

소나무의 생태형과 임령에 따른 물질 현존량 확장계수

박인협^{1*} · 박민수¹ · 이경학² · 손영모² · 서정호² · 손요환³ · 이영진⁴

¹순천대학교 산림자원학과, ²국립산림과학원,

³고려대학교 환경생태공학부, ⁴공주대학교 산림자원학과

Biomass Expansion Factors for *Pinus densiflora* in Relation to Ecotype and Stand Age

In Hyeop Park^{1*}, Min Su Park¹, Kyeong Hak Lee², Yeong Mo Son², Jeong Ho Seo², Yowhan Son³ and Young Jin Lee⁴

¹Department of Forest Resources, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

²Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

³Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

⁴Department of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 340-702, Korea

요약: 기후변화 협약과 관련된 교토 의정서를 계기로 산림의 탄소 축적량을 조사하기 위하여 전국 규모의 산림 현존량 추정에 대한 연구가 진행되고 있다. 전국 규모의 산림 현존량 추정은 일반적으로 임업통계상의 임목측적 자료를 이용하고 있으며, 산림 현존량은 줄기의 건중량 대 재적 비인 줄기밀도와 임목 전체 건중량 대 줄기 건중량 비인 현존량확장계수에 의하여 산출할 수 있다. 본 연구는 한국 소나무의 대표적 생태형인 금강형 소나무와 중부지방 소나무를 대상으로 임령에 따른 줄기밀도와 현존량확장계수를 조사분석함으로써 임목측적에 의한 현존량 추정에 대한 정보를 제공하는데 목적이 있다. 금강형 소나무와 중부지방 소나무는 모두 영급이 증가함에 따라 줄기밀도가 증가하였으며, 현존량확장계수는 감소하였다. 금강형 소나무 줄기밀도의 경우 20년생 이하 영급과 40-60년생 영급 간에는 유의적인 차이가 있었으며, 중부지방 소나무의 뿌리를 제외한 지상부 현존량확장계수의 경우 20년생 이하, 20-40년생, 40-60년생 영급간에 모두 유의적인 차이가 있었다. 동일 영급에서 금강형 소나무는 중부지방 소나무에 비하여 줄기밀도와 현존량확장계수가 모두 낮은 값을 보였다. 20년생 이하와 20-40년생 영급의 경우 줄기밀도와 현존량확장계수 모두 금강형 소나무와 중부지방 소나무간에 유의적인 차이가 있었다. 이상을 종합하면, 임업통계상의 임목측적을 이용하여 소나무림의 현존량을 추정할 경우 전환계수인 줄기밀도와 현존량확장계수는 금강형 소나무와 중부지방 소나무를 구분하고 적정 범위의 영급에 따라 달리 적용함으로써 정확도를 높일 수 있는 것으로 나타났다.

Abstract: Researches on estimating national-scaled forest biomass are being carried out to quantify the carbon stock of forests with the Kyoto Protocol. In general, estimates of national-scaled forest biomass are based on forest inventory data which provides estimates of forest area, stem volume, and growth of stem by age classes. Estimates of forest biomass are, however, obtained by converting stem volumes to dry weight with stem density and thereafter to whole tree biomass with biomass expansion factors (ratios of whole tree dry weight to stem dry weight). *Pinus densiflora* is widely distributed and one of the most economically important timber species in Korea. The species are largely grouped into two ecotypes of Geumgang and Jungbu. Stems of Geumgang type trees are straight and high compared to those of Jungbu type trees. The objective of this study was to determine and compare stem density and biomass expansion factors for the two ecotypes of *Pinus densiflora* according to stand age. Stem density of both ecotypes of *Pinus densiflora* increased and biomass expansion factors of them decreased with increasing tree age. In the same age class, stem density and biomass expansion factor of Geumgang type *Pinus densiflora* were lower than those of Jungbu type *Pinus densiflora*. There were statistically significant differences in stem density and biomass expansion factors between Geumgang type and Jungbu type *Pinus densiflora* in 0-20-year-old stands and 40-60-year-old stands. Our results suggested that the reliability of the national forest biomass inventory could be improved by applying the ecotype- and age-dependent stem density and biomass expansion factors.

Key words : dry weight distribution, root/shoot ratio, stem density

*Corresponding author
E-mail: inhyeop@sunchon.ac.kr

서 론

최근 화석연료의 사용 증가와 대규모 벌채 등으로 인한 대기 중 CO₂ 농도의 증가와 지구 온난화는 세계적인 환경문제로 대두되고 있으며, 1997년 채택된 교토 의정서(Kyoto Protocol)를 계기로 산림에 의한 지구온난화 방지를 위한 국제적인 노력이 모색되고 있다. 이와 관련하여 세계의 주요국들은 산림의 탄소 축적량을 추정하는 연구가 이루어지고 있으며, 국내에서도 전국 규모 산림의 탄소 축적량에 대한 연구가 진행되고 있다(국립산림과학원, 2004). 임목은 광합성을 통하여 대기 중의 탄소를 체내 물질로 전환시켜 축적한다. 식물체를 구성하고 있는 원소 중 그 양이 가장 많은 것이 탄소로서, 임목의 경우 건중량의 약 50%가 탄소이다(Satoo and Madgwick, 1982; 송철영 등, 1997). 산림의 개략적인 탄소 축적량은 임목 전체의 건중량에 탄소 구성비 0.5를 곱함으로써 산출할 수 있으며, 산림의 탄소 축적량을 파악하기 위해서는 임목 전체의 건중량 즉, 현존량(biomass)을 추정하는 것이 선행 과제이다.

임분 현존량 조사는 적정 수의 표본목을 벌목 조사하여 흉고직경 등을 독립변수로 하고 건중량을 종속변수로 하는 회귀식을 유도한 후 매목조사시 측정된 흉고직경 등을 대입함으로써 추정하는 방법이 사용되고 있다. 그러나 전국 규모의 산림 조사를 위한 현존량 추정 방법의 경우 회귀식에 의한 방법은 현실적으로 어려움이 있다. 국제적인 기후변화협약과 관련된 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2003)에서는 탄소 축적량 조사를 위한 전국 규모의 산림 현존량 추정 방법으로서 국가별 임업통계상의 임목축적 즉, 줄기재적을 이용한 방법을 권장하고 있다. 산림의 임목 현존량은 줄기의 건중량 대 재적 비인 줄기밀도와 임목 전체 건중량 대 줄기 건중량 비인 현존량확장계수 등의 전환계수에 의하여 산출할 수 있으며(Johnson and Sharpe, 1983; Lehtonen *et al.*, 2004), 줄기밀도와 현존량확장계수는 수종, 수령 등에 따라 다른 것으로 보고되고 있다(Satoo and Madgwick, 1982; Johnson and Sharpe, 1983; Kauppi *et al.*, 1992). 따라서, 전국 규모의 주요 수종 및 임상별, 영급별 임목축적이 조사되어 있는 한국(산림

청, 2005)의 경우 주요 수종별 줄기밀도와 현존량확장계수를 구명함으로써 산림 현존량을 추정할 수 있으며, 보다 정확한 현존량 추정을 위해서는 적정 범위의 영급별 줄기밀도와 현존량확장계수를 적용하는 것이 필요하다.

한국의 대표적인 수종인 소나무는 지역에 따라 수형의 변이가 심하기 때문에 남한의 경우 경북 동남부 일대에 비교적 소면적으로 분포하는 안강형, 서남부 저지대의 중남부평지형, 중남부 내륙의 중남부고지형, 강원, 경북 일대에 분포하는 금강형의 4개 생태형으로 구분하고 있다(Uyeki, 1928). 박인협과 이석면(1990)은 한국의 4개 생태형 소나무 천연림의 물질생산에 관한 연구에서 금강형 소나무는 다른 생태형 소나무에 비하여 줄기의 현존량 구성비는 높은 반면 가지와 잎의 구성비가 낮은 특성을 보이며, 중남부평지형 소나무와 중남부고지형 소나무의 부위별 현존량 구성비는 큰 차이가 없다고 하였다. 따라서, 소면적으로 분포하는 안강형 소나무를 제외하면, 한국 소나무의 물질생산 구조는 금강형과 중남부지방으로 크게 구분할 수 있다.

본 연구는 이러한 관점에서 금강형 소나무와 중부지방 소나무를 대상으로 임령에 따른 줄기밀도와 현존량확장계수를 구명함으로써 산림의 탄소 축적량 추정과 임목 전체 이용을 위한 산림자원의 재평가에 필요한 정보를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

산림청(2005)에서 제시한 임목축적 자료의 최대 영급이 50-60년생인 VI영급인 것을 고려하여, 한국 소나무의 대표적인 생태형인 금강형 소나무와 중부지방 소나무를 대상으로 각각 20년생 이하, 20-40년생, 40-60년생 임분 등 3개 수준의 20년 영급으로 구분하여 총 6개 임분을 선정하였다(Table 1). 금강형 소나무 임분은 3개 영급 모두 경상북도 울진군 서면 소광리에서 선정하였으며, 중부지방 소나무 임분은 충청북도 보은군 산외면의 신정리와 대원리에서 선정하였다.

Table 1. Characteristics of the study *Pinus densiflora* stands.

Ecotype	Age class (yr)	Location	Altitude (m)	Aspect	Slope (°)	Density (trees/ha)	
Geumgang	Stand 1	<20	Sogwang-ri, Seo-myeon, Uljin-gun, Gyeongsangbuk-do	480	W	10	3,470
	Stand 2	20-40	"	490	SW	5	1,230
	Stand 3	40-60	"	500	SW	10	600
Jungbu	Stand 1	<20	Sinjeong-ri, Sanwe-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do	350	SW	20	2,800
	Stand 2	20-40	"	450	SW	25	1,230
	Stand 3	40-60	Daewon-ri, Sanwe-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do	450	SE	25	730

2. 표본목 선정 및 측정

임분별 10 m×10 m 조사구를 3개씩 설치하여 상층목의 매목조사를 한 후 20년생 이하와 20-40년생 임분에서는 임분별 5주씩, 40-60년생 임분에서는 임분별 3주씩 총 26주의 표본목을 선정하였다. 표본목은 각 임분의 평균 흉고직경급에 속하는 임목을 무작위로 선정하였다. 선정된 26주의 표본목을 벌목하여 줄기, 가지, 잎으로 구분한 후 다음의 각 항목을 조사하였다. 줄기는 지상 0.2 m 높이에서 2 m 간격으로 절단하여 생중량을 측정 후 2 m 길이로 절단한 각 통나무의 중앙부에서 5-10 cm 두께의 원판을 채취하였다. 지상 0.2 m 이하의 부분은 인접한 통나무에 포함시켰다. 원판은 생중량을 측정 후 수피내직경, 수피외직경, 수피재적, 연륜수 등과 수간석해용 자료를 측정하였다. 그리고 85°C에서 항량이 될 때까지 건조시켜 건중량을 측정 후 수피를 분리하여 수피건중량을 측정하였다. 측정치에 의하여 각 원판의 건중량대 생중량비, 수피건중량대 수피재적비 등을 산정하였다. 가지와 잎은 표본목별 생중량을 각각 측정 후 임분별 3주씩 각각 1,000 g 정도의 시료를 취하여 건중량대 생중량비를 구하였다. 뿌리는 임분별 3개 표본목의 뿌리를 가급적 전량 굴취하여 생중량을 측정하고 시료를 채취하여 건중량대 생중량 비를 산정하였다.

3. 표본목의 부위별 건중량

각 표본목의 줄기 건중량은 2 m 길이의 통나무 생중량과 중앙부 원판의 건중량대 생중량비에 의하여 산출된 통나무 건중량의 합으로 하였다. 수피의 건중량은 원판 측정치에 의하여 산출된 통나무의 수피재적과 원판의 수피건중량대 수피재적비에 의하여 산출된 각 통나무의 수피

건중량을 합산함으로써 구하였다. 목질부 건중량은 줄기의 건중량에서 수피건중량을 뺀 값으로 하였다. 가지, 잎, 뿌리의 건중량은 각각의 생중량과 시료의 건중량대 생중량비에 의하여 산정하였다.

4. 줄기밀도와 현존량 확장계수

표본목의 수간석해와 부위별 건중량 측정치에 의하여 표본목별 줄기밀도와 현존량 확장계수를 산출하였다. 줄기밀도는 수피를 포함한 줄기의 건중량 대 생체적 비로 하였으며, 현존량 확장계수는 줄기의 건중량에 대한 임목 전체의 건중량 비를 산출하였다. 이상의 자료들은 SAS(1988)에 의하여 분산분석과 Duncan의 다중검정 등의 통계분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 표본목 측정

금강형 소나무의 임분 1, 2, 3에서 선정한 표본목의 수령은 각각 18-19년, 31-35년, 47-49년이었으며, 중부지방 소나무의 임분 1, 2, 3에서 선정한 표본목의 수령은 각각 15-16년, 36-38년, 44-46년이였다(Table 2). 금강형 소나무는 중부지방 소나무에 비하여 동일 영급에서 흉고직경과 수고가 크고 재적과 임목 전체 건중량이 많은 것으로 나타났다. 이것은 박인협과 이석면(1990)의 보고와 동일한 것으로서 금강형 소나무의 전형적인 성장 특성이라고 할 수 있다.

생태형별, 임분별 표본목의 지상부 각 부위의 건중량 구성비와 뿌리 대 줄기+가지 비의 평균치 및 분산분석과 Duncan의 다중검정 결과는 Table 3과 같다. 금강형 소나무와 중부지방 소나무 모두 임분 1, 2, 3으로 갈수록 즉,

Table 2. Mean dimensions of the sample trees in the *Pinus densiflora* stands.

Dimensions	Geumgang			Jungbu		
	Stand 1	Stand 2	Stand 3	Stand 1	Stand 2	Stand 3
Age(yr)	18	33	48	16	37	45
Range of age(yr)	18-19	31-35	47-49	15-16	36-38	44-46
DBH(cm)	10.1	18.4	31.1	6.4	13.1	23.8
Height(m)	8.7	15.3	22.4	4.0	7.6	13.9
Volume(cm ³)						
Stem wood	29,905	178,948	636,589	5,442	35,735	210,772
Stem bark	8,416	29,251	67,469	2,818	14,968	53,096
Stem total	38,321	208,199	704,058	8,260	50,703	263,868
Dry weight(g)						
Stem wood	10,694	66,534	266,814	2,478	16,983	100,015
Stem bark	1,510	5,109	13,236	647	3,747	12,673
Branches	3,367	12,118	44,141	2,696	10,119	28,566
Foliage	2,099	4,895	15,847	1,711	4,613	10,925
Roots	2,674	18,745	72,759	1,571	9,616	47,468
Tree total	20,344	107,401	432,797	9,103	45,078	199,647

Table 3. Above-ground dry weight distribution and root/shoot ratio for the sample trees in the *Pinus densiflora* stands.

Ecotype		Above-ground dry weight distribution (%)					Root/shoot ratio ^a
		Stem wood	Stem bark	Stem	Branches	Foliage	
Geumgang	Stand 1	61.3 b	8.8 ab	70.1 c	18.3 bc	11.6 b	0.193 c
	Stand 2	75.2 a	5.8 bc	81.0 ab	13.5 bc	5.5 c	0.217 bc
	Stand 3	79.7 a	3.7 c	83.3 a	12.3 c	4.4 c	0.211 bc
Jungbu	Stand 1	34.0 d	8.8 ab	42.8 e	34.9 a	22.3 a	0.283 ab
	Stand 2	47.7 c	11.1 a	58.8 d	28.4 a	12.8 b	0.307 a
	Stand 3	65.1 b	8.4 ab	73.5 bc	19.4 b	7.1 c	0.332 a
F-test significant level		0.0001	0.003	0.0001	0.0001	0.0001	0.004

^aratio of root dry weight to stem and branch dry weight.

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

영급이 증가함에 따라 줄기의 건중량 구성비는 증가하는 반면 가지와 잎의 건중량 구성비는 감소하는 것으로 나타났다(Table 3). 이러한 경향은 Whittaker와 Marks(1975)의 보고와 동일한 것으로서, 줄기는 지속적인 축적기관이며, 가지는 비교적 단기간의 축적기관이고 잎의 경우 비축적 기관이기 때문으로 판단된다. 동일 영급에서 2개 생태형의 지상부 건중량 구성비를 비교하면, 금강형 소나무는 중부지방 소나무에 비하여 줄기의 구성비는 유의적으로 높은 반면 가지와 잎의 구성비는 낮았다. 이것은 금강형 소나무의 경우 흉고직경과 수고가 크고 가지의 양이 적은 전형적인 성장 특성 때문이라고 할 수 있다. 뿌리 대 줄기+가지의 비는 2개 생태형 모두 수령에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 동일 영급에서 금강형 소나무는 중부지방 소나무보다 유의적으로 낮았다. 동일 수령의 경우 뿌리 대 줄기+가지의 비는 수령이 증가할수록 감소한다는 보고(Harris *et al.*, 1973)를 고려하면, 본 연구에서 영급에 따른 유의적인 차이가 없는 것은 영급의 차이와 표본목의 수가 비교적 적기 때문으로 판단된다. 조사 임분 전체의 뿌리 대 줄기+가지 비는 0.193-0.332로서, 기존의 연구들을 종합한 결과인 소경목과 중경목 0.2-0.3(Art and Marks, 1971)과 유사하였다.

2. 줄기밀도와 현존량 확장계수

줄기밀도는 금강형 소나무와 중부지방 소나무 모두 임분 1, 2, 3으로 갈수록 즉, 영급이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다(Table 4). 이것은 일반적인 경향으로서(정희석, 1988), 가도관의 내부에 물질이 축적됨으로써 비중이 비교적 높은 심재의 비율이 수령이 증가함에 따라 높아지기 때문으로 판단된다. 동일 영급에서 2개 생태형의 줄기밀도를 비교하면, 중부지방 소나무가 금강형 소나무보다 높은 값을 보였으며 20년생 이하인 임분 1과 20-40년생인 임분 2에서는 유의적인 차이가 있었다. 이것은 중부지방 소나무가 금강형 소나무보다 직경성장이 느린 것을 고려하면(Table 2), 중부지방 소나무는 연륜폭이 치밀

Table 4. Stem density and biomass expansion factors for the sample trees in the *Pinus densiflora* stands.

Ecotype		Stem density ^a (g/cm ³)	Biomass expansion factor ^b	
			Above-ground	Tree total
Geumgang	Stand 1	0.316 c	1.432 bc	1.671 b
	Stand 2	0.345 bc	1.235 c	1.504 b
	Stand 3	0.426 a	1.200 c	1.442 b
Jungbu	Stand 1	0.391 ab	2.377 a	2.699 a
	Stand 2	0.408 a	1.721 b	2.309 a
	Stand 3	0.431 a	1.362 c	1.780 b
F-test significant level		0.0002	0.0001	0.0006

^astem dry weight(g) / stem fresh volume(cm³)

^btotal dry weight(g) / stem dry weight(g)

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

해서 비중이 상대적으로 높은 추재의 비율이 금강형 소나무 보다 높기 때문으로 판단된다. 임분 전체의 줄기밀도는 0.316-0.431로서, 일본 침엽수림의 평균치 0.37(Forestry Experiment Station, 1982), 온대지방 소나무속의 수피를 제외한 목재밀도 0.32-0.44(IPCC, 2003)와 유사하였다.

지상부와 뿌리를 포함한 임목 전체의 현존량확장계수는 2개 생태형 모두 영급이 증가할수록 감소하였으며, 중부지방 소나무의 지상부 현존량 확장계수의 경우 유의적인 차이가 있었다. 동일 영급에서 2개 생태형을 비교하면, 현존량 확장계수는 지상부와 임목 전체 모두 금강형 소나무가 중부지방 소나무 보다 낮은 값을 보였으며, 20년생 이하인 임분 1과 20-40년생인 임분 2에서는 유의적인 차이가 있었다. 이것은 영급이 증가할수록 줄기의 현존량 구성비가 높아지며, 동일 영급에서의 줄기 구성비는 금강형 소나무가 중부지방 소나무 보다 높기(Table 3) 때문이라고 할 수 있다. 뿌리를 포함한 임목전체의 현존량 확장계수는 금강형 소나무 1.442-1.671, 중부지방 소나무 1.780-2.699로서, 일본의 삼나무 1.39-2.86, 편백 1.48-2.88 (Fukuda *et al.*, 2003)과 비교하면 금강형 소나무는 낮았으며, 중부지방

소나무는 유사하였다. IPCC(2003)에서 기본 값으로 제시한 온대지방 소나무속 지상부 현존량 확장계수 1.3과 비교하면, 금강형 소나무의 지상부 현존량 확장계수는 1.200-1.432로서 유사하였으나, 중부지방 소나무는 1.362-2.377로서 높은 값을 보였다. 이것은 IPCC (2003)에서 제시한 기본값을 적용할 경우 중부지방 소나무는 현존량과 탄소축적량이 과소평가된다는 것을 시사한다.

결론

금강형 소나무와 중부지방 소나무는 모두 영급이 증가함에 따라 줄기밀도는 증가하였으며, 현존량확장계수는 감소하는 것으로 나타났다. 금강형 소나무 줄기밀도의 경우 20년생 이하 영급과 40-60년생 영급 간에는 유의적인 차이가 있었으며, 중부지방 소나무의 지상부 현존량확장계수의 경우 20년생 이하, 20-40년생, 40-60년생 영급간에 모두 유의적인 차이가 있었다. 영급의 증가에 따른 현존량확장계수의 감소는 줄기의 건중량 구성비가 높아지기 때문이었으며, 이러한 이유는 줄기는 지속적인 축적기관이며 가지는 비교적 단기간의 축적기관이고 잎의 경우 비축적기관이기 때문으로 판단된다. 동일 영급에서 금강형 소나무는 중부지방 소나무에 비하여 줄기밀도와 현존량 확장계수가 모두 낮은 값을 보였다. 20년생 이하와 20-40년생 영급의 경우 줄기밀도와 현존량확장계수 모두 금강형 소나무와 중부지방 소나무간에 유의적인 차이가 있었다. 금강형 소나무의 현존량확장계수가 낮은 것은 흉고직경과 수고가 크고 가지의 양이 상대적으로 적은 전형적인 성장 특성으로 인하여 줄기의 건중량 구성비가 높기 때문이었다. 이상을 종합하면, 임업통계상의 임목축적 측, 줄기재적을 이용하여 소나무림의 현존량을 추정할 경우 전환계수인 줄기밀도와 현존량확장계수는 금강형 소나무와 중부지방 소나무를 구분하고 적정 범위의 영급에 따라 달리 적용함으로써 정확도를 높일 수 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 국립산림과학원에서 지원한 “기후변화협약 대응 임업부문 온실가스 통계 체계 구축”에 대한 연구결과의 일부임.

인용문헌

1. 국립산림과학원. 2004. 국립산림과학원 홈페이지. <http://www.kfri.go.kr/kor/index.asp>(2005. 7. 27).
2. 박인협, 이석면. 1990. 한국산 4개 생태형 소나무 천연림의 물질생산에 관한 연구. 한국 임학회지 79(2): 196-

- 204.
3. 산림청. 2005. 산림청 홈페이지. <http://www.foa.go.kr/2003-forest/kor/index.html> (2005. 7. 27).
4. 송철영, 장관순, 박관수, 이승우. 1997. 신갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정량 분석. 한국임학회지 86(1): 35-45.
5. 정희석. 1998. 목재이학. 서울대학교출판부, 서울. pp. 437.
6. Art, H.W. and Marks, P.L. 1971. A summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. pp. 3-32. In : H.E. Young, ed. Forest Biomass Studies. Orono, Maine.
7. Forestry Experiment Station. 1982. Handbook of the Wood Industry. Maruzen, Tokyo. pp. 1099.
8. Fukuda, M., Iehara, T. and Matsumoto, M. 2003. Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. Forest Ecology and Management 184: 1-16.
9. Harris, W.F., Goldstein, R.A. and Henderson, G.S. 1973. Analysis of forest biomass pools, annual primary production and turnover of biomass for a mixed deciduous forest watershed. pp. 41-64. In : H.E. Young, ed. IUFRO Biomass Studies. Orono, Maine.
10. IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry. IGES, Kanagawa, Japan.
11. Johnson, W.C. and Sharpe, D.M. 1983. The ratio of total to merchantable forest biomass and its application to the global carbon budget. Canadian Journal of Forest Research 13: 372-383.
12. Kauppi, P.E., Mielikeinen, K. and Kuusela, K. 1992. Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. Science 256: 70-74.
13. Lehtonen, A., Makipaa, R., Heikkinen, J., Sievanen, R. and Liski, J. 2004. Biomass expansion factors(BEFs) for Scotch pine, Noeway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management 188: 211-224.
14. SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide: Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc. Cary. pp. 1028.
15. Satoo, T. and H.A.I. Madgwick. 1982. Forest biomass. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher, The Hague. pp. 152.
16. Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Corea and silvicultural treatment for its improvement. Bulletin of Agriculture and Forestry College, Suigen, Chosen 3: 1-263.
17. Whittaker, R.H. and P.L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. pp. 55-118. In : H. Lieth and R.H. Whittaker, ed. Primary Productivity of the Biosphere. Springer-Verlag, New York.