

孟宗竹 (*Phyllostachys pubescens*) 林分 内 地上部 生體量 및 地下部 養分 含量 推定

黃在弘^{1*} · 鄭榮教² · 李尙泰¹ · 金炳富¹ · 申鉉喆¹ · 李曠宰¹ · 朴奎崇¹

¹국립산림과학원 남부산림연구소, ²국립산림과학원 난대산림연구소

Estimation of Aboveground Biomass and Belowground Nutrient Contents for a *Phyllostachys pubescens* stand

Jaehong Hwang^{1*}, Young-Gyo Chung², Sang-Tae Lee¹, Byung-Bu Kim¹,
Hyun-Cheol Shin¹, Kyung-Jae Lee¹ and Kyu-Jong Park¹

¹Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea

²Warm Temperate Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Seoguiipo 697-050, Korea

요 약: 맹종죽의 지상부(죽간, 가지, 잎) 및 지하부(지하경, 뿌리) 부위별 현존량과 낙엽층 및 토양 내 양분 함량을 조사하기 위하여 경상남도 진주시 내 맹종죽 임분을 대상으로 20 m×20 m 표본지 조사구 3개를 설치한 후 입죽 밀도 및 임분 구조 등을 조사한 다음 발순 연도별 3본씩의 맹종죽을 벌채한 후 흉고직경변수 모형을 적용하여 생체량 추정 대수회귀식(log Y=a + blogX)을 조제하였다. 조사지 맹종죽 임분 지상부 전체 생체량은 69.7 ton/ha였으며, 지하경 및 뿌리 생체량은 13.7 ton/ha와 7.5 ton/ha로 각각 조사되었다. 전체 지상부 생체량 중 죽간은 약 60%, 엽은 24%, 가지는 16%를 차지하였다. 한편, 흉고직경이 굵어질수록 전체 생체량 중 죽간이 차지하는 비중이 증가하였다. 죽간의 건조량 대 생체량 비는 시료 채취 부위가 올라갈수록 또한, 죽령이 증가할수록 점차적으로 증가하였다. 맹종죽 임분 내 낙엽층의 양분 분포는 질소가 45.1 kg/ha로 가장 높았고, 칼슘>칼륨>마그네슘>인산>나트륨의 순으로 나타났다. 지하경의 양분은 질소와 칼륨이 가장 많았고, 마그네슘, 나트륨, 칼슘 순이었다. 뿌리의 양분은 칼륨이 가장 많았으며 질소와 인산 순으로 많은 비중을 차지하였다. 본 연구 결과는 맹종죽 임분 내 탄소 저장량 계량화 및 확대를 위한 관리 방안 도출에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract: Above and belowground biomass for *Phyllostachys pubescens* was determined in Jinju, Gyeongsangnam-do. Regression analyses of dry weights of culms, foliages, and twigs versus diameter at breast height were used to calculate regression equations of the form of log Y = a + b log X. Total aboveground biomass for *Phyllostachys pubescens* was 69.7 ton/ha and rhizomes and roots biomass were 13.7 ton/ha and 7.5 ton/ha, respectively. Culms account for about 60% of total aboveground biomass. The aboveground biomass of each component was decreased in the order of culms>foliages>twigs. As diameter at breast height grew thicker, the proportion of culms to total aboveground biomass increased. The proportion of dry weight of culms to green weight gradually increased with height in a bamboo tree and ages. Nutrients (kg/ha) of litter layer were distributed as follows: N(45.1), Ca(17.3), K(6.1), Mg(3.6), P(3.5) and Na(0.7). Nitrogen and K were given much weight in total nutrients of rhizomes and roots. These results will be useful in measuring carbon stock and drawing up management plan to increase it for *Phyllostachys pubescens* stand.

Key words : allometric regression equation, dry weight, litter layer, rhizomes, soil chemical properties

서 론

최근 탄소 저장원으로 산림의 기능이 중요하게 인식되고 있는 시점에서 대나무림을 대상으로 한 생체량 추정에

관한 연구는 어느 때보다 필요한 연구 과제로 인식되고 있으며, 향후 대체에너지 자원으로서의 개발이라는 측면에서도 중요한 의의를 갖고 있다(박인협과 류석봉, 1996). 하지만, 국내 대나무림은 1998년 8,000여 ha에 이르던 면적이 최근 급격히 감소하여 2003년 말 현재 6,000여 ha로 1/4 가량의 면적이 감소하였다(산림청, 2004). 대나무는 우리나라에 5속 18종이 주로 남부지방에 분포하며 담양-나

*Corresponding author
E-mail: jhwang@foa.go.kr

Table 1. Stand characteristics for a *Phyllostachys pubescens* stand.

	Age					Total
	>3-yr-old	3-yr-old	2-yr-old	1-yr-old	current	
No. of culms/ha	900	433	1,000	1,733	2,067	6,133
Mean DBH (cm)	7.9 (0.4)*	8.7(0.4)	10.4(0.2)	7.9(0.2)	7.8(0.2)	8.3(0.1)

*Values in parenthesis are one standard error of the mean.

죽(영산강 줄기), 구례-곡성-광양-하동(섬진강 줄기) 및 산청-진주(남강 줄기)에 우수한 대나무 숲이 존재하며, 각 속에 속하는 종들의 분포는 일부 중첩되지만 지역적으로 구분되어 분포하는 것으로 알려져 있다(공우석, 1985). 이중 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* MAZEL)은 중국 원산으로 주로 우리나라 남부에 심어져 있고 왕대 및 솜대와 더불어 크게 자라는 죽종으로 알려져 있으며, 죽순이 식용으로 이용되기 때문에 죽순대라 불리운다(이창복, 1986). 죽순이 나는 시기는 왕대와 솜대보다 빠른 4월 상순에서 5월 하순까지이며, 죽순의 껍질에는 흑갈색 반점이 있고 줄기의 마디가 일륜장이기 때문에 왕대나 솜대와 구별이 용이하다.

대나무림의 생체량과 관련한 국외 연구는 생체량, 순물질생산량(NPP) 및 토양과의 관계를 해석한 연구(Christanty 등, 1996; Singh와 Singh, 1999)와 대나무림 내 양분 순환과 생물지구화학적 분석과 관련한 연구가 일부 이루어졌다(Mailly 등, 1997). 하지만 국내의 경우 지금까지 수행된 임분 단위의 생체량과 관련한 연구는 주로 침엽수종 및 참나무류가 그 주된 대상이었으며(박인협과 문광선, 1994; 박인협 등, 2003; 이도형, 2004; Kim 등, 1999; Son 등, 2004), 대나무림의 경우 하층식생을 이루는 조릿대와 왕대속 대나무림을 대상으로한 물질생산 연구가 일부 진행되었지만(김갑덕 등, 1984; 박인협과 류석봉, 1996), 맹종죽 발순 연도에 따른 현존량과 지하부 양분 함량에 관한 연구는 미진한 실정이다. 또한, 외국의 경우 내생균근을 접종한 후 지하부에 존재하는 지하경의 길이를 관측한 사례가 있으나(Ravikumar 등, 1997), 국내의 경우 지하경의 길이와 그에 따른 눈의 개수와 관련한 조사 보고는 아직 부족한 실정이다.

본 연구는 탄소 저장원으로서 이용 가치가 있으며 식용으로도 인기가 높은 맹종죽을 대상으로 발순 연도에 따른 부위별 지상부 현존량 및 지하부 생체량을 추정하고 맹종죽 임분 내 낙엽층 및 토양 특성을 파악하려는 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구는 경상남도 진주시 가좌동에 위치한 국립산림

과학원 남부산림연구소 가좌시험림 내 맹종죽 임분(35° 9'45" N, 128° 6'34" E)을 대상으로 실시하였다. 조사지의 해발고는 42 m, 사면은 남동, 경사도는 9~13°이었으며, 전체 면적은 5.9 ha로 출현 하층 식생은 거의 없었다. 이 지역의 최근 10년간 1월과 8월의 평균 기온은 각각 0.3°C, 26.0°C이고, 평균 강수량은 1,503 mm이었으며(기상청, 2005), 맹종죽 임분의 특성은 Table 1과 같다.

2. 조사 방법

연도별 죽간(竹幹) 구분을 위해 1999년부터 조사지 전 임분을 대상으로 죽간에 발순 연도를 표시한 맹종죽 임분에서 20 m×20 m 크기의 표본지 3개를 설정한 후 2003년 9월 2일~3일에 걸쳐 전 임죽에 대하여 발순 연도별 흉고 직경, 죽고 및 밀도, 경사도, 방위, 표고 등을 조사하였다. 조사지 조사 결과를 바탕으로 벌채 대상죽을 죽령별로 각 3본씩, 총 12본을 경급에 따라 2 cm 간격으로 표본죽을 선정한 후 벌근부 20 cm 지점에서 벌채하여 수간석해에 의한 방법으로 각 죽간과 가지 그리고 잎 부위 등으로 각각 분리 채취하였다. 부위별로 채취된 시료는 현장에서 생중량을 측정하였으며, 건중량 측정을 위하여 생중량 시료의 일부를 실험실로 운반하여 80°C에서 항량이 될 때까지 건조시켰다. 건조된 시료는 각 부위별 건중량대 생중량 비에 의하여 기관 부위별 건중비를 산출하였으며, 이에 따라 전체 건중량을 환산 추정하였다. 채취된 시료를 바탕으로 맹종죽의 건중량 추정식을 검정하였으며, 대나무 임분의 특성상 정확한 수고의 측정이 어려운 점을 감안하여 현실적으로 현재 대수회귀식 중에서 비교적 적합도와 실용성이 높은 흉고직경변수 모형을 적용하였다(이정석과 김춘식, 1988; 박인협과 문광선, 1994; 박인협과 류석봉, 1996; 이도형과 황재우, 2000; Son 등, 2004). 건중량 추정에 적용된 대수회귀식($\log Y = a + b \log D$, Y: 중량(g), D: 흉고직경(cm))의 검정은 결정계수 값인 r^2 (coefficient of determine)와 추정치표준오차(SEE: standard error of estimate)의 통계량 값을 적용하였다(국립산림과학원, 2004). 도출된 현존량 추정식을 이용하여 맹종죽의 ha당 지상부 생체량을 산출하였다. 또한, 지하부 생체량을 측정하기 위해 조사구내에 임의로 3곳을 선정하여 1.5 m×1.5 m 크기의 소형 방형구를 만들어 낙엽층을 걷어낸 후 지하부에 존재하는 모든 지하경을 굴취하였다. 굴취한 지하경에서

뿌리를 분리한 후 세척하였으며 실험실로 옮겨 80°C에서 항량이 될 때까지 건조시킨 다음 건조량을 측정하였다.

3. 양분 분석

토양 분석용 시료는 각 표본지 조사용 조사구 내 3곳에서 낙엽층을 걷어 낸 후 직경 5 cm 토양 채취기를 이용하여 토심 15 cm까지의 시료를 채취하였으며, 채취한 토양 시료는 충분히 기건 시킨 후 2 mm체로 친 다음 양분 분석에 이용하였다. 지하경과 뿌리의 성분 분석은 실험실로 운반되어 건조된 시료를 사용하였으며, 맹종죽 낙엽층의 양분 함량 분석을 위하여 0.4 m×0.4 m 정방향 고정틀을 이용하여 낙엽층을 채취하여 기건 시킨 후 성분 분석 시료로 이용하였다. 토양 및 식물체 양분 분석은 농업기술 연구소(1988)에 준하여 실시하였는데, 토양 pH는 pH meter(Orion 501)을 이용하여 1:5 증류수법을 이용하였고, 전질소는 Indophenol-blue법, 인산(식물체)은 ammonium vanadate법, 유효인산(토양)은 Lancaster법, 유기탄소는 Tyurin법, 양이온치환용량은 간이법, 치환성 양이온(K, Ca, Mg, Na)은 ammonium acetate로 침출시킨 후 ICP(optima 4300D, Perkin Elmer)로 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 생체량 추정식 및 단위 면적당 생체량

1) 표본죽 기관별 생체량

발순 연도에 따른 표본죽의 기관별 지상부 생체량을 Table 2에 제시하였다. 생체량은 전체 죽령급에서 죽간이 평균 7.3 kg으로 가장 높았으며, 엽은 3.1 kg, 가지는 2.0 kg으로 죽간이 전체 생체량의 59%, 엽이 25%, 가지가 16%를 차지하였다. 전체 생체량 중 엽이 차지하는 비율은

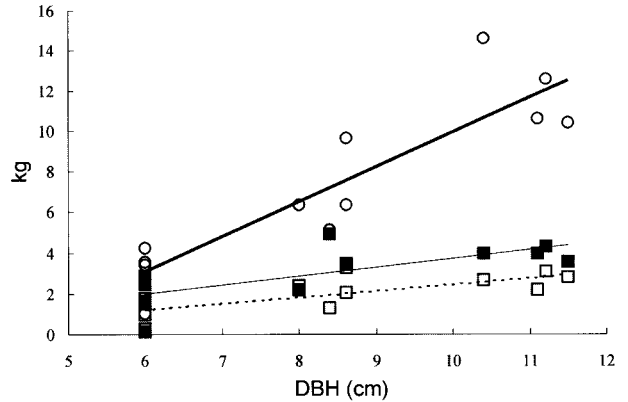


Figure 1. Biomass (kg) for *Phyllostachys pubescens* by each component [○: Culm (—), ■: Foliage (—), □: Twig (-)].

가지보다 높게 나타났는데, 이는 왕대(*Phyllostachys bambusoides*)를 대상으로 가지의 생체량이 엽의 생체량보다 많음을 보고한 이상태 등(2004)의 결과와 다름을 알 수 있다. 또한, 흉고직경 6 cm급에서 발순 연도의 증가에 따라 전체 생체량에서 차지하는 비율이 죽간은 감소하고 엽은 증가하였으나, 직경급이 증가할수록 그 경향은 감소하였다. 상대적으로 전체 생체량 중 가지가 차지하는 비율은 발순 연도와 경급에 따라 그 차이가 뚜렷하지 않았다.

발순 연도에 상관없이 별채한 표본죽 죽간 생체량은 흉고 직경이 증가함에 따라 커지는 경향이었으나, 상대적으로 엽과 가지는 비슷한 비율로 완만하게 상승하는 경향을 나타내었다(Figure 1). 본 결과를 통하여 흉고직경 증감에 따른 맹종죽 생체량 변화는 죽간의 생체량에 의해 많은 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

2) 생체량 추정식

Table 2. Biomass of each aboveground component for *Phyllostachys pubescens* by DBH.

Age	Height (m)	DBH (cm)	Biomass (kg)			Total
			Culm	Foliage	Twig	
>2-yr-old	10.2	6.0	4.2(47)	2.9(33)	1.8(20)	8.9(100%)
	10.4	8.6	6.3(54)	3.4(29)	2.0(17)	11.7(100)
	13.5	11.2	12.6(63)	4.3(22)	3.0(15)	19.9(100)
2-yr-old	9.0	6.0	3.6(47)	2.5(33)	1.5(20)	7.6(100)
	11.8	8.6	9.7(59)	3.5(21)	3.3(20)	16.5(100)
	14.3	10.4	14.6(68)	4.0(19)	2.9(13)	21.5(100)
1-yr-old	9.6	6.0	3.4(57)	1.7(28)	0.9(15)	6.0(100)
	11.2	8.4	5.1(45)	4.9(43)	1.3(12)	11.3(100)
	15.2	11.1	10.6(63)	4.0(24)	2.2(13)	16.8(100)
Current year	9.7	6.0	1.0(71)	0.1(7)	0.3(22)	1.4(100)
	13.0	8.0	6.4(58)	2.2(20)	2.4(22)	11.0(100)
	16.1	11.5	10.4(62)	3.5(21)	2.8(17)	16.7(100)
Average	12.0	8.5	7.3(59)	3.1(25)	2.0(16)	12.4(100)

Table 3. Regressions of aboveground component biomass for *Phyllostachys pubescens*.

Age	Component	a	b	r ²	SEE
>2-yr-old	Culm	0.915	3.511	0.853	0.671
	Foliage	-3.471	4.930	0.809	1.105
	Twig	-0.269	3.496	0.746	0.940
	Total	0.933	3.715	0.826	0.786
2-yr-old	Culm	4.798	1.825	0.952	0.179
	Foliage	4.938	1.482	0.625	0.500
	Twig	4.321	1.380	0.949	0.139
	Total	5.709	1.680	0.994	0.056
1-yr-old	Culm	3.545	2.595	0.997	0.060
	Foliage	6.247	0.876	0.996	0.022
	Twig	5.376	1.146	0.680	0.310
	Total	5.525	1.913	0.990	0.077
Current year	Culm	5.211	1.715	0.947	0.180
	Foliage	6.784	0.646	0.982	0.039
	Twig	5.927	0.839	0.868	0.145
	Total	6.758	1.272	0.938	0.145
All ages	Culm	3.585	2.425	0.719	0.417
	Foliage	3.327	2.123	0.325	0.841
	Twig	3.691	1.784	0.448	0.545
	Total	4.624	2.194	0.595	0.498

Equations follow the form $\log Y = a + b \log X$, where Y is component dry mass (g), X is diameter at breast height (cm). a and b: regression coefficients; r²: coefficient of determination; SEE: standard error of estimate.

흉고직경을 독립변수로 한 죽령별 지상부 생체량 추정식은 Table 3에 제시하였다. 죽령별 생체량 추정식은 일반적으로 높은 결정계수값을 보였으나, 전 죽령을 대상으로 한 추정식은 상대적으로 그 값이 낮았다. 따라서 맹종죽 임분의 지상부 생체량을 추정하기 위해서는 죽령별로 추정된 생체량 추정식을 이용하는 것이 정확도가 높다고 판단된다. 죽령별로 다소 차이가 있지만 죽간보다 엽과 가지의 추정식 결정계수가 낮았는데, 이는 일반 수목의 지상부 생체량 중 경급의 증가에 따라 엽과 가지의 생체량이 증가하는 것과 달리 맹종죽의 경우는 경급의 증가에 따라 엽과 가지의 증가가 크지 않음을 의미한다고 할 수 있다. 또한, 죽령별 지상부 생체량 추정식에 있어 기관별 구분없이 지상부 전체의 생체량을 추정하는 것도 그 적합도가 우수한 것으로 판정되었다.

3) 단위 면적당 생체량 추정

죽령에 따른 부위별 맹종죽 지상부 생체량을 Table 4에 제시하였다. 지상부 전체 생체량은 당해연도에 발생한 맹종죽이 24.47 ton/ha로 가장 많았으며, 1년생, 2년생 및 3년생 이상으로 죽령이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다. 표본지 내 맹종죽 전체 생체량은 69.65 ton/ha이었으며, 발순 연도에 따른 부위별 전체 생체량의 합인 73.44

Table 4. Aboveground biomass (ton/ha) for a *Phyllostachys pubescens* stand.

Age	Culms	Foliage	Twig	Total
>2-yr-old	6.32 (63.0%)	1.85 (18.4%)	1.87 (18.6%)	10.10
10.04				
2-yr-old	8.83 (57.8%)	4.52 (29.6%)	1.92 (12.6%)	15.59
15.27				
1-yr-old	13.70 (59.2%)	5.45 (23.5%)	4.00 (17.3%)	23.28
23.15				
Current year	13.23 (54.3%)	6.84 (28.0%)	4.32 (17.7%)	24.47
24.39				
total	42.08 (57.8%)	18.66 (25.6%)	12.11 (16.6%)	73.44
72.85				
In all ages	40.98 (59.9%)	16.29 (23.8%)	11.17 (16.3%)	69.65
68.44				

ton/ha와 그 결과가 유사하였다. 지상부 전체 생체량 증 죽간이 차지하는 비율은 당해연도에 발생한 죽간이 54.3%로 가장 낮았으며, 죽령이 증가할수록 그 비율이 증가하였다. 전체 지상부 생체량 증 죽간은 약 59.9%를 점하고 있었으며, 엽은 23.8%, 가지는 16.3%를 차지하였다. 본 연구 결과는 Embaye 등 (2005)이 천연 대나무 임분을 대상으로 보고한 전체 생체량 증 각 부위별 생체량 점유 비(죽간 : 82%, 엽 : 5%, 가지 : 13%)와 비교하면 엽과 가지의 비율이 상당히 높은 것으로 나타났는데, 이것은 종과 입지 환경의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. 한편, 죽령별로 구분하여 추정된 생체량(73.44 ton/ha)이 죽령 구분 없이 추정된 전체 생체량(69.65 ton/ha)보다 많게 나타났는데, 이는 죽령을 고려한 후 추정된 죽간과 엽의 생체량이 상대적으로 더 많은 양으로 추정되었기 때문이다.

본 연구에서 죽령 구분 없이 도출된 맹종죽 지상부 전체 생체량(69.7 ton/ha)은 박인협과 류석봉 (1996)이 보고한 맹종죽 지상부 전체 생체량(71.8 ton/ha)과 매우 유사하였으나, 왕대 임분 지상부 생체량 129.7 ton/ha(이상태 등, 2004)보다 적었다. 이러한 차이는 임분간 입죽 밀도의 차이(왕대: 21,400 culms/ha)와 본 조사지 내 맹종죽 임분 토양의 낮은 유기 탄소 및 전질소 농도(Table 7)에서 기인하는 것으로 사료된다(Chung과 Ramm, 1990). 맹종죽 임분 내 엽 생체량은 죽령별로 추정할 때 18.7 ton/ha과 전체 죽령을 고려할 때 16.3 ton/ha로 나타났는데, 박인협과 류석봉(1996)이 보고한 맹종죽 엽 생체량 3.85 ton/ha, 박인협과 문광선(1994) 및 Son 등(2004)이 보고한 천연 참나무

Table 5. Belowground characteristics for a *Phyllostachys pubescens* stand.

Length of rhizomes (m/m ²)	No. of buds (m ²)	Biomass (ton/ha)		
		Rhizomes	Root	Total
8.25	204.9	13.72	7.45	21.17

Table 6. Drymass and total nutrients (kg/ha) in the forest floor for a *Phyllostachys pubescens* stand.

Dry mass	N	P	K	Ca	Mg	Na
4,340	45.1	3.5	6.1	17.3	3.6	0.7
(555)*	(3.3)	(0.1)	(0.5)	(1.2)	(0.1)	(0.1)

*Values in parenthesis are one standard error of the mean.

임분 내의 엽 생체량(2.5-8.7 ton/ha)과 비교할 때 매우 높음을 알 수 있다.

맹종죽 지하부 전체 생체량을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 지하부에 존재하는 지하경 및 뿌리의 생체량(ton/ha)은 13.72와 7.45로 각각 조사되었다. 본 결과는 박인협과 류석봉(1996)이 보고한 지하경 및 뿌리 생체량(ton/ha) 21.92 및 9.93보다 낮았는데, 이 또한 입죽 밀도의 차이에서 기인하는 것으로 판단된다. 한편, 지하부 전체 지하경의 길이는 8.25 m/m², 지하경에 붙어 있는 눈의 수는 204.9 개/m²로 조사되었다.

2. 발순 연도에 따른 부위별 건중비

발순 연도에 따른 부위별 건중량 대 생중량의 비율 Figure 2에 나타내었다. 죽간의 경우 일반적으로 시료 채취 부위가 올라갈수록 그 비가 증가하는 것으로 나타났으며 그 차이는 당년생 죽에서 확인하였다. 또한, 죽령이 증가할수록 연차적으로 건중량 대 생중량 비가 증가하는 것으로 나타나 대나무가 경화하면서 죽간 내 수분의 손실 정도를 확인할 수 있었다. 엽과 가지에서는 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만, 당년생 가지의 경우 죽고가 상승할수록 가지 내 수분함량이 감소하는 것으로 나타났다.

3. 낙엽층 및 지하부 양분 분석

맹종죽 임분 내 낙엽층의 양분 함량은 질소가 45.1 kg/ha로 가장 높았고, 칼슘>칼륨>마그네슘>인산>나트륨의

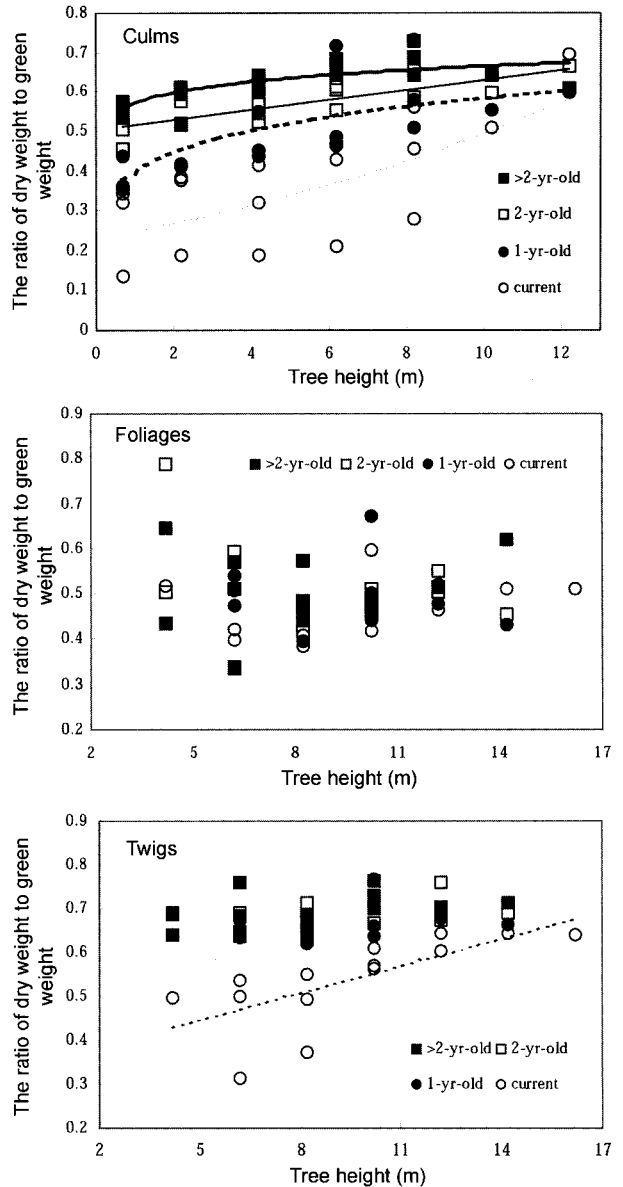


Figure 2. The ratio of dry weight to green weight for *Phyllostachys pubescens* (---: current year, -.-: 1-yr-old, —: 2-yr-old, —: >2-yr-old).

순으로 나타났다(Table 6). 본 연구 결과는 Son 등(2004)이 보고한 우리나라 중부지방 천연 참나무 임분 낙엽층 내 양분의 함량과 그 순서는 일치하지만 절대적인 양분 함량에 있어서는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 대부분의 양분 함량이 낮았는데 이는 맹종죽 임내로 유입

Table 7. Characteristics of soils (0-15 cm depth, n=6) for a *Phyllostachys pubescens* stand.

Soil texture	pH (1:5, H ₂ O)	Org. C. (g/kg)	T-N (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	C.E.C				
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	(cmol _c /kg)
Sandy loam	4.45 (0.07)*	22.43 (2.61)	0.97 (0.13)	382.85 (38.42)	6.10 (0.43)	0.29 (0.06)	2.00 (0.24)	0.53 (0.19)	0.08 (0.02)

*Values in parenthesis are one standard error of the mean.

Table 8. Nutrient concentrations (g/kg) and total nutrients (kg/ha) in rhizomes and roots for a *Phyllostachys pubescens* stand.

	N	P	K	Ca	Mg	Na
Concentrations						
Rhizomes	7.618 (1.148)*	2.140 (0.290)	7.594 (1.248)	0.018 (0.012)	0.253 (0.036)	0.070 (0.021)
Roots	6.107 (0.844)	1.745 (0.366)	9.709 (1.083)	0.291 (0.045)	0.668 (0.047)	0.101 (0.003)
Total nutrients						
Rhizomes	104.5 (15.8)	29.4 (4.0)	104.2 (17.1)	0.3 (0.2)	3.5 (0.5)	1.0 (0.3)
Roots	45.5 (6.3)	13.0 (2.7)	72.3 (8.1)	2.2 (0.3)	5.0 (0.4)	0.8 (0.1)

*Values in parenthesis are one standard error of the mean.

되는 낙엽 및 낙지의 양이 적어 낙엽층 내에 존재하는 양 (4,340 kg/ha) 자체가 참나무 임분(10,000 kg/ha 이상)보다 적기 때문에 판단된다.

맹종죽 임분의 토양 특성은 Table 7에 나타내었다. 토양 산도는 4.45로 박인협과 류석봉(1996)이 맹종죽 임분을 대상으로 보고한 토양 산도 4.8보다 산성이 강한 토양으로 나타났다. 또한 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림 토양 A층의 화학적 특성에 관한 연구 자료와 비교하면 칼륨을 제외한 모든 원소의 농도가 낮게 나타났다. 본 결과는 Embaye 등(2005)이 대나무 천연 임분 내에서의 주요 원소의 결핍을 보고한 내용과 일치하는 것으로, 효율적인 죽순 생산과 생체량 증가를 위해서 적정 시비 등의 죽림 관리가 필요하다고 판단된다. 한편 토양 유기 탄소와 전질소의 농도가 낮게 나타난 것은 낮은 토양 산도가 미생물의 활동에 제한적인 요인으로 작용한 것으로 판단되며, 이에 따라 죽림 내에도 적정 토양 산도 유지와 낙엽 분해율 증가를 위한 석회 시비도 고려해야 할 부분이라고 판단된다. 또한, 치환성 양이온은 토양 pH와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있는데(정진현 등, 2002), 본 맹종죽 임분 내 칼슘 농도는 2.00 cmolc/kg로 나타나 우리나라 토양 A층 평균값인 2.44보다 낮은 것도 본 조사지의 낮은 토양 산도와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

지하경의 양분 함량은 질소와 칼륨이 가장 높게 나타났고 그 양은 서로 비슷하였으며, 마그네슘, 나트륨, 칼슘 순으로 높았다. 뿌리의 양분 함량은 칼륨이 가장 많았으며 질소와 인산 순으로 많은 비중을 차지하였다(Table 8). 본 연구 결과는 박인협과 류석봉 (1996)이 보고한 왕대속 지하부 양분 함량과 대체로 비슷한 경향을 보였으나, 상대적으로 인산의 함량이 많고, 칼슘의 함량이 적었는데, 이는 우리나라 중부 지방 천연 굴참나무와 신갈나무의 뿌리 양분 함량과의 비교에 있어서도 같은 경향을 나타내고 있다(Son 등, 2004).

인용문헌

- 공우석. 1985. 한반도의 대나무류 분포와 그 환경요인에 관한 식물지리학적 연구. 한국생태학회지 8(2): 89-98.
- 국립산림과학원. 2004. 주요 수종의 임목자원 평가 및 예측시스템. pp. 125.
- 기상청. 2005. 기후정보. http://www.kma.go.kr/kor/weather/climate/climate_03_01.jsp (2005. 02. 27).
- 김갑덕, 김재생, 박인협. 1984. 백운산지역 조릿대의 죽간 형질 및 물질 생산에 관한 연구. 임산에너지 4: 19-25.
- 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법 (토양, 식물체, 토양미생물). 농촌진흥청. 농업기술연구소. pp. 450.
- 박인협, 류석봉. 1996. 왕대속 대나무림의 물질생산 및 무기영양물 분배에 관한 연구. 한국임학회지 85(3): 453-461.
- 박인협, 문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량추정식에 관한 연구. 한국임학회지 83(2): 246-253.
- 박인협, 서영권, 김동엽, 손요환, 이명중, 진현오. 2003. 강원도 춘천지역 신갈나무 임분과 굴참나무 임분의 물질 생산. 한국임학회지 92(1): 52-57.
- 산림청. 2004. 임업통계연보. <http://www.foa.go.kr/ebook/imup2/index.html> (2005. 02. 27)
- 이도형. 2004. 흉고직경과 수고에 의한 소나무의 지상부와 지하부 생체량 추정. 한국임학회지 93(3): 242-250.
- 이도형, 황재우. 2000. 회귀식에 의한 잣나무 물질 생산성 추정. 자원문제연구논문집 19(1): 77-82.
- 이상태, 황재홍, 김병부, 이경재, 신현철, 박규중. 2004. 왕대림의 현존량과 양분함량에 관한 연구. 한국산림청학회지 7(2): 55-62.
- 이정석, 김춘식. 1988. 후박나무림의 물질생산량에 관하여. 한국임학회지 77(1): 10-16.
- 이창복. 1986. 수목학. 향문사 pp. 302-303.
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.
- Christanty, L., D. Maily and J.P. Kimmins. 1996. 'Without bamboo, the land dies': Biomass, litterfall, and soil organic matter dynamics of a Javanese bamboo talun-

- kebun system. Forest Ecology and Management 87 : 75-88.
17. Chung, Y.G and C.W. Ramm. 1990. Relationships between soil-site properties and bamboo (*Phyllostachys bambusoides*) growth. Journal of Korean Forest Society 79(1) : 16-20.
18. Embaye, K., M. Weih, S. Ledin and L. Christersson. 2005. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. Forest Ecology and Management 204 : 159-169.
19. Kim, C., H.K. Won and J.H. Jeong. 1999. Aboveground biomass and nutrient accumulation in a *Pinus rigida* plantation. FRI. Journal of Forest Science 62 : 1-7.
20. Maily, D., L. Christanty and J.P. Kimmins. 1997. 'Without bamboo, the land dies': nutrient cycling and biogeochemistry of a Javanese bamboo *talun-kebun* system. Forest Ecology and Management 91 : 155-173.
21. Ravikumar, R., G. Ananthkrishnan, T. Appasamy and A. Ganapathi. 1997. Effect of endomycorrhizae (VAM) on bamboo seedling growth and biomass productivity. Forest Ecology and Management 98 : 205-208.
22. Singh, A.N. and J.S. Singh. 1999. Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. Forest Ecology and Management 119(1-3) : 195-207.
23. 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 central Korea. Ecological Research 19 : 21-28.
-
- (2005년 3월 10일 접수; 2005년 4월 7일 채택)