

## 왕대와 솜대의 줄기, 가지, 잎에 양분 분포

박성완<sup>1</sup> · 백경원<sup>1</sup> · 조현서<sup>1</sup> · 유병오<sup>2</sup> · 정수영<sup>2</sup> · 이광수<sup>2</sup> · 김춘식<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 산림자원학과, <sup>2</sup>국립산림과학원 남부산림자원연구소

### Nutrient Distribution of Culm, Branches and Leaf in *Phyllostachys bambusoides* and *Phyllostachys nigra* var. *nenosis*

Seong-Wan Park<sup>1</sup>, Gyeongwon Baek<sup>1</sup>, Hyun-Seo Cho<sup>1</sup>, Byung Oh Yoo<sup>2</sup>,  
Su Young Jung<sup>2</sup>, Kwang Soo Lee<sup>2</sup> and Choonsig Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology,  
Jinju 52725, Korea

<sup>2</sup>Southern Forest Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju 52817, Korea

**요약:** 본 연구는 약 40년 전 식재된 왕대와 솜대를 대상으로 지상부 바이오매스의 기관별 양분 분포를 조사하기 위하여 실시하였다. 대나무 줄기, 가지, 잎에 양분 분포 비교를 위해 왕대 및 솜대 각 14본(당년생과 다년생 각 7본)을 선정하여 별채하고 양분 분석을 실시하였다. 대나무 줄기, 가지, 잎에 양분 농도(concentration) 중 마그네슘은 솜대에 비해 왕대가 높았으며, 질소, 인, 칼륨은 당년생 대나무가 다년생 대나무에 비해 유의적으로 높은 농도를 보였다. 양분 농도의 크기는 잎에 경우 탄소 > 칼륨 >= 질소 > 인 >= 칼슘 >= 마그네슘 순이었다. 줄기, 가지, 잎에 저장된 총 양분 함량(content)의 경우 왕대가 솜대에 비해 높아, 왕대가 솜대에 비해 양분 요구량이 크게 나타났다. 지상부 바이오매스의 양분 함량 크기는 왕대와 솜대 모두 탄소 > 칼륨 > 질소 > 인 > 칼슘 >= 마그네슘 순으로 두 대나무가 같은 경향을 보였다. 본 연구 결과에 따르면, 유사한 입지에 생육하는 왕대와 솜대의 경우 양분 함량에 차이를 보였으며, 양분 요구량은 왕대가 솜대에 비해 높게 나타났다.

**Abstract:** This study was carried out to determine effects of bamboo species on the distribution of nutrients in aboveground biomass of *Phyllostachys bambusoides* and *Phyllostachys nigra* var. *nenosis*, Damyanggun, Korea. The study site was established around 40-year-ago to produce bamboo culm and edible shoot production. Total 28 bamboos (14 *P. bambusoides* and 14 *P. nigra* var. *nenosis*) were cut to measure nutrient concentration of each bamboo component, such as culm, branches and leaf. Magnesium concentration in each bamboo component was significantly higher in the *P. bambusoides* than in the *P. nigra* var. *nenosis*. Nutrient concentrations except for calcium were significantly higher in the current-year-old bamboos than in the > 1-year-old bamboos. The nutrient concentration in leaf was generally highest in carbon, followed by potassium or nitrogen, phosphorus, calcium or magnesium. Total nutrient content in each bamboo component was significantly higher in the *P. bambusoides* than in the *P. nigra* var. *nenosis*. The nutrient content of bamboo biomass was the highest in carbon, followed by potassium, nitrogen, phosphorus, magnesium and calcium. The results indicate that *P. bambusoides* uptakes more nutrients compared with *P. nigra* var. *nenosis* during growth development.

**Key words:** bamboo biomass, nutrient concentration, nutrient content, nutrient uptake

## 서 론

최근 대나무는 지구 온실가스인 이산화탄소의 효과적인 탄소격리수단으로 잠재력(Christanty et al., 1996; Nath et

al., 2015; Yen et al., 2016)뿐만 아니라 식·약용 자원으로 다양한 용도가 개발되고 있어 대나무 조립 면적의 증가와 이용적 측면에서 새로운 수요가 기대된다(Tripathi and Singh, 1996; Lee et al., 2014; Zhang et al., 2014).

급속한 성장특성을 보이는 대나무는 죽순 채취나 상업적 이용을 위한 선택적 벌채가 매년 발생하기 때문에 지상부 바이오매스를 통한 양분 손실이나 양분 저장 특성이 임목과는 다른 특성을 보일 것으로 사료된다. 이러한

\* Corresponding author

E-mail: ckim@gntech.ac.kr

ORCID

Choonsig Kim  <http://orcid.org/0000-0002-3263-1187>

이유 때문에 국내에서도 대나무의 양분 분포와 관련한 다양한 연구가 수행된 바 있다. 예를 들면 맹종죽, 왕대, 솜대의 무기 양분 분포의 경우 일반 산림지역 임목에 비해 칼륨 농도가 높은 경향이 보고된 바 있으며(Park and Ryu, 1996), 맹종죽 지하경의 양분 함량(Hwang et al., 2005)이나, 왕대 지상부 양분 함량(Lee et al., 2004) 등이 추정된 바 있다. 국외의 경우 맹종죽 발순 시기에 따른 기관별 양분 분포 및 동태(Wu et al., 2009), 맹종죽 줄기, 가지, 잎, 뿌리, 죽순, 지하경의 칼륨, 칼슘, 인, 붕소, 아연 농도의 계절적 변화(Umemura and Takenaka, 2012) 등의 연구가 수행되었다. 그러나 대나무는 영급에 따라 기관별 양분 분포 및 화학적 구성 성분(Li et al., 2007)에 차이가 발생하여, 맹종죽의 경우 잎과 가지에 질소, 인, 칼륨 농도는 당년생 대나무가 다년생에 비해 높은 농도를 보이는 것으로 알려져 있다(Wu et al., 2009).

국내에 자생하는 대나무류는 5속 19종이며 맹종죽, 왕대, 솜대 등이 죽순 생산이나 산업용 소재로 이용을 위해 주로 집약적으로 재배되고 있다. 대나무 분포 면적은 약 22,998 ha로, 왕대와 솜대는 6,024 ha와 6,175 ha가 분포하여 전체 대나무 면적의 약 53%를 차지하는 우점종이다(National Institute of Forest Science, 2016). 대나무의 기관별 양분 분포 추정은 매년 죽순 수확과 선택적 벌채가 발생하는 대나무 임분의 시비량 산정이나 양분 흡수 특성과 관련한 임분 관리의 기초자료이나 국내에 넓은 면적이 분포하는 왕대와 솜대의 기관별 양분 분포 관련 연구는 미흡한 편이다. 본 연구는 유사한 입지에 식재된 왕대와 솜대

를 대상으로 줄기, 가지, 잎과 같은 기관별 양분 분포 특성을 비교하기 위한 목적으로 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 일반 현황

본 연구는 전라남도 담양군 담양읍 삼다리에 조성된 왕대와 솜대 임분을 대상으로 하였다. 조사지인 왕대와 솜대 임분의 경우 1970년대 죽제품 생산을 위한 원재로 공급을 위해 조성되었으며, 현재도 죽순 생산과 대나무의 벌채가 이루어지고 있으나, 임분 관리를 위한 밀도 조절이나 시비 등은 실시하지 않았다(Figure 1). 조사지 중 솜대 임분의 경우 하층 식생은 거의 나타나지 않았으며, 식재된 것으로 판단되는 차나무가 일부 분포하나 밀도는 매우 낮은 편이었다. 왕대 임분의 경우도 솜대 임분과 유사한 입지 환경 특성을 보이거나 일부지역의 경우 조림한 삼나무가 산재하였다. 입지 현황으로 왕대와 솜대 임분 모두 산록의 경사 15~20°에 위치하며, 염리상 화강암을 모재로 생성된 적색계 갈색 약건 산림토양형(rB<sub>2</sub>)이 분포하였다.

### 2. 시료채취 및 분석

대나무 기관별 양분 특성 비교를 위한 시료 채취는 2016년 7월에 실시되었으며, 입지환경 및 임분 밀도를 고려하여 10×10 m 크기의 총 6개 조사구(왕대 3개소, 솜대 3개소)를 임의로 선정하였다. 선정된 조사구는 금년도 생육한 당년생과 전년도로부터 생육중인 다년생 이상으

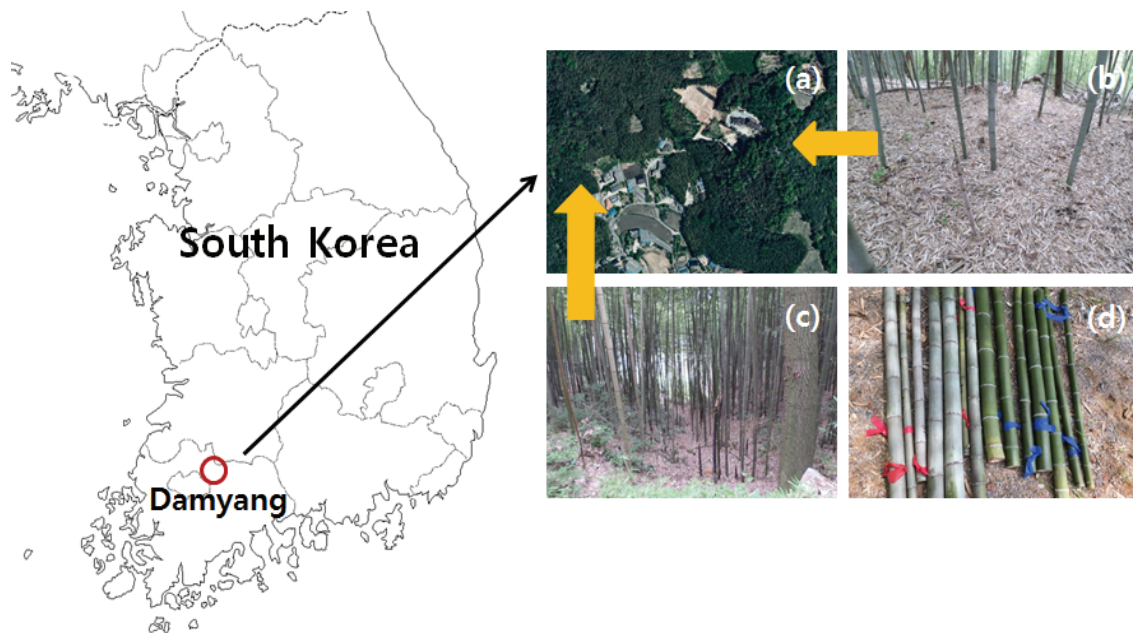


Figure 1. The study site (a) of *P. nigra* var. *nenosis* (b), *P. bambusoides* (c) stands and sampled culms (d).

로 구분하고 흉고직경을 측정하였다. 흉고직경 측정 자료로부터 별도 될 대나무를 최소 직경급과 최대 직경급을 포함하여 직경급이 고르게 분포되도록 하고, 왕대의 경우 당년생 7본, 다년생 7본, 솥대의 경우도 당년생과 다년생 각 7본 등 수종별 각 14본씩 총 28본을 임의로 선정하였다. 선정된 대나무는 지상부 20 cm 높이를 톱을 이용하여 벌채하였으며, 벌채된 대나무의 경우 지상부 1.2 m, 3.2 m, 5.2 m, 7.2 m의 간격으로 절단하고 줄기 생증량을 0.1g의 정밀도를 가지는 디지털 저울을 이용하여 측정하였다. 가지 생증량은 줄기로부터 분리하여 측정하였고, 가지에 부착된 잎의 경우도 전체를 분리하여 생증량을 측정하였다. 현지에서 생증량이 측정된 줄기, 가지, 잎 시료는 건증량 환산 및 양분 분석을 위해 1~2 kg씩 채취하여 지퍼 백에 밀봉하고 실험실로 운반한 후 80°C 온풍건조기에 넣고 향량에 도달할 때까지 건조한 후 건증량을 측정하였다. 건증량이 측정된 줄기, 가지, 잎을 대상으로 양분 농도(concentration) 분석을 위해 시료 일부를 채취하고 분쇄기로 분쇄한 후 40 mesh체를 이용하여 양분 분석 시료를 조제하였다. 분쇄된 시료 중 탄소 및 질소 농도는 원소분석기(Thermo Scientific, Flash 2000, Italy), 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 농도는 0.5 g의 분쇄된 시료를 습식 분해한 후(Kalra and Maynard, 1991) 여과액을 대상으로 ICP (Perkin Elmer Optima 5300, USA)를 이용하여 분석하였다. 대나무 기관별 양분 함량(content)은 기관별 건증량에 기관별 양분 함량을 곱하여 계산하였다. 대나무 종류 및 영급 간 양분 분포 비교는 SAS의 GLM Procedure를 이용하여 2원 분산분석(Two-way ANOVA)을 실시하고  $P < 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 임분 현황

왕대 임분의 ha당 평균 임분 밀도는 8,433본으로 6~10 cm의 흉고직경급에서 밀도가 높은 반면에, 솥대 임분은 11,700본으로 4~8 cm의 흉고직경급에서 밀도가 높았다 (Figure 2). 조사구의 평균 흉고직경은 왕대가 7.64 cm로 솥대의 6.53 cm에 비해 크게 나타났다(Table 1). 토양의 물리적 특성 중 토양용적밀도는 임분 간 차이가 없었으며, 모래함량과 토양 pH는 왕대 임분이 솥대 임분에 비해 높았다. 토양 유기탄소나 질소 같은 양분의 경우 솥대가 왕대에 비해 약간 높은 값을 보이나 임분 간 차이는 크지 않았다(Table 2).

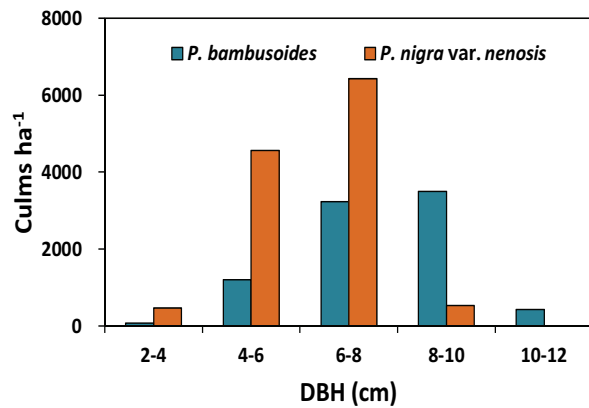


Figure 2. Distribution of DBH in *P. bambusoides* and *P. nigra var. nenosis* stands.

Table 1. General characteristics of the study site in *P. bambusoides* and *P. nigra var. nenosis* stands.

Stand	Location	Aspect	Elevation (m)	Slope (°)	Density (culm ha <sup>-1</sup> )			DBH (cm)
					Current -year-old	> 1-year-old	Total	
<i>P. bambusoides</i>	35°19'34.15"N 126°57'27.49"E	NE	94	15-20	266 (66)	8,166 (993)	8,433 (6.81)	7.64 (0.74)
<i>P. nigra var. nenosis</i>	35°19'36.64"N 126°57'43.51"E	N	95	<15	433 (133)	11,267 (317)	11,700 (351)	6.53 (0.14)

\* Values in parenthesis are standard error.

Table 2. General soil properties in *P. bambusoides* and *P. nigra var. nenosis* stands.

Stand	Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil pH	C (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
<i>P. bambusoides</i>	0.86 (0.07)	66 (5.8)	26 (3.5)	8 (2.3)	5.06 (0.13)	2.75 (0.28)	0.22 (0.01)	7.46 (4.0)
<i>P. nigra var. nenosis</i>	0.86 (0.001)	55 (1.3)	35 (0.7)	10 (1.2)	4.77 (0.08)	2.92 (0.26)	0.27 (0.04)	6.29 (1.94)

2. 양분 농도

대나무 부위별 탄소 농도(Figure 3)와 흉고직경과의 관계에서 왕대와 솜대의 당년생 잎( $r = 0.84$ ,  $r = 0.86$ )과 솜대 당년생 가지( $r = 0.89$ ,  $r = 0.86$ )는 흉고직경 증가에 따라 탄소 농도가 증가하는 경향을 보였으나, 줄기 내 탄소 농도는 흉고직경과 상관 관계가 없었다( $P > 0.05$ ). 잎 내 질소 농도의 경우도 흉고직경과 상관 관계가 나타나지 않았으나, 왕대 다년생 가지( $r = -0.84$ )와 줄기( $r = -0.89$ ) 등은 흉고직경이 증가함으로써 질소 농도가 감소하였다. 잎과 가지에 칼륨과 칼슘의 경우도 대나무 종류나 영급에 따라 다르나 일반적으로 흉고직경이 증가함으로써 농

도가 감소하는 경향을 보였다. 그러나 줄기의 칼슘과 마그네슘 농도는 흉고직경이 증가함으로써 농도가 증가하였다. 대나무 잎에 질소 및 인, 가지에 마그네슘, 줄기에 탄소 농도는 흉고직경과 상관 관계가 나타나지 않았다( $P > 0.05$ ). 그러나 일부 기관에서 흉고직경 증가에 따라 부위별 양분 농도가 감소하는 것은 바이오매스 증가에 따른 양분 희석 효과(Shanmughavel and Francis, 1996; Wu et al., 2009)가 원인일 수 있다. 또한 당년생 대나무가 다년생 대나무에 비해 높은 양분 농도를 보이는 것은 토양 양분의 직접적인 흡수보다는 인접한 다년생 대나무로부터 양분 재전류(nutrient retranslocation)가 기여하는

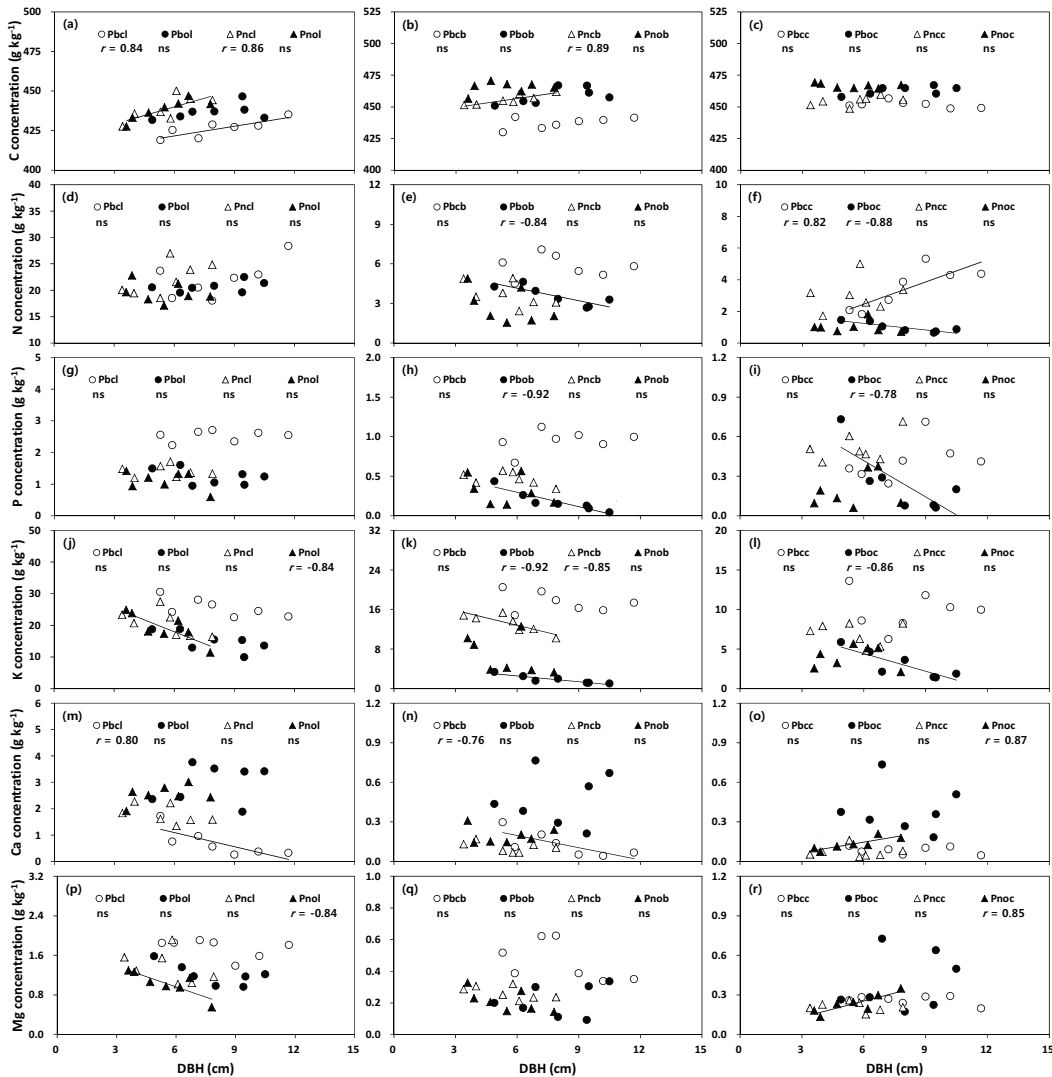


Figure 3. Correlations between nutrient concentration of bamboo components and DBH in *P. bambusoides* and *P. nigra* var. *nenosis* (a, d, g, j, m, p: Pbcl: current-year-old leaf in *P. bambusoides*; Pbol: 1-year-old leaf in *P. bambusoides*; Pncl: current-year-old leaf in *P. nigra* var. *nenosis*; Pnol: > 1-year-old leaf in *P. nigra* var. *nenosis*; b, e, h, k, n, q: Pbcb: current-year-old branch in *P. bambusoides*; Pbob: > 1-year-old branch in *P. bambusoides*; Pncb: current-year-old branch in *P. nigra* var. *nenosis*; Pnob: > 1-year-old branch in *P. nigra* var. *nenosis*; c, f, i, l, o, r: Pbcc: current-year-old culm in *P. bambusoides*; Pboc: > 1-year-old culm in *P. bambusoides*; Pncc: current-year-old culm in *P. nigra* var. *nenosis*; Pnoc: > 1-year-old culm in *P. nigra* var. *nenosis*). ns: non-significance.

것으로 알려져 있다(Embaye et al., 2005; Umemura and Takenaka, 2014).

대나무 기관별 평균 양분 농도 중 줄기에 탄소, 칼슘, 마그네슘의 경우 왕대와 솜대 사이에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 가지의 경우도 칼륨을 제외하고 왕대가 솜대에 비해 양분 농도가 유의적으로 높았다. 잎의 경우 인과 마그네슘 농도는 왕대가 솜대에 비해 높은 농도를 보였으나, 인, 칼륨, 칼슘의 경우 유의적인 상호작용 효과가 있었다. 예를 들면 왕대 당년생은 솜대 당년생에 비해 칼륨 농도가 높게 나타났으나, 다년

생의 경우 솜대가 왕대에 비해 높은 칼륨 농도를 보여 대나무 종류 간 차이를 보였다. 칼륨과는 대조적으로 칼슘의 경우 왕대 당년생이 솜대 당년생에 비해 칼슘 농도가 낮았다.

영양별 양분 농도의 경우 잎의 마그네슘 농도를 제외하고 질소, 인, 칼륨 농도는 당년생이 다년생에 비해 유의적으로 높은 농도인 반면에 칼슘의 경우 다년생이 당년생에 비해 높았다. 일반적으로 잎의 양분 농도가 토양으로부터 흡수되는 양분의 지표임을 고려할 때(Embaye et al., 2005; Kleinhenz and Midmore, 2001), 왕대의 경우

**Table 3.** Mean nutrient concentration of each bamboo component in *P. bambusoides* and *P. nigra* var. *nenosis*.

Component	Species	Age	Nutrient (g kg <sup>-1</sup> )						
			C	N	P	K	Ca	Mg	
Culm	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	451 (1.01)	3.47 (0.50)	0.42 (0.06)	9.82 (0.9)	0.08 (0.01)	0.26 (0.01)	
		> 1-year-old (n=7)	462 (1.25)	0.97 (0.12)	0.24 (0.09)	2.98 (0.66)	0.39 (0.07)	0.40 (0.08)	
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	454 (0.56)	3.00 (0.14)	0.52 (0.05)	6.86 (0.54)	0.07 (0.02)	0.21 (0.03)	
		> 1-year-old (n=7)	466 (0.70)	1.00 (0.14)	0.18 (0.05)	4.02 (0.53)	0.13 (0.02)	0.23 (0.03)	
	<i>P</i> -value	Species (S)		0.006	0.515	0.723	0.172	0.001	0.025
		Age (A)		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.087
S×A			0.654	0.455	0.228	0.007	0.003	0.202	
Branches	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	437 (1.68)	5.80 (0.33)	0.94 (0.05)	17.46 (0.77)	0.13 (0.04)	0.46 (0.05)	
		> 1-year-old (n=7)	458 (2.45)	3.54 (0.28)	0.18 (0.05)	1.79 (0.32)	0.48 (0.08)	0.21 (0.04)	
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	455 (1.6)	3.66 (0.36)	0.47 (0.03)	13.18 (0.69)	0.11 (0.01)	0.26 (0.02)	
		> 1-year-old (n=7)	465 (1.75)	2.80 (0.50)	0.31 (0.07)	6.66 (1.43)	0.19 (0.02)	0.21 (0.03)	
	<i>P</i> -value	Species (S)		<0.001	<0.001	0.003	0.745	0.002	0.006
		Age (A)		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002
S×A			0.004	0.070	<0.001	<0.001	0.008	0.008	
Leaf	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	426 (2.07)	22.0 (1.33)	2.52 (0.07)	25.56 (1.11)	0.70 (0.20)	1.75 (0.07)	
		> 1-year-old (n=7)	436 (1.85)	20.6 (0.38)	1.23 (0.10)	14.93 (1.20)	2.97 (0.27)	1.20 (0.09)	
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	438 (2.98)	22.2 (1.88)	1.41 (0.71)	20.59 (1.57)	1.78 (0.13)	1.36 (0.12)	
		> 1-year-old (n=7)	438 (2.41)	19.5 (0.73)	1.11 (0.11)	19.27 (1.73)	2.54 (0.13)	1.03 (0.10)	
	<i>P</i> -value	Species (S)		0.006	0.628	<0.001	0.826	0.103	0.008
		Age (A)		0.005	0.050	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
S×A			0.030	0.521	<0.001	0.003	0.006	0.264	

\* Values in parenthesis are standard error.

솜대에 비해 칼륨, 인, 마그네슘 성분의 요구량이 크고, 솜대의 경우 왕대에 비해 칼슘 요구량이 크게 나타났다. 줄기, 가지에 양분 농도도 영급 간 차이가 뚜렷하여 칼슘과 마그네슘을 제외하고 당년생의 양분 농도가 다년생에 비해 높은 농도를 보였다. 왕대와 솜대의 양분 농도 크기는 기관별로 차이가 있으나 잎의 경우 탄소 > 칼륨 ≧ 질소 > 인 > 칼슘 ≧ 마그네슘 순이었으며(Table 3), 타 연구에서도 유사한 경향이 관찰된 바 있다(Lee et al., 2004; Embaye et al., 2005; Wu et al., 2009).

### 3. 양분 함량

대나무 부위별 양분 함량과 흉고직경과의 선형 관계를 조사한 결과 줄기의 탄소와 질소 함량의 경우 흉고직경과 선형 관계( $r^2 = 0.62 \sim 0.96$ )를 보이고 있으나, 가지의 질소나 마그네슘 함량의 경우 선형 관계( $P > 0.05$ )가 나타나지 않았다(Figure 4). 또한 왕대 잎의 당년생 양분 함량은 솜대 당년생에 비해 흉고직경과 양분 함량의 선형 관계가 뚜렷하지 않았으며, 이는 시료 채취 시기가 7월로 왕대 당년생의 경우 솜대 당년생에 비해 생육이 완전히

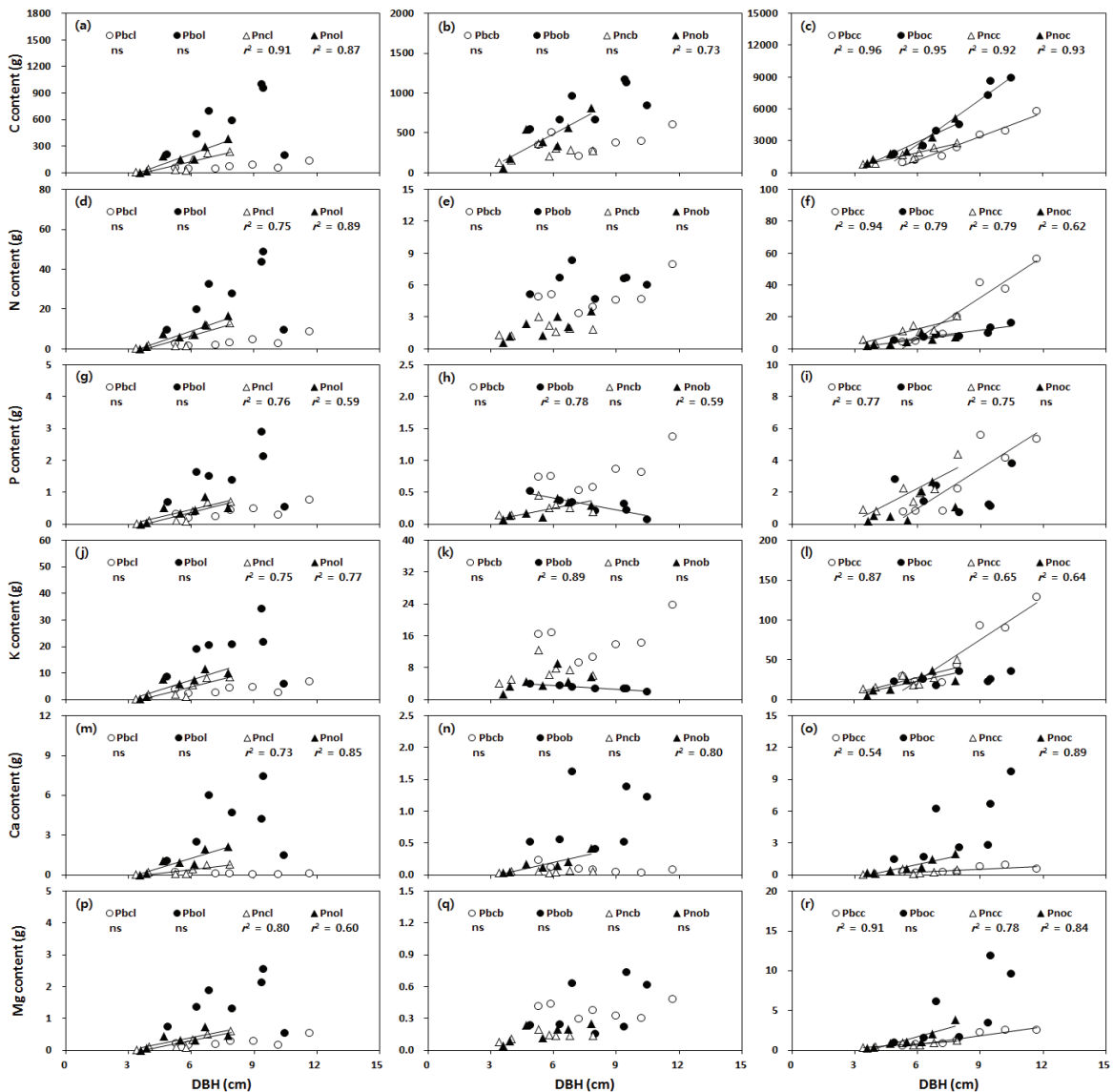


Figure 4. Linear relationships between nutrient content of bamboo components and DBH in *P. bambusoides* and *P. nigra* var. *nenosis* (a, d, g, j, m, p: Pbcl: current-year-old leaf in *P. bambusoides*; Pbol: 1-year-old leaf in *P. bambusoides*; Pncl: current-year-old leaf in *P. nigra* var. *nenosis*; Pnol: > 1-year-old leaf in *P. nigra* var. *nenosis*; b, e, h, k, n, q: Pbcb: current-year-old branch in *P. bambusoides*; Pbob: > 1-year-old branch in *P. bambusoides*; Pncb: current-year-old branch in *P. nigra* var. *nenosis*; Pnob: > 1-year-old branch in *P. nigra* var. *nenosis*; c, f, i, l, o, r: Pbcc: current-year-old culm in *P. bambusoides*; Pboc: > 1-year-old culm in *P. bambusoides*; Pncc: current-year-old culm in *P. nigra* var. *nenosis*; Pnoc: > 1-year-old culm in *P. nigra* var. *nenosis*). ns: non-significance.

**Table 4. Mean nutrient contents of each bamboo component in *P. bambusoides* and *P. nigra* var. *nenosis*.**

Component	Species	Age	DBH (cm)	Nutrient (g bamboo-1)					
				C	N	P	K	Ca	Mg
Culm	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	8.17 (0.86)	2,781 (664)	25.0 (7.8)	2.80 (0.8)	61.4 (16)	0.50 (0.11)	1.54 (0.33)
		> 1-year-old (n=7)	7.92 (0.75)	5,362 (1098)	9.8 (1.41)	1.94 (0.42)	26.4 (2.5)	4.50 (1.18)	5.00 (1.62)
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	5.61 (0.58)	1,692 (275)	11.2 (2.12)	2.00 (0.45)	25.3 (4.8)	0.26 (0.08)	0.76 (0.12)
		> 1-year-old (n=7)	5.48 (0.58)	2,432 (549)	5.0 (1.15)	1.04 (0.37)	20.3 (4.2)	0.79 (0.26)	1.38 (0.47)
P-value	Species (S)		0.002	0.009	0.034	0.129	0.023	0.004	0.017
	Age (A)		0.796	0.028	0.017	0.106	0.031	0.001	0.026
	S×A		0.936	0.208	0.287	0.939	0.099	0.009	0.110
Branches	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	8.17 (0.86)	384 (0.51)	4.9 (0.55)	0.81 (0.10)	15.0 (1.8)	0.10 (0.03)	0.37 (0.03)
		> 1-year-old (n=7)	7.92 (0.75)	849 (92)	6.3 (0.45)	0.29 (0.05)	3.0 (0.3)	0.89 (0.19)	0.40 (0.09)
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	5.61 (0.58)	246 (32)	1.9 (0.23)	0.25 (0.04)	7.0 (1.0)	0.05 (0.006)	0.14 (0.01)
		> 1-year-old (n=7)	5.48 (0.58)	411 (96)	2.0 (0.40)	0.21 (0.05)	4.5 (0.9)	0.16 (0.05)	0.16 (0.03)
P-value	Species (S)		0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.009	<0.001	<0.001
	Age (A)		0.796	<0.001	0.091	<0.001	<0.001	<0.001	0.590
	S×A		0.936	0.053	0.159	0.001	<0.001	0.002	0.967
Leaf	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	8.17 (0.86)	66.9 (12)	3.6 (0.89)	0.39 (0.07)	3.8 (0.6)	0.09 (0.02)	0.27 (0.05)
		> 1-year-old (n=7)	7.92 (0.75)	579 (123)	27 (5.9)	1.53 (0.30)	18.6 (3.5)	3.90 (0.9)	1.50 (0.28)
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	5.61 (0.58)	101 (37)	5.3 (2.1)	0.31 (0.11)	4.0 (1.3)	0.36 (0.13)	0.26 (0.09)
		> 1-year-old (n=7)	5.48 (0.58)	168 (52)	7.2 (2.2)	0.39 (0.11)	6.2 (1.6)	1.00 (0.31)	0.34 (0.09)
P-value	Species (S)		0.002	0.013	0.011	0.002	0.007	0.011	0.001
	Age (A)		0.796	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.003
	S×A		0.936	0.004	0.003	0.006	0.005	0.003	0.001
Total	<i>P. bambusoides</i>	Current-year-old (n=7)	8.17 (0.86)	3,233 (706)	34 (8.9)	4.02 (0.95)	80 (17.6)	0.7 (0.09)	2.2 (0.36)
		> 1-year-old (n=7)	7.92 (0.75)	6,791 (1,225)	44 (6.4)	3.77 (0.3)	95 (17.1)	9.3 (1.8)	6.9 (1.8)
	<i>P. nigra</i> var. <i>nenosis</i>	Current-year-old (n=7)	5.61 (0.58)	2,040 (333)	18 (3.8)	2.56 (0.56)	83 (16)	0.7 (0.2)	1.2 (0.2)
		> 1-year-old (n=7)	5.48 (0.58)	3,011 (686)	14 (3.4)	1.64 (0.50)	48 (3.3)	2.0 (0.60)	1.9 (0.56)
P-value	Species (S)		0.002	0.005	0.001	0.008	<0.001	<0.001	0.005
	Age (A)		0.796	0.010	0.635	0.361	0.525	<0.001	0.010
	S×A		0.936	0.121	0.260	0.595	0.636	<0.001	0.050

\* Values in parenthesis are standard error.

완료되지 않았고, 생육과정 동안 양분 농도가 지속적으로 감소하여(Wu et al., 2009) 흉고직경 증가와 선형 관계가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

왕대와 솜대의 줄기에 양분 함량은 인을 제외하고 탄소, 질소, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 모두 왕대가 솜대에 비해 유의적으로 높았다(Table 4). 가지와 잎의 경우도 줄기와 유사하게 왕대의 양분 함량이 솜대에 비해 높게 나타났다. 총 양분 함량의 경우도 왕대가 솜대에 비해 높아, 유사한 직경급 벌채 시 양분 손실량은 왕대가 솜대에 비해 큰 것으로 나타났다. 양분 함량의 크기는 왕대와 솜대 모두 탄소 > 칼륨 > 질소 > 인 > 마그네슘 > 칼슘 순으로(Table 4) 두 수종 모두 같은 경향을 보였고, 중국 남부지역 맹종죽의 칼륨 > 질소 > 마그네슘 > 인 > 칼슘 등의 양분 함량 크기와 유사한 경향을 보였다(Wu et al., 2009). 우리나라 산림지역 리기다소나무나 낙엽송의 임목 내 양분 저장량의 경우 질소 > 칼슘 > 칼륨 > 마그네슘 > 인 순으로(Kim, 1999), 대나무는 임목에 비해 칼륨 저장량은 높은 반면에 칼슘 저장량은 낮게 나타났다. 대나무는 생육과정 동안 높은 칼륨 이용 효율을 보이며, 토양으로부터 칼륨성분 공급 능력은 대나무 생산력을 결정하는 가장 중요한 요인으로 알려져 있다(Kleinhenz and Midmore, 2001).

## 결론

약 40년 전 조성된 왕대와 솜대 임분을 대상으로 대나무 기관별 양분 농도와 함량을 조사한 결과 대나무 종류에 따라 양분 농도 및 함량에 차이가 있었다. 기관별 평균 양분 농도의 경우 줄기에 탄소, 칼슘, 마그네슘, 가지는 칼륨을 제외하고 왕대와 솜대 사이에 유의적인 차이가 있었다. 영급별로는 칼슘 농도를 제외하고 당년생의 양분 농도가 다년생에 비해 높게 나타났다. 또한 왕대의 줄기, 가지 잎에 총 양분 함량은 솜대에 비해 높게 나타나, 왕대가 솜대에 비해 양분 요구량이 높고 벌채 시 양분 손실량이 클 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 남부산림자원연구소 2016년 위탁연구(대나무 죽종별 양료 순환 모델 개발)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

Christanty, L., Maily, D. and Kimmins, J.P. 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(1-3): 75-88.

Embaye, K., Weih, M., Ledin, S. and Christersson, L. 2005. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: Implications for management. *Forest Ecology and Management* 204: 159-169.

Hwang, J.H., Chung, Y.G., Lee, S.T., Kim, B.B., Shin, H.C., Lee, K.J. and Park K.J. 2005. Estimation of aboveground biomass and belowground nutrient contents for a *Phyllostachys pubescens* stand. *Journal of Korean Forest Society* 94(3): 161-167.

Kalra, Y.P. and Maynard, D.G. 1991. *Methods Manual for Forest Soil and Plant Analysis*. Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. Information Report. NOR-X-319E. pp. 116.

Kim, C. 1999. Aboveground nutrient distribution in pitch pine (*Pinus rigida*) and Japanese larch (*Larix leptolepis*) plantations. *Journal of Korean Forest Society* 88(2): 266-272.

Kleinhenz, V. and Midmore, D. 2001. Aspect of bamboo agronomy. *Advances in Agronomy* 74: 99-145.

Lee, S.L., Hwang, J.H., Kim, B.B., Lee, K.J., Shin, H.C. and Park, K.J. 2004. A study on the biomass and nutrient contents of *Phyllostachys bambusoides* stands. *Korean Journal of Forest Measurement* 7(2): 55-62.

Lee, K.S., Jung, S.Y., Yoo, B.O., Park, J.H., Kim, C. and Ju, N.G. 2014. Biomass estimation for Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) stands and Henon bamboo (*Phyllostachys nigra*) stands in southern Korea. *Journal of Agriculture and Life Science* 48(6): 109-118.

Li, X.B., Shupe, T.F., Peter, G.F., Hse, C.Y. and Eberhardt. 2007. Chemical changes with maturation of the bamboo specie *Phyllostachys pubescens*. *Journal of Tropical Science* 19(1): 6-12.

Nath, A.J., Lal, R. and Das, A.K. 2015. Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation* 3: 654-663.

National Institute of Forest Science. 2016. *Distribution Status of Bamboo Forest Resources in Korea*, December 2016 (No. 16-27), Seoul, Korea.

Park, I.H. and Ryu, S.B. 1996. Biomass, net production and nutrient distribution of bamboo *Phyllostachys* stands in Korea. *Journal of Korean Forest Society* 85(3): 453-461.

Shanmughavel, P. and Francis, K. 1996. Above ground biomass production and nutrient distribution in growing bamboo (*Bambusa bambos* (L.) Voss). *Biomass and Bioenergy* 10(5): 383-391.

Tripathi, S.K. and Singh, K.P. 1996. Culm recruitment, dry



- matter dynamics and carbon flux in recently harvested and mature bamboo savanna in the Indian dry tropic. *Ecological Research* 11(2): 149-164.
- Umenmura, M. and Takenaka, C. 2014. Retranslocation and localization of nutrient elements in various organs of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). *Science of the Total Environment* 494: 845-853.
- Wu, J., Xu, Q., Jiang, P. and Cao, Z. 2009. Dynamics and distribution of nutrition elements in bamboos. *Journal of Plant Nutrition* 32: 489-501.
- Zhang, Q., Wang, J., Wang, G., Shamsi, I.H. and Wang, X. 2014. Site-specific nutrient management in a bamboo forest in Southeast China. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 197: 264-270.
- 
- (Received: September 11, 2017; Accepted: November 1, 2017)