

## 植栽 當年生 新品種 포플러類의 Biomass生産量 및 生産量 推定<sup>1</sup>

具永本<sup>2</sup> · 沈相榮 · 盧義來<sup>2</sup>

### Biomass Production of One-year-old Hybrid Poplars and Its Estimation<sup>1</sup>

Yeong Bon Koo<sup>2</sup> · Sang Yung Shim<sup>2</sup> · Eui Rae Noh<sup>2</sup>

#### 要約

新品種 포플러類의 植栽(10,000本/ha)當年生일 때 直徑, 樹高, 材積(D<sup>2</sup>H)等 몇가지 調査特性에 依한 biomass 生産量과 生産量 推定式을 誘導한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 현사시의 平均 乾物 生産量은 줄기 2.86, 가지 0.41, 잎 0.70, 全體가 3.97t/ha이었으며 乾重量 對 生重量의 比는 줄기 0.47, 가지 0.36, 잎 0.31, 全體가 0.41로 나타났다. 양황철나무의 境遇 平均 乾物 生産量은 줄기 1.48, 가지 0.54, 잎 0.71, 全體가 2.73t/ha 이었으며 乾重量 對 生重量의 比는 줄기 0.42, 가지 0.37, 잎 0.28, 全體가 0.36 이었다.
2. Biomass 生産量(乾重量 및 生産量)推定은 현사시의 境遇 直徑만으로 比較的 正確히 推定할 수 있었지만 양황철나무의 境遇 植栽 當年生에서는 어느 特性으로도 推定이 어려울 것으로 생각 된다.
3. Biomass 生産量(乾重量) 分布比率는 현사시의 境遇 줄기, 가지, 잎이 各各 73, 10, 17%로 나타났으며 양황철나무는 줄기, 가지, 잎이 各各 54, 20, 26%로 나타나 줄기 乾重量에 依한 가지, 잎, 全體 乾重量을 推定할 수 있었다.

#### ABSTRACT

Above ground biomass production of one-year-old hybrid poplars was investigated to select the best clones which are suitable for short rotation forestry. The results were as follows: 1. Average dry weight of *Populus alba* × *P. glandulosa* F<sub>1</sub> clones was 2.86 for stem, 0.41 for branches 0.70 for leaves and 3.97 t/ha for total, and the ratios of green weight to dry weight were 0.47 for stem, 0.36 for branches, 0.31 for leaves and 0.42 for total. Dry weight of *Populus nigra* × *P. maximowiczii* F<sub>1</sub> clones was 1.48 for stem, 0.54 for branches, 0.71 for leaves and 2.73t/ha for total, and the ratios of green weight to dry weight were 0.42 for stem, 0.37 for branches, 0.28 for leaves and 0.36 for total. 2. Biomass production (green and dry weight) of *Populus alba* × *P. glandulosa* F<sub>1</sub> clones can be predicted by diameter measurement only, but biomass production of *Populus nigra* × *P. maximowiczii* F<sub>1</sub> clones can not be predicted by any of investigated characteristics. 3. Dry weight distribution of *populus alba* × *P. glandulosa* F<sub>1</sub> clones were 73% for stem, 10% for branches and 17% for leaves, and dry weight distribution of *Populus nigra* × *P. maximowiczii* F<sub>1</sub> clones were 54% for stem, 20% for branches and 26% for leaves.

1. 接受 1月30日 Received January 30, 1987

2. 林木育種研究所 Institute of Forest Genetics, Suwon, Korea

## 緒 論

에너지 資源의 枯渴과 供給의 限界性 및 國際情勢에 따른 供給의 不安定性, 나아가서는 에너지 需要의 急增에 對備한 새로운 에너지 資源의 開發이 絶실히 要望되고 있음이 우리가 直面한 오늘의 實情이다. 特히 재래의 에너지 利用에서 招來한 環境汚染으로 부터 自然의 生態界를 正常的으로 維持할 수 있는 궁극적인 에너지 資源으로서 太陽에너지를 利用한 biomass가 관심이 되고 있는데 이는 水力, 風力, 潮力 및 核에너지 등에 비해 그 利用性의 制限이 매우 적기 때문이다. Biomass의 에너지화를 위한 研究는 크게 두가지로 나누어 생각 할 수 있는데, 첫째는 biomass 生産에 관한 것이며 둘째는 生産物의 에너지 轉換에 관한 研究이다<sup>1)</sup>. 生産에 관한 研究로는 樹種 및 遺傳型選抜, 適切한 植栽密度, 養料 및 水分利用의 效率性, 增殖 및 更新, 病忠害 및 기타 雜草와의 競争, 收穫方法 및 伐期齡選定問題 등을 들 수 있다.

林木의 biomass 利用에 관해서는 1978年 Rain-tanen<sup>2)</sup>이 mini-rotation(2年 輪伐期)으로 ha當 35, 684本을 植栽했을 때 年間 16.27톤을 生産하고, midi-rotation(5年 輪伐期)으로 ha當 4,303本을 植栽했을 때 年間 10.09톤을 生産했으며, short-rotation(10年 輪伐期)으로 ha當 1,077本을 植栽했을 때 年間 6.41톤이 生産된다고 報告한 바있다. 또한 美國의 中部林業試驗場 報告<sup>3)</sup>에 의하면 이태리포플러의 境遇 植栽密度 0.23×0.23m, 0.3×0.3m, 0.61×0.61m에서 4년간 各各 11.3t/ha, 13.0t/ha, 7.5t/ha의 乾物質이 生産된다고 하였다. 한편 國內에서는 盧<sup>4)</sup>等과 李<sup>5)</sup>等이 交雜種 포플러의 biomass 生産量에 관해 報告 하였다. Biomass의 에너지화에 관한 研究는 李와 玄<sup>6)</sup>이 포플러類 및 뽕나무의 어린 가지를 材料로 利用하여 糖化率 및 알콜 生産率에 對한 豫備試驗 結果 이의 代替에너지 資源 利用可能性을 報告한 바있다. 또한 李<sup>7)</sup>는 年間 12,000萬 리터의 에칠알콜을 生産하기 위하여 현사시의 境遇 ha當 40,000本을 植栽하여 3年 伐期齡으로 하였을 때 40,000ha의 造林地가 必要하며, 같은 境遇 양황철나무를 植栽하면 50,000ha의 造林地가 所要

된다고 報告하였다.

Wiant<sup>8)</sup>等은 50年生의 溪谷部 闊葉樹林과 稜線部 참나무林 林分에서 斷面的 및 地位指數와 biomass 生産量의 關係를 推定하는 公式을 報告한 바 있으며, Land와 Schultz<sup>9)</sup>는 American sycamore (*Platanus occidentalis*) 萌芽林의 地上部 biomass는 全體 乾重量의 63% 이었고, 乾重量對 生重量의 比는 줄기 0.451, 가지 0.455, 잎 0.374로 나타났으며 直徑 및 樹高에 依한 biomass 生産量(乾重量)과 줄기 乾重量에 依한 가지, 잎 및 全體 乾重量을 推定式으로 나타낼 수 있다고 報告하였다.

本 研究에서는 植栽 當年生 新品種 포플러類의 直徑, 樹高, 材積(D<sup>2</sup>H)등의 各 調査 特性에 依해 biomass의 生重量과 乾重量의 推定式을 誘導함으로써 앞으로 비슷한 立地에 植栽된 이 樹種의 直徑, 樹高, 材積等 몇가지 調査로서 biomass 生産量을 推定하여 優秀品種(크론)을 選抜하도록 하는데 그 目的이 있다.

## 材料 및 方法

本 研究를 위하여 1986年 4월에 京畿道 華城郡 梅松面 好梅實理(紫木)에 新品種으로 育成된 交雜種 포플러를 1×1m의 植栽密度(10,000本/ha)로 현사시 5 clone(20本/clone), 양황철나무 8clone(50本/clone), 수원포플러 1clone(50本/clone)을 1, 2, 3年 收穫期別 3反復으로 造林(1/1畝)하였다. 成績 調査는 當年 9月 初에 1年 收穫期の 1年次로서 反復當 3本씩 clone當 9本을 任意로 抽出하여 實施되었다. 植栽地의 土壤 分析 結果는 表1과 같다.

### ○ 調査特性

- 直徑(Diameter) : 地上部의 10cm 높이에서 잘랐으며 자른 部位에서 5cm 되는 곳에서 測定
- 樹高(Height) : 切斷된 全體의 長이를 測定
- 葉數(No. of leaves) : 任意로 選拔된 個體木의 全體 葉數를 調査
- 葉面積(Leaf area) : 葉의 크기를 上, 中, 下로 區分하여 각각에 대하여 10個씩을 採取한 後 葉面積을 測定하고 平均하였으며 각 크기별 全體葉數를 곱하고 이들을 合하여 葉面積으로 하였다.

- 葉面積指數(Leaf area index) : 葉面積/1本이 차지하는面積
- 生重量(Green weight) : 줄기(stem), 가지(branch), 잎(leaf)으로 區分하여 採取 즉시 現場에

서 10g 單位의 天秤으로 測定

· 乾重量(Dry weight) : 가지와 잎은 80℃의 乾燥器(dry oven)에서 24時間, 줄기는 48時間 乾燥後 g 單位의 天秤으로 測定하였다.

Table 1. Soil analysis data

Mechanical analysis(%)				pH	O.M. (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	T.N. (%)	Exchangeable bases (me/100g)			
Sand	Silt	Clay	Texture					K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
17.2	60.8	22.0	Silty loam	6.00	1.548	12.93	0.096	0.18	0.17	2.07	0.81

結果 및 考察

현사시, 양황철나무 및 수원포플러의 各 調査 特性에 對한 調査 結果는 表2,3과 같다. 表2에서 현사시는 줄기, 가지, 잎, 全體의 生重量가운데 어느것도 clone 間에 統計的인 有意性이 認定되지 않았으며 줄기의 生重量은 72-31이 ha當 6.99톤으로 가장 많았으며 全體 生重量에서도 72-31이 10.53톤으로 가장 많았다. 乾重量도 72-31이 줄기 乾重量과 全體 乾重量에서 各各 3.15, 4.27톤으로 가장 生産량이 많았다. 5clone의 平均 乾重量은 줄기 2.86, 가지 0.41, 잎이 0.70, 全體 乾重量 3.97톤으로 나타났다. 乾重量 對 生重量의 比는 줄기 0.47, 가지 0.36, 잎 0.31, 全體가 0.42로 나타났다. 양황철나무와 수원포플러의 境遇 樹高, 葉數, 生重量의 줄기, 가지, 잎, 全體, 乾重量의 가지, 잎 등에서 1%의 有意性이 있었으며, 乾重量의 줄기, 全體의 乾重量은 5%의 有意性이 있었다. ha當 平均 乾物 生産量은 줄기가 1.48, 가지 0.54, 잎 0.71, 全體 乾重量이 2.73톤이었으며, 全體 乾重量에서 가장 優秀한 clone은 62-2와 63-82로서 各各 3.25, 3.53톤 이

있고 줄기 乾重量에서는 62-60과 62-62가 1.72, 1.71톤으로 乾重量이 가장 많았다. 乾重量 對 生重量의 比는 0.42, 가지 0.37, 잎 0.28, 全體가 0.36으로 나타났다. 以上の 結果에서 현사시, 양황철, 수원포플러 모두 ha當 乾物 生産量에서 一般的인 報告에 比하여 적게 生産된 것은 植栽 當年生이기 때문으로 판단되며 앞으로 3~4年 後에는 이보다 훨씬 많은 量이 生産될 것으로 생각 된다.

表2,3의 調査特性을 利用한 生重量 및 乾重量 推定式은 表4,5와 같다. 현사시의 境遇 表4에서 줄기 生重量은 直徑(D)으로 推定하는 것이  $y=0.66(D)-10.07$ ,  $R^2=0.949$ 로서 가장 正確히 推定 할 수 있었다. 全體 生重量 推定은 줄기生重量(GSW)에 依하여 推定하는 것이  $R^2=0.949$ , 直徑으로 推定하는 것이  $R^2=0.930$ 으로 比較的 正確히 推定 할 수 있었다. 줄기 乾重量 推定은 直徑에 依한 推定이  $R^2=0.953$ , 줄기 生重量에 依한 推定이  $R^2=0.946$ 으로써 가장 좋았고, 全體 乾重量(DTW)推定은 直徑에 依한 것이  $R^2=0.953$ , 줄기 生重量에 依한 것이  $R^2=0.922$ , 全體生重量에 依한 것이  $R^2=0.922$ 로 나타나 直徑, 줄기 生重量, 全體 生重量으로 全體 乾重

Table 2. Growth and above ground biomass yield of *Populus alba* × *P. glandulosa* F<sub>1</sub> clones

Clone	Diameter (mm)	Height (cm)	D:H	No. of leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	LAI	Green weight (t/ha)				Dry weight (t/ha)				Dry weight/green weight			
							Stem	Branch	Leaf	Total	Stem	Branch	Leaf	Total	Stem	Branch	Leaf	Total
AG3	24.3	349	2061	518	15433	1.52	6.30	1.09	2.28	9.68	2.82	0.40	0.67	3.89	0.45	0.37	0.29	0.40
72-9	24.0	338	1967	544	14528	1.42	5.58	1.29	2.66	9.53	2.57	0.48	0.81	3.85	0.48	0.37	0.35	0.41
72-16	24.9	365	2263	551	9801	1.33	6.36	1.18	2.26	9.79	3.06	0.40	0.75	4.20	0.48	0.34	0.33	0.43
72-30	24.0	359	2068	462	12526	1.24	5.65	0.92	2.07	8.64	2.70	0.33	0.58	3.61	0.48	0.36	0.28	0.42
72-31	25.4	368	2374	509	13427	1.31	6.99	1.22	2.32	10.53	3.15	0.42	0.70	4.27	0.50	0.34	0.30	0.41
Mean	24.5	356	2191	517	13143	1.36	6.18	1.14	2.32	9.63	2.86	0.41	0.70	3.97	0.47	0.36	0.31	0.41

**Table 3.** Growth and above ground biomass yield of *Populus nigra* × *P. maximowiczii* F<sub>1</sub> and *P. koronae* × *P. nigra* var. *italica* F<sub>1</sub> clones

Species	Clone	Dia. (mm)	Height (cm)	D <sup>2</sup> H	No. of leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	LAI	Green weight (t/ha)				Dry weight (t/ha)				Dry weight/green weight			
								Stem	Branch	Leaf	Total	Stem	Branch	Leaf	Total	Stem	Branch	Leaf	Total
<i>P. nigra</i>	62-1	20.0	270	1080	255	7446	0.74	3.41	1.28	1.75	6.45	1.43	0.41	0.43	2.27	0.41	0.32	0.30	0.37
<i>P. nigra</i> × <i>P. max.</i>	62-2	23.2	244	1313	422	16864	1.69	3.82	2.36	3.36	9.43	1.61	0.86	0.78	3.25	0.42	0.42	0.23	0.35
F <sub>1</sub>	62-7	21.2	260	1169	331	14573	1.46	3.32	1.41	2.32	7.06	1.50	0.49	0.66	2.65	0.45	0.35	0.28	0.38
	62-9	20.1	264	1066	325	11595	1.16	3.32	1.05	1.88	6.24	1.43	0.29	0.55	2.26	0.43	0.28	0.29	0.36
	62-10	21.4	244	1117	237	9591	0.96	3.27	1.88	2.35	7.50	1.29	0.73	0.69	2.70	0.40	0.39	0.29	0.36
	62-60	21.8	259	1131	295	13116	1.31	4.34	1.35	3.10	8.79	1.72	0.49	0.73	2.94	0.40	0.36	0.24	0.33
	62-62	21.9	284	1362	156	7639	0.76	4.12	1.26	1.54	6.92	1.71	0.52	0.49	2.73	0.42	0.41	0.32	0.39
	63-82	22.4	261	1310	442	19174	1.92	3.53	1.98	4.44	9.95	1.57	0.66	1.30	3.53	0.44	0.33	0.29	0.36
<i>P. kor.</i> × <i>P. nigra</i>	Suwon poplar	19.7	223	865	289	12609	1.25	2.76	1.08	2.54	8.39	1.05	0.40	0.80	2.24	0.38	0.37	0.31	0.37
F <sub>1</sub>	Mean	21.3	257	1166	306	12512	1.26	3.54	1.52	2.59	7.85	1.48	0.54	0.71	2.73	0.42	0.37	0.28	0.36

**Table 4.** Prediction equation for green and dry stem weight, and total green and dry weight using the measurements such as diameter, height etc. in one-year-old *Populus alba* × *P. glandulosa* F<sub>1</sub> clones

Dependent variable (Y)	Prediction equation	R <sup>2</sup>
Green stem weight	$y = 0.66(D) - 10.07$	0.949
	$y = 0.196 \times 10^{-1} (H) - 0.67$	0.709
	$y = 0.21 \times 10^{-2} (D^2H) + 1.69$	0.925
	$y = -0.364 \times 10^{-7} (LA)^2 + 0.135 \times 10^{-2} (LA) - 4.91$	0.739
	$y = 2.236 (LAI) + 3.13$	0.648
Green total weight	$y = 0.943 (D) - 13.73$	0.930
	$y = 0.274 \times 10^{-1} (H) + 0.08$	0.674
	$y = 0.29 \times 10^{-2} (D^2H) + 3.33$	0.885
	$y = 1.39 (GSW) + 1.03$	0.949
	$y = -0.325 \times 10^{-7} (LA)^2 + 0.136 \times 10^{-2} (LA) - 2.38$	0.743
	$y = -3.222 (LAI)^2 + 13.49 (LAI) - 2.28$	0.732
Dry stem weight	$y = 0.347 (D) - 5.69$	0.953
	$y = 0.91 \times 10^{-2} (H) - 0.32$	0.677
	$y = 0.10 \times 10^{-2} (D^2H) + 0.62$	0.881
	$y = 0.50 (GSW) - 0.2$	0.946
	$y = 0.32 (GTW) - 0.18$	0.883
	$y = -0.18 \times 10^{-7} (LA)^2 + 0.66 \times 10^{-3} (LA) - 2.63$	0.732
	$y = -1.711 (LAI)^2 + 6.46 (LAI) - 2.51$	0.727
Dry total weight	$y = 0.419 (D) - 6.35$	0.953
	$y = 0.106 \times 10^{-1} (H) + 0.27$	0.605
	$y = 0.12 \times 10^{-2} (D^2H) + 1.31$	0.866
	$y = 0.58 (GSW) + 0.36$	0.922
	$y = 0.40 (GTW) + 0.13$	0.922
	$y = 0.16 \times 10^{-3} (LA) + 1.83$	0.716
	$y = -0.986 (LAI)^2 + 4.598 (LAI) - 0.33$	0.728

**Table 5.** Prediction equation for green and dry stem weight, and total green and dry weight using the measurements such as diameter, height, etc. in one-year-old *Populus nigra* × *P. maximowiczii* F<sub>1</sub> clones

Dependent variable (Y)	Prediction equation	R <sup>2</sup>
Green stem weight	$y = 0.232 (D) - 1.4$	0.535
	$y = 0.222 \times 10^{-1} (H) - 2.14$	0.674
	$y = 0.22 \times 10^{-2} (D^2H) + 0.97$	0.710
Green total weight	$y = 0.714 (D) - 7.36$	0.604
	$y = 0.42 \times 10^{-2} (D^2H) + 2.12$	0.556
	$y = 1.88 (GSW) + 0.97$	0.689
	$y = 0.134 \times 10^{-1} (No.L) + 4.16$	0.634
	$y = 0.26 \times 10^{-3} (LA) + 4.29$	0.715
	$y = 2.655 (LAI) + 4.27$	0.717
Dry stem weight	$y = 0.117 (D) - 1.02$	0.689
	$y = 0.99 \times 10^{-2} (H) - 1.05$	0.765
	$y = 0.103 \times 10^{-2} (D^2H) + 0.27$	0.853
	$y = 0.34 (GSW) - 0.26$	0.879
Dry total weight	$y = -33 \times 10^{-5} (D^2H)^2 + 0.967 \times 10^{-2} (D^2H) - 3.75$	0.715
	$y = 0.46 (GSW) + 1.22$	0.558
	$y = 0.24 (GIW) + 1.02$	0.795
	$y = 0.32 \times 10^{-2} (No. L) + 1.86$	0.596
	$y = 0.68 \times 10^{-4} (LA) + 1.99$	0.605
	$y = 0.676 (LAI) + 1.99$	0.607
	$y = 0.219 (D) - 1.84$	0.617

량을 推定 할 수 있었다. 以上の 結果로서 현사지의 境遇 植栽 當年生에서는 直径 만으로도 簡便하게 biomass를 推定 할 수 있을 것으로 생각된다. 양항 철나무의 生重量과 乾重量 推定은 表5와 같이 어떤

特性에 依해서도 R<sup>2</sup>값이 0.879 以下로 나타났다. 줄기 生重量 推定은 D<sup>2</sup>H에 依한 推定이 R<sup>2</sup>=0.710, 全體 生重量 推定은 葉面積 指數에 依한 推定이 R<sup>2</sup>=0.717, 줄기 乾重量 推定은 줄기 生重量에 依한

**Table 6.** Distribution of dry weights among stem, branches and leaves of hybrid poplar clones and conversion factors for calculating these components from stem dry weight

Traits	% distribution in trees	Conversion factors
○ <i>P. alba</i> × <i>P. glandulosa</i> F <sub>1</sub>		
• Stem dry weight (StDW)	73	
• Branch dry weight (BrDW)	10	BrDW = 0.1739 (StDW)
• Leaf dry weight (LfDW)	17	LfDW = 0.2414 (StDW)
• Total dry weight (ToDW)	100	ToDW = 1.3699 (StDW)
○ <i>P. maximowiczii</i> × <i>P. nigra</i> F <sub>1</sub>		
• Stem dry weight (StDW)	54	
• Branch dry weight (BrDW)	20	BrDW = 0.3704 (StDW)
• Leaf dry weight (LfDW)	26	LfDW = 0.4815 (StDW)
• Total dry weight (ToDW)	100	ToDW = 1.8519 (StDW)

推定이  $R^2=0.879$ , 전체 乾重量 推定은 全體 生重量에 依한 推定이  $R^2=0.795$ 로 나타나 양황철나무는 直栽 當年生에서 biomass 生産量을 推定하는 것이 어려울 것으로 생각된다.

현사시의 乾重量 分布 比率은 줄기 73% 가지 10% 잎 17% 이었으며 양황철나무의 境遇 줄기 54% 가지 20% 잎 26%로 나타나 줄기 乾重量에 依한 가지, 잎, 全體 乾重量 推定은 表6과 같이 나타낼수 있었다. Land와 Schultz<sup>4)</sup>는 American sycamore 3年生 造林地 biomass 生産量의 分布 比率은 줄기 56% 가지 28% 잎 16% 이었으며, 3年生 萌芽 林에서는 줄기 63% 가지 21% 잎 16%로 報告한데 比하여 현사시는 줄기 乾重量이 많았으나 양황철나무 줄기 乾重量은 이보다 적었다.

### 結 論

新品種 포플러類의 植栽 當年生(10,000本/ha)의 biomass 生産量과 直徑, 樹高, 材積( $D^2H$ ) 등 몇가지 調査特性에 依한 biomass 生産量 推定式을 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 현사시는 平均 乾物 生産量이 줄기 2.86, 가지 0.41, 잎 0.70, 全體가 3.97톤이었으며 clone間에는 큰 차이가 없었다. 양황철나무는 平均 乾物 生産量이 줄기 1.48, 가지 0.54, 잎 0.71, 全體가 2.73톤이었으며 clone間에 1%의 統計的 有意性이 있었지만 clone 選拔은 植栽 當年이므로 2~3年 後에 可能 할 것으로 생각된다.
2. Biomass 生産量 推定은 현사시의 境遇 直徑만으로도 줄기 生重量, 全體 生重量, 줄기 乾重量, 全體 乾重量을 比較的 正確히 推定 할 수 있었다. 그러나 양황철나무는 어느 調査特性으로 推定해도  $R^2$  값이 0.879 以下이므로 植栽 當年生에서는 簡便하게 推定 하기가 어려울 것으로 생각된다.
3. Biomass 生産量의 分布 比率은 현사시의 境遇 줄기 73% 가지 10% 잎 17%, 양황철나무는 줄기 54% 가지 20% 잎 26% 이었다.

### 引 用 文 獻

1. 盧義來, 金永模, 全桂相, 沈相榮. 1981. 1年生 현사시 및 양황철의 物質生産 및 材質特性. 韓林에誌 1(2):1-19
2. 李敦求. 1984. 國內 Biomass 資源의 現況과 開發展望. Bioenergy와 에너지 政策심포지움 49-62
3. 任慶彬, 金甲德, 李敦才. 1981. 代替에너지 資源으로서의 林業生産物 및 이의 에너지化 研究의 必要性. 韓林에誌 1(1):26-29
4. Land, S.B and E.B. Schultz. 1985. Biomass characteristics of sycamore coppice influenced by parentage and type of planting stock. Pages 273-282 in Proc. 18th Southern Forest Tree Improvement Conference, May 21-23, Long Beach, Mississippi, U.S.A.
5. Lee, D.K. and S.K. Hyun. 1980. Woody biomass products as an energy source. Inst. For. Gen. Res. Rep. 16:78-86.
6. Lee, D.K., S.K. Hyun, E.R. Noh, and S.Y. Shim. 1982. Biomass growth and production of *Populus* hybrids in Korea. Inst. For. Gen. Res. Rep. 18:9-16.
7. North Central Forest Experiment Station. 1980. Energy and wood from intensively cultured plantation: research and development program. USDA For. Serv. NC-58.
8. Raintanen, W.E. 1978. Energy, fibre and food: Agroforestry in Eastern Ontario. Proc. Eighth World Forestry Congress, Jakarta, 16-28 Oct. 1978.
9. Wiant, Jr. H.V., R. Knight and J.E. Baumgras. 1984. Relation of biomass to basal area and site index on an Appalachian watershed. USDA For. Serv. Res. Note NE-315