

왕대屬 대나무林的 物質生産 및 無機營養物 分配에 관한 研究^{1*}

朴仁協² · 柳哲煒²

Biomass, Net Production and Nutrient Distribution of Bamboo *Phyllostachys* Stands in Korea^{1*}

In Hyeop Park² and Suk Bong Ryu²

要 約

왕대속 대나무림의 물질생산 및 무기영양물 분배를 파악하기 위하여 전라남도 순천시에 위치하고 있는 죽순대, 왕대, 솜대 등 왕대속 3개 종의 임분을 대상으로 임분별 10m×10m 조사구 5개씩을 설치한 후 임분구조 및 竹稈, 가지, 잎, 地下莖, 뿌리 등 지하부를 포함한 대나무 전체의 부위별 현존량, 순생산량, 생산능력, 무기영양물 분배 등을 조사분석하였다. 竹稈의 평균흉고직경, 竹高, 흉고단면적은 죽순대, 솜대, 왕대 임분의 순으로 컸다. 흉고직경 또는 흉고직경과 죽고를 독립변수로 하는 3개 유형의 현존량 대수회귀식을 임분별, 부위별로 유도 검증한 결과 적합도와 실용성을 고려할 때 흉고직경을 독립변수로 하는 대수회귀식($\log Wt = A + B \log D$)이 효과적이었다. 직선 대수회귀식이 되는 흉고직경 또는 흉고직경과 수고(D^2H)를 독립변수로 하는 2개 유형의 3개 종별 현존량 대수회귀식의 기울기와 절편간의 차이 유무를 검증한 결과 2개 유형 모두 절편간에 유의적인 차이를 보임으로써 왕대속 3개 종의 일괄추정식은 오차가 클 것으로 판단되었다. 지하부를 포함한 임분 전체의 現存量은 죽순대 103.62t/ha, 솜대 86.447t/ha, 왕대 36.767t/ha의 순으로 많았으며 비교적 큰 차이를 보였다. 동화기관인 잎의 현존량 구성비는 6.3-7.8%이었으며, 지상부와 지하부의 현존량 비는 1.87-2.26이었다. 지하부를 포함한 임분 전체의 純生産量은 죽순대 6.115t/ha/yr, 솜대 5.609t/ha/yr, 왕대 3.252t/ha/yr의 순으로 많았다. 純同化率은 죽순대 임분 2.979, 솜대 임분 2.752, 왕대 임분 2.187의 순으로 높았으며, 現存量蓄積率은 2.679-5.358의 범위를 보였다. 부위별 무기영양물 농도는 3개 종 모두 N, P, Mg는 잎, 지하부, 竹稈과 가지의 순으로 높았으며, Ca는 잎, 죽간과 가지, 지하부의 순이었다. 지하부를 포함한 대나무 전체의 무기영양물 함량은 N, K, Ca와 Mg, P의 순으로 많았다. 3개 종의 임분 현존량에 있어서 차이를 보이는 것은 竹稈密度는 큰 차이가 없었으나 竹稈의 크기가 다르며, 동화기관인 잎의 현존량, 순동화율, 비교적 장기간의 축적기관인 죽간 생산능력 등에서 차이가 있기 때문이었다.

ABSTRACT

Three *Phyllostachys* stands of *P. pubescens*, *P. bambusoides* and *P. nigra* var. *henonis* in Suncheon were studied to investigate biomass, net production and nutrient distribution. Five 10mx10m quadrats were set up and 20 sample culms of 2 years and over were harvested for dimension analysis in each stand. One year old culms and subterranean parts were estimated by the harvested quadrat method. The largest mean DBH, height and basal area were shown in *P. pubescens* stand, and followed by *P. nigra* var. *henonis* stand and *P. bambusoides* stand. There was little difference in accuracy among

¹ 接受 1996年 4月 8日 Received on April 8, 1996.

² 順天大學校 農科大學 山林資源學科 College of Agriculture, Suncheon National University, Chonnam 540-742, Korea.
* 이 논문은 1994년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구 되었음.

three allometric biomass regression models of $\log Wt = A + B \log D$, $\log Wt = A + B \log D^2 H$ and $\log Wt = A + B \log D + C \log H$, where Wt , D and H were dry weight, DBH and height, respectively. Analysis of covariance showed that there were significant differences in intercept among the linear allometric biomass regressions of three *Phyllostachys* species. Biomass included subterranean parts was the largest in *P. pubescens* stand (103.621t/ha), and followed by *P. nigra* var. *henonis* stand (86.447t/ha) and *P. bambusoides* stand (36.767t/ha). Leaf biomass was 6.3% to 7.8% of total biomass in each stands. The ratio of aboveground biomass and subterranean biomass in each stand was 1.87 to 2.26. Net production included subterranean parts was the greatest in *P. pubescens* stand (6.115t/ha/yr), and followed by *P. nigra* var. *henonis* stand (5.609t/ha/yr) and *P. bambusoides* stand (3.252t/ha/yr). The highest net assimilation ratio was estimated in *P. pubescens* stand (2.979), and followed by *P. nigra* var. *henonis* stand (2.752) and *P. bambusoides* stand (2.187). Biomass accumulation ratio of each stand was 2.679 to 5.358. Concentrations of N, P and Mg were the highest in leaves, and followed by subterranean parts, and culms+branches in all three species. Concentration of Ca was the highest in leaves, and followed by culms+branches, and subterranean parts in all three species. The difference in biomass among three species stands was caused by their culm size, leaf biomass, net assimilation ratio, and efficiency of leaves to produce culms.

Key words : Bamboo *Phyllostachys*, biomass, net production, nutrient distribution

緒 論

대나무류는 한국, 일본, 중국, 말레이시아 등의 동남아시아와 남미, 아프리카 등지의 온대, 아열대, 열대지역에 걸쳐 1,000여 종이 분포하고 있다(Isagi 등, 1993; Oshima, 1961). 한국에는 죽간이 크게 자라며 순림을 이루고 있는 왕대속(*Phyllostachys*)과 죽고 2m 내외로 죽간이 작고 일반적으로 교목림의 하층식생을 이루고 있는 이대속(*Pseudosasa*), 신이대속(*Sasa*) 등의 3속 11종이 자생 또는 식재되고 있다(이창복, 1973). 왕대속의 경우 한국에는 주로 남부지방에 죽순대, 왕대, 솜대 등 3개 종의 대나무림이 약 5,000여 ha 정도 구성되어 있으나 생산량이 저조하여 매년 많은 양의 죽재를 수입하고 있는 실정이며, 이러한 원인은 대나무림의 면적이 좁아서라기 보다는 단위면적당 생산성이 매우 낮기 때문인 것으로 보고되고 있다(이승호, 1985). 따라서, 대나무림의 효율적인 經營管理에 필요한 綜合的인 生産生態學的 情報의 구명이 중요한 과제라고 할 수 있다.

산림의 생산성은 삼림내 구성종들의 생장현상의 종합적인 결과이며 식물의 생장은 동화기관인 잎에서 동화된 동화물질의 이용 및 축적의 결과이다. 따라서 대나무림의 成長特性, 生産構造, 生産性 등의 종합적인 생산생태학적 정보를 파악하기 위해서는 竹稈, 가지, 잎, 지하경, 뿌리 등

각 기관 및 임분 전체의 현존량, 순생산량, 생산능률 등에 의한 物質生産 및 無機營養物 분배에 관한 연구가 이루어져야 한다. 또한 물질생산에 관한 연구는 앞으로 대체에너지원으로서 biomass 자원의 개발이용이라는 측면에서도 중요한 의의를 갖는다. 국내에서의 대나무류에 대한 물질생산에 관한 연구는 죽고가 낮고 교목림의 하층식생을 이루는 조릿대에 대한 연구(김갑덕 등, 1984; 김갑덕과 박인협, 1989)가 보고 되었으나, 죽간이 크고 순림을 이루는 왕대속의 물질생산 및 무기영양물 분배에 관한 연구는 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 한국에 분포하고 있는 대나무류중 죽간이 크게 자라고 순림을 이루고 있어서 죽재 및 biomass 자원으로 활용성이 높은 왕대속의 죽순대, 왕대, 솜대 등 3개 종의 대나무 임분을 대상으로 지하부를 포함한 현존량, 순생산량, 무기영양물 분배 등을 조사분석함으로써 왕대속 3개 종의 生産性, 生産構造, 生産能率, 無機營養物 분배 등의 차이와 종합적인 生産生態學的 情報를 파악하는 한편 지상부 현존량 추정을 위한 효과적인 추정식을 제시하는데 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 調査地 概況

본 연구는 전라남도 광역순천시 서면과 주암면

(북위 127°10'-30', 동경 35°00'-10')에 위치하고 있는 왕대속의 죽순대, 왕대, 솨대 등 3개 종의 대나무 순림을 대상으로 실시되었다. 3개 종 임분의 해발고는 100-200m, 경사도는 5-15°이었으며 죽순대 임분과 왕대 임분은 남동사면, 솨대 임분은 북동사면에 위치하고 있었다. 임분 면적은 죽순대 0.8ha, 왕대 5ha, 솨대 1.6ha이었다. 왕대 임분의 경우 하층식생으로서 차나무가 피도 약 25% 정도로 출현하고 있었으며 죽순대임분과 솨대 임분에서는 하층식생이 거의 없었다.

2. 調査 方法

(1) 調査區 設定 및 基礎調査

林緣效果를 배제하기 위하여 임분 가장자리에서 10m 이상 떨어진 임분 내부에서 3개 종의 임분별 10m×10m 조사구 5개씩을 무작위추출법에 의하여 설정하였다.

식생조사는 왕대속 대나무류는 봄에 竹稈이 발생한 후 가을에 성숙 죽간이 되는 성장 특성(이창복, 1974 ; Isagi 등, 1993)을 고려하여 1994년 가을에 각 조사구내의 죽간에 표찰을 부착한 후 新竹이 발생 성숙된 1995년 가을에 각 조사구내에서 2년생 이상의 죽간과 1년생 죽간을 구분하여 흉고직경, 竹高, 竹稈密度 등을 측정하였다.

토양조사는 각 조사구의 중앙부에서 낙엽을 걷어낸 후 5-30cm 깊이에서 토양시료를 취하여 토양수분, 토양산도, 전질소와 유효인산 함량, 주요 양이온치환용량 등을 분석하였다. 토양시료의 채취시기는 1994년 9월이었다.

(2) 物質生産

① 現存量

대나무류는 상록성으로서 竹稈은 1년만에 성장을 완료하나 가지와 잎 등은 낙지, 낙엽과 함께 지속적으로 발생하기 때문에 竹稈과는 달리 가지와 잎의 건중량의 경우 1년생 竹이 2년생 이상 죽에 비하여 상당히 적은 특성을 가지고 있다(Oshima, 1961). 그러한 사실을 고려하여 지상부 현존량은 1년생 죽과 2년생 이상 죽을 구분하여 다음과 같이 조사한 후 합산한 값을 임분의 지상부 현존량으로 하였다.

2년생 이상 죽의 지상부 현존량은 標本竹을 선정 별채 측정된 후 상대성장식을 유도하여 추정하였다(Whittaker와 Marks, 1975). 표본죽은 식생조사 결과를 토대로 3개 종 임분별 20주씩 총

60주를 각 임분별 흉고직경의 전체 범위내에서 흉고직경급별로 고르게 분배되도록 선정하였다. 선정된 임분별 20주씩 총 60주의 표본죽을 지상부에서 별채한 후 竹稈, 가지, 잎 등의 부위로 구분하여 생중량을 측정하였다. 건중량은 임분별 5주씩 부위별 500-1000g의 시료를 취하여 생중량을 측정하고 85℃에서 약 7일간 건조시켜 건중량을 측정하고 후 시료의 건중량대 생중량비에 의하여 환산하였다. 상대성장식은 3개 종 임분별, 부위별 각 표본죽의 건중량 측정치에 의하여 비교적 적합도가 높은 것으로 보고되고 있는(Whittaker와 Marks, 1975) 3개 유형의 대수회귀식($\log Y = a + b \log D$, $\log Y = a + b \log D^2 H$, $\log Y = a + b \log D + c \log H$; D는 흉고직경, H는 竹高)을 유도하고 추정오차를 비교하였다. 한편, 3개 종 일괄대수회귀식의 가능성을 타진하기 위하여 공분산분석을 하였다(SAS, 1991). 현존량은 상대성장식($\log Wt = A + B \log D$)과 식생조사시 측정된 임분별 각 조사구내 2년생 이상 죽간의 측정치에 의하여 임분별, 부위별 지상부 현존량을 추정하였다.

1년생 죽의 지상부 현존량은 상대적으로 죽의 수가 적은 점을 고려하여 각 조사구내 1년생 죽을 모두 별채하고 부위별로 구분하여 생중량을 측정하고 후 부위별 시료의 건중량대 생중량비에 의하여 임분별, 부위별 건중량을 산정하였다.

지하부 현존량은 식생조사 및 지상부 현존량 조사시 설정한 임분별 5개 지상부 조사구의 중앙부에서 1m×1m 면적 내부의 地下部를 굴취 세척한 후 地下莖과 뿌리로 구분하여 생중량을 측정하고 건중량환산용 시료 측정치에 의하여 임분별, 부위별 지하부 현존량을 산정하였다.

② 純生産量

대나무류의 성장특성(Oshima, 1961)을 고려하여, 2년생 이상 죽의 가지와 잎의 순생산량은 현존량 조사시 선정 별채한 표본죽에서 1년생 가지와 잎을 구분하여 생중량을 측정하고 건중량환산용 시료 측정치에 의하여 건중량을 산정한 후 임분별로 標本竹 전체의 가지, 잎의 건중량과 조사구내 2년생 이상 전체 죽의 흉고단면적대 표본죽 흉고단면적비를 곱한 값으로 하였다. 임분의 지상부 부위별 순생산량은 죽간의 경우 1년생 죽의 죽간 현존량으로 하였으며, 가지와 잎은 1년생 죽의 현존량과 2년생 이상 죽의 순생산량을 합산한 값으로 하였다.

지하부 순생산량은 지하부 현존량과 지상부 순생산량대 현존량비를 곱한 값으로 하였다(Whittaker와 Marks, 1975).

(3) 無機營養物

식물 생장과 중요한 관계가 있는 N, P, K, Ca, Mg 등의 5개 원소에 대하여 3개 종 임분별, 3개 부위(잎, 죽간과 가지, 뿌리)별 3점씩의 시료를 일정량 취하고 85℃에서 약 7일간 건조시킨 후 분쇄기로 분쇄하여 분석하였다. N은 Kjeldahl법, P는 molybdenum blue법, K는 열광분석법, Ca와 Mg는 원자흡광분석법을 사용하였다(Allen 등, 1986). 임분별, 부위별 시료의 채취시기는 1994년 9월이었다.

結果 및 考察

1. 土壤特性 및 林分構造

연구대상 임분의 토양특성은 표 1과 같다. 토양수분중 흡습수의 상대적인 값을 나타내는 습도계수는 1.080-1.093, 토양산도는 4.8-4.9로서 3개 종의 임분간에 큰 차이가 없었다. 숨대 임분은 전질소농도에 있어서 죽순대와 왕대 임분보다 비교적 높은 값을 보였다. 그 이유는 숨대 임분의 경우 공유림인 왕대 임분과 학교림인 죽순대 임분과는 달리 개인 소유의 사유림으로서 2-3년마다 소량의 퇴비를 시비했다는 사실 때문이라고 추정된다.

임분별 식생조사 결과는 표 2와 같다. 竹稈의 평균 흉고직경과 竹高에 의한 竹稈의 크기는 죽

순대, 숨대, 왕대 임분의 순으로 컸으며 평균 흉고직경의 경우 임분간의 차이가 2.1-4.5cm로 산정됨으로써 비교적 큰 차이를 보였다. 竹稈密度는 숨대, 왕대, 죽순대 임분의 순으로 높았으나 큰 차이는 없었다. 竹稈의 흉고직경과 밀도의 종합적인 표현이라고 할 수 있는 흉고단면적은 죽순대, 숨대, 왕대 임분의 순으로 컸으며 임분간 큰 차이를 보였다.

2. 現存量 推定式

Whittaker와 Marks(1975)는 현존량 추정을 위한 대수회귀식의 적합도는 상대오차추정치(estimate of relative error, E)에 의하여 합리적으로 검정할 수 있다고 하였다. 이 때 상대오차추정치가 1.10이라는 것은 기대오차의 범위가 1.10Y-Y/1.10이라는 것을 의미하게 된다.

표 3에서 보이듯이 3개 종의 대나무 각 부위에 대한 대수회귀식의 상대오차추정치는 흉고직경과 수고를 독립변수로 하는 2개 유형의 대수회귀식이 흉고직경만을 독립변수로 하는 대수회귀식보다 전반적으로 볼 때 다소 낮은 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다. 따라서, 흉고직경과 수고를 독립변수로 하는 대수회귀식의 경우 식생조사시 발생하는 竹高 측정오차를 고려할 때 흉고직경만을 독립변수로 하는 logWt=A+BlogD식이 보다 효율적이라고 할 수 있다. 이러한 결과는 교목류인 소나무(박인협과 김준선, 1989), 참나무류(박인협과 문광선, 1994)의 경우와 일치하고 있다. 한편, 부위별 대수회귀식의 상대오차추정치는 3개

Table 1. Soil Characteristics of three *Phyllostachys* stands.

	Moisture factor*	pH (H ₂ O 1:5)	Total N(%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable bases(me/100g)		
					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
<i>P. pubescens</i>	1.093	4.8	3.42	28.11	0.35	1.48	0.20
<i>P. bambusoides</i>	1.080	4.8	3.07	21.69	0.30	1.86	0.34
<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>	1.085	4.9	4.70	23.45	0.37	1.67	0.22

* air-dry soil weight/oven-dry soil weight

Table 2. Stand characteristics of three *Phyllostachys* stands.

	<i>P. pubescens</i>	<i>P. bambusoides</i>	<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>
Mean DBH(cm)	8.2	3.7	5.8
Mean height(m)	11.9	8.3	11.1
Density(culms/ha)	7500	8400	8600
Basal area(m ² /ha)	40.5	9.6	23.4

Table 3. Allometric biomass regressions for sample culms of three *Phyllostachys* species(Regression model, $\log Wt=A+BlogD$. Wt is dry weight in g, D is DBH in cm and E is the estimate of relative error).

	A	B	R ²	E	E*	E**
<i>P. pubescens</i>						
Culms	1.755	2.296	0.981	1.086	1.060	1.060
Branches	1.081	2.108	0.705	1.405	1.391	1.387
Leaves	-0.079	2.919	0.653	1.729	1.754	1.738
Avobeground total	1.835	2.289	0.969	1.113	1.098	1.099
<i>P. bambusoides</i>						
Culms	1.840	2.438	0.873	1.366	1.235	1.085
Branches	1.253	2.142	0.659	1.681	1.592	1.492
Leaves	1.607	1.631	0.641	1.740	1.762	1.700
Avobeground total	2.086	2.267	0.816	1.436	1.327	1.177
<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>						
Culms	1.112	3.290	0.929	1.241	1.272	1.239
Branches	1.191	2.200	0.722	1.383	1.332	1.253
Leaves	0.600	2.601	0.713	1.480	1.430	1.376
Avobeground total	1.452	2.988	0.955	1.167	1.172	1.164

* E from $\log Wt=A+BlogD^2H$, H is height in m.
 ** E from $\log Wt=A+BlogD+ClogH$

Table 4. F-values from covariance analysis to test for significant differences among allometric biomass regressions of three *Phyllostachys* species.

	$\log Wt=A+BlogD$		$\log Wt=A+BlogD^2H$	
	Slope	Intercept	Slope	Intercept
Culms	4.26(S)	8.42(S)	3.59(S)	9.06(S)
Branches	0.04(NS)	5.93(S)	0.05(NS)	5.57(S)
Leaves	1.58(NS)	11.92(S)	1.83(NS)	12.47(S)
Aboveground total	2.28(NS)	10.12(S)	2.17(NS)	11.81(S)

* All tests were decided at the 95% confidence level : NS=not significantly different ; S=significantly different, i.e., $P<0.05$.

종 모두 죽간, 가지, 잎의 순으로 낮았다.

표 4에서는 두 변량의 대수치에 의하여 직선회귀식이 되는 $\log Wt=A+BlogD$ 식과 $\log Wt=A+BlogD^2H$ 식에 있어서 각각에 대한 3개 종별 대수회귀식간의 차이 유무를 공분산분석에 의하여 검정한 결과를 나타냈다. 2개 유형의 대수회귀식 모두 종별 대수회귀식의 기울기는 竹稈을 제외한 가지, 잎, 지상부 전체의 경우 종간 유의적인 차이가 없었으나, 절편은 지상부 각 부위 모두 종간 유의적인 차이가 있었다. 竹稈의 경우, 왕대속 대나무는 곧고 균일한 형태를 보인다는 일반적인 사실과 표본측의 시료 측정시 건중량대 생중량비의 종간 차이가 뚜렷하지 않았던 점을 고려할 때, 흉고직경뿐만 아니라 흉고직경과 竹高

(D^2H)를 독립변수로 하는 종별 대수회귀식 간에서도 기울기와 절편 모두 차이가 있는 것은 環狀을 이루고 있는 竹稈의 두께 등에 있어서 종간 차이가 있음을 시사하고 있다. 가지와 잎의 종별 대수회귀식에서 2개 유형 모두 기울기는 종간 차이가 없었으나 절편에서 차이가 있는 것은 흉고직경 또는 흉고직경과 죽고(D^2H)가 동일하더라도 가지와 잎의 건중량에 있어서 종간 차이가 있음을 의미한다. 이상을 종합하면 죽순대, 왕대, 솜대 등 왕대속 대나무류 3개 종의 죽간, 가지, 잎 등 지상부의 물질생산 특성은 종간 차이가 있으며, 그 결과 실용성을 고려한 3개 종의 지상부 현존량 일괄추정식은 오차가 클 것으로 판단된다.

Pastor 등(1984)은 천연림내 성장형이 유사한 주요 수종별 현존량 대수회귀식의 기울기와 절편 간에는 유의적인 차이가 없다고 하였으며, Whitaker와 Marks(1975)는 열대천연림 교목류의 경우 수종과 관계 없이 일괄대수회귀식에 의하여 현존량을 추정할 수 있다고 하였다. 한국의 교목류에 대한 연구로서 동일 山地의 참나무류 4개 수종간에는 수종별 대수회귀식간에 유의적인 차이가 없었으나(박인협과 문광선, 1994), 성장형이 크게 다른 4개 지역형 소나무간에는 유의적인 차이가 있다(박인협과 김준선, 1989)는 연구들을 종합 비교할 때 죽순대, 왕대, 솜대 등 왕대속 대나무류의 물질생산 특성의 중간 차이가 비교적 큰 것을 알 수 있다.

3. 現存量

표 5에서 보이듯이 지하부를 포함한 임분 전체의 현존량은 죽순대 103.621t/ha, 솜대 86.447t/ha, 왕대 36.767t/ha의 순이었으며 큰 차이가 있었다. 지상부 현존량은 죽순대, 솜대, 왕대 임분에서 각각 71.776, 56.340, 24.683t/ha이었다. 日本의 왕대속 임분의 지상부 현존량(Isagi 등, 1993) 솜대 37.2-95.4t/ha, 왕대 30.1-135.8t/ha와 비교

하면 본 연구에서 조사된 솜대 임분의 지상부 현존량은 일본의 솜대 임분중 중간 정도의 수준이었으며, 왕대 임분은 일본의 왕대 임분보다 낮은 수준이었다. 한국의 교목류 임분과 지상부 현존량을 비교하면 본 연구의 솜대 임분의 경우 17년생 현사시나무 인공림(최영철과 박인협, 1993) 55.581t/ha와 비슷한 수준이었다.

부위별 현존량은 죽순대와 솜대 임분은 竹稈, 지하부, 가지, 잎의 순으로 많았으며, 왕대 임분은 죽간, 지하부, 잎, 가지의 순이었다. 동화기관인 잎의 현존량은 솜대, 죽순대, 왕대의 순으로 많았으며, 구성비는 6.3-7.8%이었다. 뿌리의 현존량 구성비는 왕대, 죽순대, 솜대 임분의 순으로 높았다. 지상부와 지하부의 현존량비는 1.87-2.26으로 산정됨으로써 草原 1 내외와 일반 산림 3-7(Saito, 1989)의 중간 정도이었으며, 일본의 왕대(Isagi, 1993)와 유사한 경향이었다.

4. 純生産量 및 生産능력

표 6에서 보이듯이 임분 전체의 순생산량은 죽순대, 솜대, 왕대의 순으로 많았으며 현존량의 순서와 동일하였다. 지상부의 순생산량대 현존량비에 의하여 추정된 지하부를 제외한 지상부의

Table 5. Biomass(t/ha) of three *Phyllostachys* stands.

	<i>P. pubescens</i>	<i>P. bambusoides</i>	<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>
Culms	61.428 (59.3)	18.735 (50.9)	45.502 (52.6)
Branches	6.499 (6.3)	2.750 (7.5)	6.721 (7.8)
Leaves	3.849 (3.7)	3.198 (8.7)	4.117 (4.8)
Aboveground total	71.776 (69.3)	24.683 (67.1)	56.340 (65.2)
Rhizomes	21.917 (21.1)	7.862 (21.4)	23.608 (27.3)
Roots	9.928 (9.6)	4.222 (11.5)	6.499 (7.5)
Subterranean total	31.845 (30.7)	12.084 (32.9)	30.107 (34.8)
Total	103.621 (100%)	36.767 (100%)	86.447 (100%)

Table 6. Net production(t/ha/yr) of three *Phyllostachys* stands.

	<i>P. pubescens</i>	<i>P. bambusoides</i>	<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>
Culms	6.115 (53.4)	3.252 (46.5)	5.609 (49.5)
Branches	0.690 (6.0)	0.363 (5.2)	0.753 (6.6)
Leaves	1.366 (11.9)	1.198 (17.1)	1.310 (11.6)
Aboveground total	8.171 (71.3)	4.813 (68.8)	7.672 (67.7)
Rhizomes	2.266 (19.7)	1.418 (20.3)	2.868 (25.3)
Roots	1.027 (9.0)	0.762 (10.9)	0.790 (7.0)
Subterranean total	3.293 (28.7)	2.180 (31.2)	3.658 (32.3)
Total	11.464 (100%)	6.993 (100%)	11.310 (100%)

부위별 순생산량은 3개 종 모두 죽간, 잎, 가지의 순으로 많았다. 이러한 경향은 일본의 왕대 임분(Isagi 등, 1993)과 동일하였다. 지상부중 비교적 장기간의 축적기관인 竹稈의 구성비는 죽순대, 솜대, 왕대의 순으로 높았으며, 동화기관인 잎의 구성비는 왕대, 솜대, 죽순대의 순이었다.

표 7에서 보이듯이 잎의 생산능률 즉, 純同化率은 죽순대 임분 2.979, 솜대 임분 2.752, 왕대 임분 2.187의 순으로 높았다. 한국의 주요 교목림에 대한 연구들과 비교하면 왕대속 3개 종 임분의 순동화율은 31-42년생 소나무림 1.41-1.92(박인협과 이석면, 1990), 20년생 굴참나무림 2.121(최영철과 박인협, 1993) 등의 천연림보다 높았으며, 17년생 현사시나무 인공림 3.376(최영철과 박인협, 1993)보다는 낮은 수준이었다. 잎의 비교적 장기간의 축적기관인 竹稈 생산능률은 죽순대, 솜대, 왕대의 순으로 높았다.

지하부를 포함한 대나무 전체의 임분 순생산량에 대한 현존량의 비 즉, 現存量蓄積率은 2.679-5.358이었다. Zavitkovski와 Stevens(1972)는 현

존량축적율은 산림군집의 생산력 상태를 나타내는 지수라고 하였으며, Whittaker(1966)는 온대 활엽수림의 경우 유령림일 때 9 내외, 장령림 13-21, 노령림 29-40, 성장이 거의 정체된 성숙림에서 41-52의 범위를 보인다고 하였다. 본 연구와 비교하면 왕대속 3개종 임분의 현존량축적율은 일반 교목류의 상대적인 성장이 왕성한 시기인 유령림보다 낮았다. 그것은 왕대속이 일반 교목류에 비하여 물질생산력이 상당히 높다는 것을 의미하며, 그 이유는 왕대속은 竹稈의 크기에 비하여 수관폭이 좁아서 높은 밀도를 유지할 수 있기 때문에 비교적 많은 수의 新竹이 발생하고 竹稈의 성장이 1년만에 완료된다는 Isagi 등(1993)의 보고에 의하여 설명될 수 있다.

5. 無機營養物

왕대속 3개 종별, 부위별 주요 무기영양물의 농도는 표 8과 같다. 부위별 N, P, Mg의 농도는 3개 종 모두 잎, 지하부, 竹稈과 가지의 순으로 높았으며, Ca의 농도는 3개 종 모두 잎, 죽

Table 7. Production efficiency(t/t/yr) of leaves and biomass accumulation ratio in three *Phyllostachys* stands.

	<i>P. pubescens</i>	<i>P. bambusoides</i>	<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>
Net assimilation ratio*	2.979	2.187	2.752
Efficiency of leaves to produce culm**	1.589	1.017	1.362
Biomass accumulation ratio***	5.358	2.679	4.023

* Total net production/leaf biomass
 ** Culm net production/leaf biomass
 *** Total biomass/total net production

Table 8. Nutrient concentration(%) of three *Phyllostachys* species.

	N	P	K	Ca	Mg
<i>P. pubescens</i>					
Leaves	1.163	0.102	0.988	0.257	0.171
Culms and branches	0.433	0.056	0.402	0.094	0.103
Subterranean parts	0.517	0.063	0.414	0.077	0.162
<i>P. bambusoides</i>					
Leaves	1.314	0.111	0.660	0.426	0.248
Culms and branches	0.539	0.062	0.449	0.218	0.119
Subterranean parts	0.559	0.065	0.431	0.158	0.168
<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>					
Leaves	1.591	0.081	0.806	0.211	0.173
Culms and branches	0.576	0.041	0.504	0.105	0.081
Subterranean parts	0.612	0.057	0.418	0.089	0.113

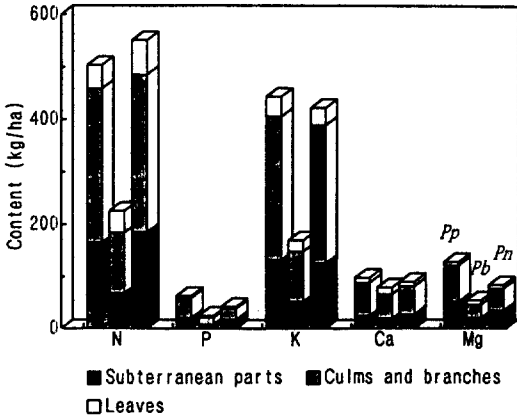


Fig. 1. Mineral nutrient contents of *P. pubescens* stand(Pp), *P. bambusoides* stand(Pb), and *P. nigra* var. *henonis* stand(Pn).

간과 가지, 지하부의 순이었다. K는 3개종 모두 잎에서 가장 높았으며, 줄기와 가지, 지하부의 경우 종에 따라 다소 다른 경향을 보였다. 이러한 경향은 일본의 山竹類(Masaki, 1982; Kawahara, 1979)와 유사하였다.

그림 1에서는 임분별, 부위별 무기영양물 농도와 현존량(표 5)에 의하여 산정한 임분별, 부위별 무기영양물 함량을 보였다. 3개 종 임분을 전반적으로 볼때 잎, 竹稈과 가지, 지하부 및 대나무 전체의 무기영양물 함량은 N, K, Ca와 Mg, P의 순으로 많은 경향을 보였다. 일반 교목류인 온대 침엽수림과 활엽수림에서 임분간에 차이는 있으나 임분 전체의 지상부 평균치에 있어서 N과 Ca, K, Mg와 P의 순으로 많았다는 Cole와 Rapp(1981)의 보고와 비교할 때 본 연구의 왕대속 3개종 임분은 교목류에 비하여 K의 함량은 높은 반면 Ca의 함량이 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 일본의 山竹類(Masaki, 1982; Kawahara, 1979)와 동일하였다.

이상의 결과들을 종합하면 임분 전체의 현존량은 죽순대, 솥대, 왕대의 순으로 많았으며 비교적 큰 차이를 보였다. 그 이유는 竹稈密度는 큰 차이가 없었으나 竹稈의 크기가 다르기 때문이었다. 또한, 물질생산적인 측면에서 볼 때 동화기관인 잎의 현존량, 순동화율, 비교적 장기간의 축적기관인 죽간 생산능력 등에서 차이가 있기 때문이었다. 왕대속 대나무림은 일반 교목류 산림에 비하여 물질생산력이 상당히 높았으며, 일

단 조성되면 성립에 이르는 생육기간이 짧고 상당기간 맹아갱신에 의하여 재식재하지 않고 지속적으로 수확할 수 있다는 일반적인 사실을 고려할 때 저투입 지속생산이라는 측면에서 의의가 있다. 한편, 왕대속 대나무림의 생산성, 생산구조 등은 입지, 비배관리 등에 따라 큰 차이가 있다는 Isagi 등(1993)의 연구와, 본 연구는 전라남도 순천지역이라는 동일지역의 종별 단일 임분에 국한되었다는 점을 고려할 때, 앞으로 입지, 비배관리 등에 따른 왕대속 대나무림의 물질생산에 관한 연구가 보완되어야 할 필요가 있다.

引用 文 獻

1. 김갑덕·김재생·박인협. 1984. 백운산지역 조릿대의 죽간형질 및 물질생산에 관한 연구. 임산에너지 4: 19-25.
2. 김갑덕·박인협. 1989. 백운산지역 계곡부 조릿대의 현존량 및 순생산량에 관한 연구. 서울대 농대 연습림연구보고 25: 15-21.
3. 박인협. 1986. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위논문. 48pp.
4. 박인협·김준선. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 物質現存量 推定式에 관한 연구. 한국임학회지 78(3): 323-330.
5. 박인협·문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량추정식에 관한 연구. 한국임학회지 83(2): 246-253.
6. 이승호. 1985. 우리나라 죽림분포 및 입지환경과 생장에 관한 연구. 서울대 석사학위논문. 42pp.
7. 이창복. 1973. 한국수목도감. 임업시험장. 237pp.
8. 이창복. 1974. 수목학. 향문사. 235pp.
9. 최영철·박인협. 1993. 전남 모후산지역 굴참나무천연림과 현사시나무 인공림의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 82(3): 188-194.
10. Allen, S.E., H.M. Grimshaw and A.P. Rowland. Chemical analysis. Pages 285-337 in P.D. Moore and S.B. Chapman, ed. Methods in Plant Ecology. Blackwell Scientific Pub., London.

11. Cole, D.W. and M. Rapp. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. Pages 341-409 in D.E. Reichle ed. *Dynamic Properties of Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, New York.
12. Isagi, Y., T. Kawahara and K. Kamo. 1993. Biomass and net production in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand. *Ecol. Res.* 8 : 123-133.
13. Kawahara, T. 1979. Studies on *Sasa* communities(V) Amount of nutrients in *Sasa palmata*. *J. Jap. For. Soc.* 61 : 357-361.
14. Masaki, K. 1982. The relationships among soil properties, soil movement, and floor plants in the forest(III) The relationships between seasonal changes of major element(N, P, K, Ca, and Mg) concentrations of the undergrowth and some environmental factors. *J. Jap. For. Soc.* 64 : 291-300.
15. Oshima, Y. 1961. Ecological studies of *Sasa* communities I. Productive structure of some of the *Sasa* communities in Japan. *Bot. Mag. Tokyo* 74 : 199-210.
16. Pastor, J., J.D. Aber and J.M. Melillo. 1984. Biomass production using generalized allometric regressions for some northeast tree species. *For. Ecol. Manage.* 7 : 265-274.
17. SAS. 1991. SAS/STAT. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
18. Saito, H. 1989. Forest production. Pages 43-95 in T. Tsutsumi, ed. *Forest Ecology*. Tokyo.
19. Whittaker, R.H. 1966. Forest dimensions and production in the Great Smoky Mountains. *Ecology* 47(1) : 103-121.
20. 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.
21. Zavitkovski, J. and R.D. Stevens. 1972. Primary productivity of red alder ecosystems. *Ecology* 53(2) : 235-242.