적합도 검정 결과는 Table 3과 같다. Whittaker와 Woodwell(1968)은 대수회귀식의 적합도 검정에 있어서 결정계수(R<sup>2</sup>)는 표본목의 흉고직경 범위에 영향을 받기 때문에, 회귀식에 대한 측정치의 산포도 즉, 적합도는 표준오차(SEE)의 역대수치인 상대오차추정치(estimates of relative error, E)에 의하여 합리적으로 나타낼 수 있다고 하였다. 상대오차추정치는 추정치의 표준오차에 의하여 산정되는데, 대수회귀식의 경우 추정치의 표준오차는 logY에

Table 3. Aboveground biomass regressions for *Q. mongolica* in Gwangju, Gyeonggi-do. Equations follow the form  $\log Y = A + B \log X$ , where  $Y$  is component dry weight in g,  $X$  is DBH in cm and  $E$  is the estimate of relative error.

Component	A	B	R <sup>2</sup>	E
Stem	2.557	2.030	0.973	1.179
Branch	0.370	3.605	0.969	1.369
Foliage	0.855	2.331	0.951	1.293
Above-ground total	2.339	2.381	0.996	1.078

Table 4. Distribution of dry weight among tree components for the three dominant small trees in overstory and a dominant shrub species in understory in Namsan

Species	Stem(%)	Branch(%)	Foliage(%)	Root(%)	Root/shoot ratio
<i>Acer palmatum</i>	46.5	23.2	6.9	23.4 b	0.31 b
<i>Styrax japonica</i>	50.0	21.6	5.8	22.6 b	0.29 b
<i>Sorbus alnifolia</i>	57.4	16.3	5.2	21.1 b	0.27 b
<i>Rhododendron mucronulatum</i> *	-	-	5.8	35.1 a	0.54 a
F-test significance level	NS	NS	NS	0.028	0.017

\* Distribution of shoot (stem and branch) dry weight was 59.1%.

Means with different letters within columns are statistically different at  $p < 0.05$ .

서 가감된 대수치이기 때문에 상대오차추정치는 추정치의 표준오차의 역대수치가 된다. 이때 상대오차추정치가 1.10이라는 것은 기대오차의 범위가  $1.10Y \sim Y/1.10$ 이라는 것을 의미하게 된다. Whittaker *et al.*(1974)는 변량간에 밀접한 관계가 있을 때 1.0~1.2, 비교적 낮은 관계일 때 1.5~2.0의 값을 보인다고 하였다. 본 조사에서 부위별 대수회귀식의 상대오차추정치는 모두 1.4 이하의 값을 보임으로써 적합도가 비교적 높았다.

남산지역 3개 임분에서 굴취하여 조사한 층층의 우점종인 당단풍, 때죽나무, 팔배나무와 하층의 우점종인 진달래 표본목의 부위별 건조량 구성비 및 Duncan의 다중검정 결과는 Table 4와 같다. 당단풍, 때죽나무, 팔배나무 등 3개 수종의 부위별 건조량 구성비는 줄기 46.5~57.4%, 가지 16.3~23.2%, 잎 5.2~6.9%, 뿌리 21.1~23.4% 이었으며, 3개 수종간 유의적인 차이가 없었다. 하층의 우점종인 관목류인 진달래는 줄기와 가지 59.1%, 잎 5.8%, 뿌리 35.1%로서, 뿌리의 경우 층층의 3개 수종에 비하여 유의적으로 높은 값을 보였다. Whittaker와 Marks(1975)는 뿌리/지상부 비는 교목류에서는 전반적으로 묘목은 0.4 이상, 유령목은 0.2~0.3, 대경목은 0.2 이하이며, 관목류는 교목류에 비하여 높은 값을 보인다고 하였다. 본 조사지의 뿌리/지상부 비는 층층의 교목류 유령목인 당단풍, 때죽나무, 팔배나무는 각각 0.31, 0.29, 0.27, 관목류인 진달래는 0.54로서

Whittaker와 Marks(1975)의 보고와 유사한 경향이였다.

## 2. 물질생산

임분 1, 2, 3에서 층층을 포함한 상층의 현존량은 각각 278.08, 151.36, 146.08t/ha이었으며, 하층의 현존량은 각각 0.40, 0.64, 1.68t/ha이었다(Table 5). 임분 전체 현존량에 대한 하층 현존량의 구성비는 임분 1, 2, 3에서 각각 0.14, 0.42, 1.14%로 산출되는데, 강원지방 신갈나무림 1.04%(박인협 등, 2003), 남부지방 신갈나무림 4.59%(Park *et al.*, 2005), 중부지방 굴참나무-신갈나무림 1.10%(Son *et al.* 2004)에 비하여 전반적으로 볼때 낮은 값을 보였다. 이것은 남산지역 신갈나무 임분의 경우 약수터와 인접하고 있으며 등산로가 산재하였던 점을 고려하면 인위적 간섭이 비교적 심하기 때문이라고 판단된다. 임분 전체의 현존량은 147.76~278.48t/ha, 순생산량은 6.96~11.11t/ha/yr이었다. 다른 지역의 연구 결과로서 남부지방 36년생 신갈나무림 각각 115.58t/ha, 12.56t/ha/yr(Park *et al.*, 2005), 중부지방 31년생 굴참나무-신갈나무림 각각 216.17t/ha, 16.64t/ha/yr(Son *et al.* 2004), 강원지방 50년생 신갈나무림 각각 495.07t/ha, 21.85t/ha/yr(박인협 등, 2003)와 본 조사지 신갈나무 임분의 임령이 46~52년(Table 1)인 것을 고려하면, 본 조사지인 남산지역 신갈나무 임분의 현존량은 강원지방

Table 5. Biomass and net production for the *Quercus mongolica* stands in Namsan.

	Biomass (t/ha)			Net production (t/ha/yr)		
	Stand 1	Stand 2	Stand 3	Stand 1	Stand 2	Stand 3
<i>Overstory</i>						
<i>Stem</i>	188.56	101.58	97.51	4.52	2.51	2.44
<i>Branch</i>	51.89	22.59	21.27	2.24	1.21	1.22
<i>Foliage</i>	3.31	2.40	2.46	3.31	2.40	2.46
<i>Roots</i>	34.32	24.79	24.84	0.99	0.75	0.77
<i>Total</i>	278.08	151.36	146.08	11.06	6.87	6.89
<i>Understory</i>						
<i>Stem and branch</i>	0.24	0.38	1.00	0.02	0.03	0.09
<i>Foliage</i>	0.02	0.04	0.10	0.02	0.04	0.10
<i>Roots</i>	0.14	0.22	0.58	0.01	0.02	0.05
<i>Total</i>	0.40	0.64	1.68	0.05	0.09	0.24
<i>Stand total</i>	278.48	152.00	147.76	11.11	6.96	7.13

Table 6. Biomass accumulation ratio and net assimilation ratio for the *Quercus mongolica* stands in Namsan

	Stand 1	Stand 2	Stand 3
Biomass accumulation ratio*	25.07	21.84	20.72
Net assimilation ratio**	3.34	2.85	2.79

\* Stand total biomass / stand total net production

\*\*Stand total net production / stand total leaf biomass

보다 낮고 남부지방, 중부지방과는 유사한 수준이라고 할 수 있으며, 순생산량은 가장 낮은 수준이었다. 본 조사지의 경우 순생산량이 가장 낮은 것은 대도시의 중앙부에 위치하고 있는 지역으로서 대기오염과 인위적 간섭이 가중되기 때문으로 판단된다.

현존량과 순생산량에 의하여 산출한 현존량축적율은 임분 1, 2, 3에서 각각 25.07, 21.84, 20.72이었다 (Table 6). 온대활엽수림의 경우 현존량축적율은 유령림 일 때 9 내외, 장령림 13~21, 노령림 29~40, 성숙림 41~52의 값을 보인다는 Whittaker(1966)의 보고를 고려하면, 3개 임분 모두 장령림에서 노령림으로 이행하는 초기 단계임을 알 수 있다. 순동화율 즉, 잎의 광합성 능력은 임분 1, 2, 3에서 각각 3.34, 2.85, 2.79이었다. 순동화율은 임지 생산력의 지표가 되며 유럽과 북미 지역 온대림의 평균치가 3.71이라는 Zavitkovski와 Stevens (1972)의 보고와 한국의 남부지방 신갈나무림 4.03 ((Park *et al.*, 2005), 강원지방 신갈나무림 4.05(박인협 등, 2003), 중부지방 굴참나무-신갈나무림 3.79(Son *et al.* 2004)인 것을 고려하면, 본 조사지의 임지 생산력은 비교적 낮은 수준이었다.

이상을 종합하면, 본 조사지인 서울특별시 남산지역의 신갈나무림은 장령림에서 노령림으로 이행되는 초기 단계이었으며, 기 보고된 다른 지역 신갈나무림에 비하여 잎의 광합성 능력과 임분 순생산량이 낮은 특성을 보였다. 이것은 남산은 대도시의 중앙부에 위치하고 있는 지역으로서 대기오염과 인위적 간섭의 영향이 심하기 때문으로 판단된다.

## 인용 문헌

- 박인협, 서영권, 김동엽, 손요환, 이명중, 진현오(2003) 강원도 춘천지역 신갈나무 임분과 굴 참나무 임분의 물질생산. 한국임학회지 92(1): 52-57.
- 이경재, 오구균, 김윤수, 박인협, 박종무(1986) 남산공원의 자연환경실태 및 보전대책. 남산공원관리사무소보고서, 78쪽.
- Grier, C.C. and R.S. Logan(1977) Old-growth *Pseudotsuga menziesii* communities of a western Oregon watershed: Biomass distribution and production budget. Ecol. Monogr. 7: 373-400.
- Park, I.H., Y. Son, D.Y. Kim, H.O. Jin, M.J. Yi, R.H. Kim and

- J.O. Hwang(2005) Biomass and production of a naturally regenerated oak forest in southern Korea. *Ecological Research* 20: 227-231.
- Pastor, J., J.D. Aber and J.M. Melillon(1984) Biomass production using generalized allometric regressions for some northeast tree species. *For. Ecol. Manage.* 7: 265-274.
- Satoo, T(1970) A synthesis of studies by the harvest method : Primary production relations in the temperate deciduous forest of Japan, pp. 55-72. In : D.E. Reichle, d. Analysis of Temperate Forest Ecosystems. Springer-Verlag, New York.
- Schmitt, M.D.C., and D.F. Grigal(1981) Generalized biomass estimation equation for *etula papyrifera* marsh. *Can.J.For.Res.* 11: 837-840.
- Son, Y., I.H. Park, M.J. Yi, H.O. Jin, D.Y. Kim, R.H. Kim and J.O. Hwang(2004) Biomass, production and nutrient distribution of a natural oak forest in cetral Korea. *Ecological Research* 19: 21-28.
- Tritton, L.M. and J.W. Hornbeck(1982) Biomass equations for major tree species of the northeast. USDA For. Serv. Northeast For. Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. NE-69. 46pp.
- Whittaker, R.H(1966) Forest dimension and production in the Great Smoky Mountains. *Ecology* 47(1) : 103-121.
- Whittaker, R.H., F.H. Bormann, G.E.Likens and T.G. Siccama(1974) The Hubbard Brook ecosystem study: Forest biomass and production. *Ecological Monographs* 44: 233-252.
- Whittaker, R.H. and G.M. Woodwell(1968) Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest, New York. *J. Ecol.* 56: 1-25
- Whittaker, R.H. and P.L. Marks(1975) Methods of assessing terrestrial productivity. pages 55-118. In : H. Lieth and R.H. Whittaker, ed. Primary Productivity of the Biosphere. Springer-Verlag, New York.
- Zavitkovski, J. and R.D. Stevens(1972) Primary productivity of red alder ecosystems. *Ecology* 53(2) : 235-242.
- 최종심사일 : 2005년 8월 30일 3인익명 심사필.**