

# 물오리나무와 상수리나무숲의 生産力 比較

蔡 明 仁 · 金 俊 鎬

(서울대학교 自然科學大學 大學院 植物學科)

## Comparisons of Biomass, Productivity and Productive Structure between Korean Alder and Oak Stands

Myung In Chae and Joon Ho Kim

(Department of Botany, Graduate School, Seoul National University)

### ABSTRACT

The biomass and net production of alder and oak trees was estimated by allometric method.

The productivity of the two stands of alder and oak was obviously different judging from the rate of photosynthesis productive structure and vertical distribution of light. The amounts of net photosynthesis under the saturated light were 2.31, 1.42mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·hr. in the sun and shade leaves of alder tree and 1.58, 0.84mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·hr in that of the oak, respectively.

Total annual respiration loss calculated from the respiration measured at 25°C and the mean air temperature for every 10 days were 13.56ton/ha·yr in the alder stand and 19.83 ton/ha·yr in the oak. The productive structure and the vertical distribution of light in the stand were assumedly more effective to produce dry matter in the oak stand than in the alder. The biomasses measured in 1975 and 1976 were 51.51 and 56.82 ton/ha in the alder stand and 73.35, 86.77 ton/ha in the oak one, respectively. Annual net production and gross production were 8.56 and 22.12 ton/ha·yr in the alder stand but those were 17.90 and 37.74 ton/ha·yr in the oak stand. The ratios of respiration to gross production (R/Pg) were respectively 0.61 and 0.53 in the alder and oak stands. Efficiencies of solar energy utilization of net production during the growing season(May—Oct.) were 0.67 and 1.40% and those of gross production were 1.72 and 2.94% in the alder and oak stands respectively.

### 序 論

溫帶地方의 生態系에는 充分한 量의 太陽放射에너지가 流入되지만 그 生産構造, 營養鹽類 및 水分量의 程度에 따라 에너지의 利用效率이 달라서 生産量에 差異가 생긴다. 특히 森林生態系은 長期間에 걸쳐서 生産物이 蓄積되므로 生産構造와 外部環境을 파악하고 그 總生産, 純生産 및 呼吸量의 動的變化를 追跡하는 일은 生産生態學에서 重要な 意義를 갖는다.

群落의 立場에서 森林의 物質生産의 研究는 Boysen Jensen (1932)이 Denmark의 물푸레나무숲에서 生産

量을 測定한 것을 비롯하여 熱帶雨林(Kira *et al.*, 1964, 1967, 1967 : Hozumi *et al.*, 1965), 溫帶森林(Kimura, 1960 : Ovington, 1964 : Tadaki, 1965) 및 寒帶森林(Shidei, 1960 : Bray and Gorham, 1964 : Nomoto, 1964)등 서로 입지조건이 다른 여러 숲을 對象으로 生産力을 測定하여 왔다. 우리나라에서 森林의 物質生産에 대한 研究는 著者의 하나인 金(1971, 1976)이 忠南地方의 리기다소나무 및 리기테다소나무造林地를 對象으로 純生産量 및 總生産量을 測定하였고, 春川地方의 소나무林과 신갈나무林의 生産力을 比較한 바 있다(金 및 尹, 1972).

이 논문은 溫帶地方의 代表的 廣葉闊葉樹林에 대하여 主要環境要因, 生産構造, 年純生産量, 年呼吸量 및 年總生産量을 推定하고 太陽에너지利用效率을 파악하는데 目的이 있다.

이 研究가 이루어지는 동안 標準木을 利用하는 일에 協助하여 주신 서울大學校 樹木園長 李昌福博士님께 깊이 感謝드립니다.

### 調査地 및 環境要因

이 調査는 서울大學校 農科大學樹木園(安養市 飛山洞 山3番地)內 9林班의 물오리나무 (*Alnus sibirica* Fischer)와 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruthers)의 二次林에서 이루어졌다.

물오리나무숲에는 밤나무와 참나무가 混生하였고 林床植物中 灌木으로는 국수나무(*Stephandra incisa*), 때죽나무(*Styrax japonica*), 쟁강나무(*Lindera obtusilobum*), 칩(*Pueraria thunbergiana*), 草本으로는 은방울꽃(*Convallaria keiskei*), 김의털(*Carex lanceolata*), 새(*Arundinera hirta*) 등이 있었다. 상수리나무숲은 거의 純群落으로서 林床植物은 灌木으로는 싸리나무(*Lespedeza bicolor*), 때죽나무(*Styrax japonica*), 칩(*Pueraria thunbergiana*), 草本으로는 억새(*Miscanthus sinensis*), 고삼(*Sophora angustifolia*) 등이 있었다. 標準地所內의 林木密度는 물오리나무숲에서 1,667本/ha, 상수리나무숲에서 2,388本/ha이었다. 樹齡은 물오리나무숲이 12~18年인데 비하여 상수리나무숲은 12~14年이었다. 調査地所에서 약 14km 北方에 位置한 서울中央觀象台의 기록에 의하면, 實驗期間중의 月平均最低氣溫은 1月의  $-3.9^{\circ}\text{C}$ , 月平均最高氣溫은 8月의  $23.7^{\circ}\text{C}$ , 月最低降雨量은 1月의 4.0mm, 月最高降雨量은 8月의 462.1mm이었고, 年平均氣溫은  $11.9^{\circ}\text{C}$  年降雨量은 1061.5mm이었다(Fig.1). 調査期間中 특히 生育期間中의 降雨量이 平년에 비하여 낮았음을 알 수 있다.

물오리나무숲은 東北向傾斜地로서 土壤濕度가 높은 立地였고, 상수리나무숲은 比較的 平평한 西向傾斜地로 土壤濕度가 낮은 立地이었다. 林地의 土壤을 分析한 結果, 물오리나무숲은 壤土(loam soil), 상수리나무숲은 砂壤土(loamy sand soil)이었다. 土壤의 化學的性質은 Fig.2에 표시한 바와 같이 물오리나무숲에서의 total N, available P, K의 平均含量이 각각 1.94mg/g.d.wt, 16.05ppm, 130.00ppm이었으며 상수리나무숲에서는 각각 1.51mg/g.d.wt, 18.79ppm, 124.30ppm이었다. 有機物含量은 물오리나무숲과 상수리나무숲에서 각각 7.01, 5.61%이었다. 地表에서는 無機鹽

類가 물오리나무숲보다 상수리나무숲이 많았지만 下層에서는 낮아지는 경향이 있었다. 그 이유는 상수리나무숲은 砂壤土로서 洗脫이 많이 일어나며, 염류의 保有能이 적은 것으로 생각된다. 土壤의 pH는 심한 酸性으로서 下層이 上層보다 높은 값을 보였다. 이들 林地의 土壤의 性質은 春川地方의 신갈나무숲의 것보다 available P는 적었고 pH는 낮았으며(金빛尹, 1972), 양주지방의 밤나무숲의 것보다 available P는 높았으나, total N, K, pH는 낮은 값이며(金빛張, 1967), 미국 Missouri주의 숲의 total N보다 높은 값이었다(John, 1975).

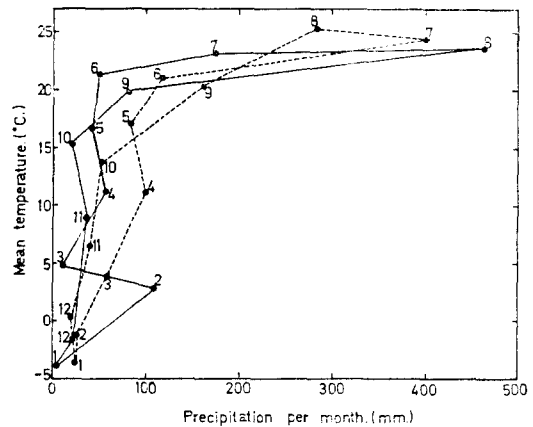


Fig. 1. Hythergraphs of the studied area, which are from the data of Seoul Central Meteorological Station located about 14km north of the area. Solid line is the data for experimental period and broken line is that for past 20 years (1956~1975).

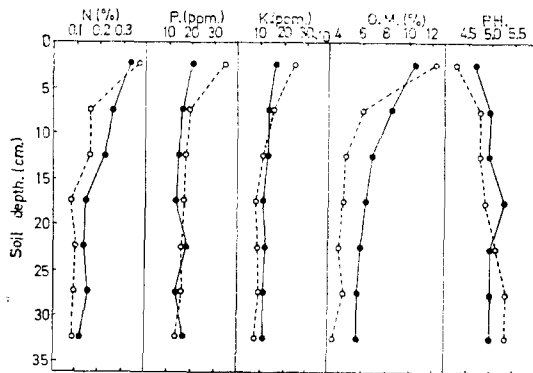


Fig. 2. Chemical properties of soil at the sample stands. N: total nitrogen, P: available phosphorus, K: potassium, O.M: organic matter content, pH: pH value. Solid and broken lines indicate those in the alder and oak stands, respectively.

## 調査方法

### 1. 現存量과 純生産量の 推定

1975年 9月に 標準地所를 정하고, 永久方形區를 설정하여 각 林木의 番號과 胸高를 페인트로 표시한 후 제 1차 每木調査를 하였다. 1976年 10월에 제 2차 每木調査를 한 후 標準木을 選定하여 伐木하였다. 標準木은 標準地의 隣接地에서 最大에서 最小의 胸高直徑이 包含되고, 經級이 高루 분산되도록 하였다. 伐木한 標準木은 잎, 가지, 줄기로 분리하고, 줄기는 1m 간격의 短材로 절단하여 각 기관의 生重量을 기록하였다. 한편 短材의 下邊에서 베어낸 圓板과 가지 및 잎의 일부를 실험실로 운반하여 生重量을 秤量하고 80°C의 oven에서 恒量이 될 때까지 乾燥시킨 후 水分含量을 구하여 乾燥量換算의 指數로 사용하였다.

生産構造와 光線의 垂直分布를 밝히기 위하여 胸高直徑이 中央値에 가까운 標準木을 選定하여 群落相對照度計(三紳)로 林地 밖과 群落內의 光線의 垂直分布를 測定한 후, 層別제取하여 生産構造圖를 作成하였다.

現存量의 推定은 相對生長法(Tadaki, 1965; Kira et al., 1967; 金, 1970)에 따라서 각 표준목의 胸高直徑( $D$ )과 樹高( $H$ )에서  $D^2H$ 를 계산하고, 이  $D^2H$ 와 잎( $Wl$ ), 가지( $Wb$ ), 줄기( $Ws$ )와의 관계를 兩對數方眼紙에 표기하여 直線性을 檢討하는 한편,  $\log D^2H \sim \log Wl$ ,  $\log D^2H \sim \log Wb$ ,  $\log D^2H \sim \log Ws$ 關係를 最小自乘法에 의하여 相對生長式을 誘導하였다. 標準地所內의 全 林木의  $D^2H$ 를 위 相對生長式에 代入하여  $Wl$ ,  $Wb$  및  $Ws$ 를 계산하고 이들을 합한 값을 地上部 現存量으로 간주하였다. 地下部 現存量은 Johnson and Risser (1974)에 따라서 地上部 現存量의 25%로 계산하였다. 이상과 같은 방법으로 1975年과 1976年의 標準地所內의 林木의 現存量을 推定하고 一年동안의 그 增加量을 年純生産量으로 간주하였다.

### 2. 呼吸量의 測定

잎과 가지의 呼吸은 Boysen Jensen의 變法으로 測定하였고, 줄기와 뿌리는 절단면에 왁세린을 바르고, 약 1/22 N KOH용액과 함께 一定時間 desiccator에 넣어 둔 후, N/110 蓆酸溶液으로 적정하여 배출되는  $CO_2$ 량을 측정하였다. 呼吸量의 季節에 따르는 變化를 推定하기 위하여, 依田(1971)에 따라서 呼吸量의 溫度係數  $Q_{10}=2$ 를 사용하여 25°C에서 측정한 呼吸量을 旬間平均氣溫으로 補正하여 月呼吸量과 年呼吸量을 推定하였다. 그러나 呼吸을 測定하지 못한 기간(1975.9~1976.3)의 呼吸量은 前의상 1976年 9月の 呼吸量을 基準으로 溫度補正을 하였다. 葉의 계절에 따르는 變化量

은 Tadaki and Shidei (1960)에 의한 느릅나무의 生長曲線에서 逆算하였고, 가지, 줄기 및 뿌리의 것은 非生育期(1975.10~1976.5)는 1975年度 現存量에서 계산하였으며, 生育期(1976.6~1976.9)는 1975年과 1976年 現存量의 平均値를 이용하여 推定하였다. 한편 排出된  $CO_2$ 량을 0.614倍하여 乾物量으로 換算하였다.

### 3. 光合成의 測定

單葉의 光合成量은 infra red  $CO_2$  gas analyzer (Horiba ASSA No.2)로  $CO_2$ 의 減少量을 測定하였다. 光量은 光源과 同化箱 사이에 網紗와 重이를 挿入하여 調節하였다. 光合成測定時에 空氣의 流入量은 0.7l/min, 溫度는 25°C로 調整하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 光合成

물오리나무와 상수리나무의 陽葉과 陰葉의 光-光合成曲線을 Fig.3에 표시한다. 물오리나무에서는 약 4만 lux에서 光飽和를 이루었는데 비하여 상수리나무는 그

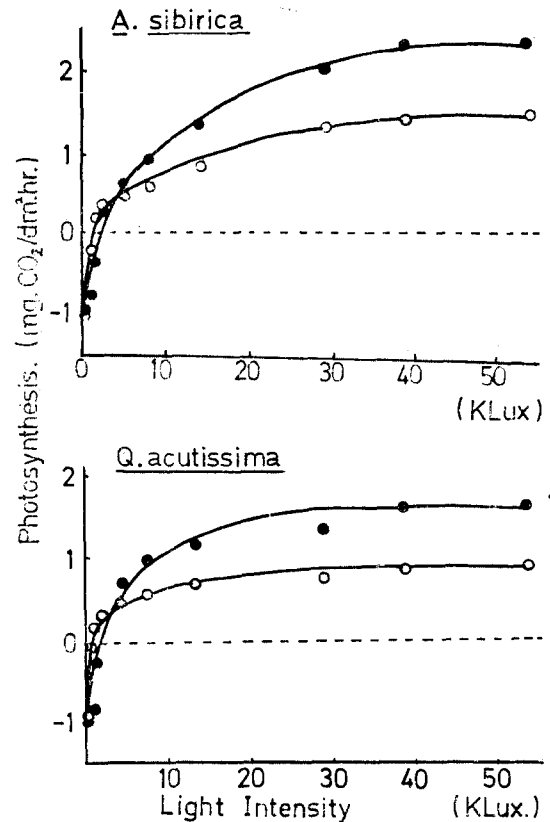


Fig.3. Light-photosynthesis curves in sun(closed circle) and shade(open circle) leaves at 25°C.

보다 낮은 3만lux에서 光飽和를 보였다. 陽葉이 陰葉보다 높은 光度에서는 光合成量이 많으나 점차 光度가 낮아짐에 따라 陽葉이 陰葉보다 낮아져서 補償點은 前者가 後者보다 높았다. 즉 補償點은 물오리나무에서 陽葉과 陰葉이 각각 1,700 lux, 900 lux, 상수리나무에서는 각각 2,500 lux, 1,000 lux이었다. 따라서 後者가 前者보다 陽樹임을 보여 주었다. Kusumoto(1957)가 常綠廣葉樹에서 調査한 補償點은 陽葉이 300~600lux, 陰葉이 50~200 lux로서 이 실험의 落葉廣葉樹보다 낮았다. 飽和光에서 陽葉의 光合成量은 물오리나무가 2.31mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·hr, 상수리나무가 1.58mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·hr로 前者가 後者보다 많았다. 이 값들은 다른 樹種의 光合成量(Mooney *et al.*, 1966, Kusumoto, 1957)에 비하면 매우 적었다.

## 2. 呼吸

25°C에서 測定한 각 기관별 呼吸量을 Fig.4, 5 및 6에 종합한다. 잎이 성숙함에 따라 그 呼吸量은 급속히 減少되어 6월 이후에 일정치를 유지하였다. 즉 Fig.4에서 보듯이 물오리나무에서는 4월 13일과 8월 30일에 각각 3.92, 1.42mg CO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr(1:0.36), 상수리나무에서는 4월 28일과 8월 30일에 각각 2.89, 1.39mg CO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr(1:0.48)이었다. 그 이유는 幼葉期에는 原形質이 많지만, 자람에 따라 섬유소가 증가되고 原形質의 기능도 낮아지는 것이라고 생각된다(Kim, 1964). 상수리나무는 물오리나무보다 15일간 開葉期가 늦었으나, 呼吸量의 減少現象은 비슷하였다.

가지도 시간의 경과에 따라 점차 呼吸量이 減少하였다(Fig.6). 상수리나무의 가지가 4월 中旬에 呼吸量의 일시적 增加를 보이는 것은 新枝가 나오는 時期와 일치하는 것으로 보인다.

뿌리의 呼吸量은 Fig.6에서 보듯이 물오리나무에서는 가장 높은 값이 7월 25일에 0.080mg CO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr 가장 낮은 값은 8월 30일에 0.037mg CO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr, 상수리나무에서는 4월 6일과 6월 15일에 다같이 0.118, 8월 30일에 0.061mg CO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr를 보였다. 가지와 뿌리의 呼吸量은 대체로 물오리나무가 상수리나무보다 낮은 경향이였다.

줄기의 呼吸量은 상수리나무는 거의 일정하였지만, 물오리나무는 8월 26일과 10월 8일에 각각 0.0134, 0.0064mg CO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr를 보였다(Fig.5). 줄기의 呼吸量은 잎, 가지 및 뿌리보다 매우 적었는데 이 사실은 Johansson (1933)도 시인한 바 있다.

旬間平均溫度로 補正한 呼吸量의 계절적變化를 Fig.7 및 8에 표시한다. 잎의 呼吸量은 4월에 가장 낮고, 7월에 가장 높았다(Fig.7). 그 理由는 4월의 氣溫이 7

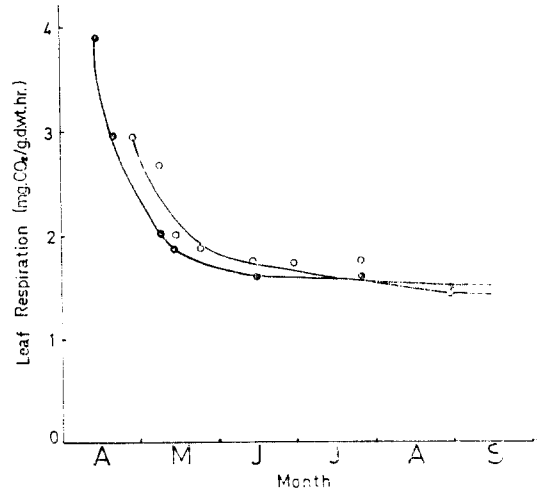


Fig. 4. Seasonal changes of respiration loss of leaves at 25°C. Closed circle: *A. sibirica*. open circle: *Q. acutissima*.

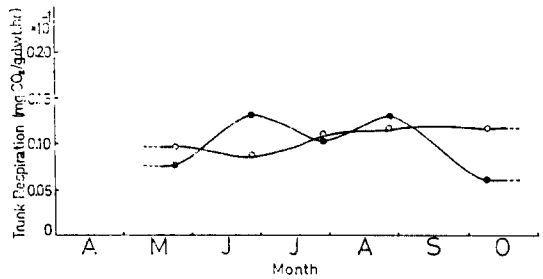


Fig. 5. Seasonal changes of respiration loss of trunks at 25°C. Closed circle: *A. sibirica*. open circle: *Q. acutissima*.

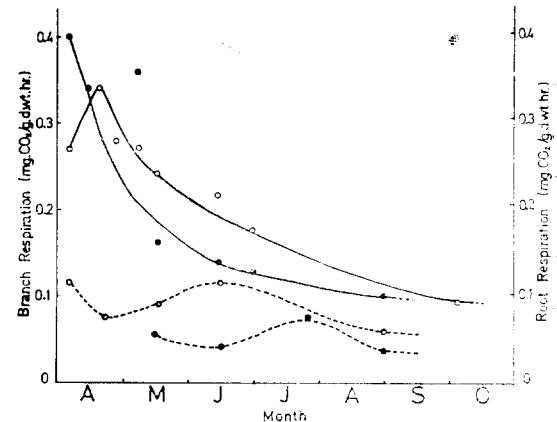


Fig. 6. Seasonal changes of respiration loss of branches (solid lines) and roots (broken lines) at 25°C. Closed circle: *A. sibirica*, open circle: *Q. acutissima*.

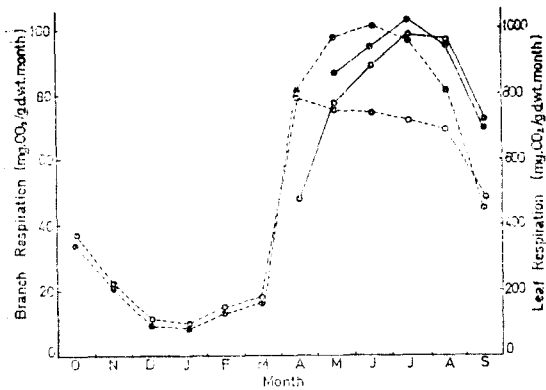


Fig. 7. Seasonal changes of monthly respiration loss per g. dry weight of leaves (solid lines) and branches (broken lines). Closed circle: *A. sibirica*, open circle: *Q. acutissima*.

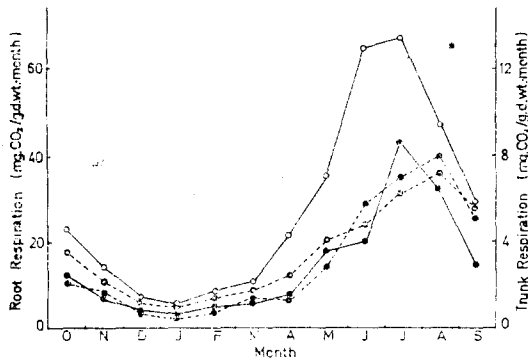


Fig. 8. Seasonal changes of monthly respiration loss per g. dry weight of roots (solid lines) and trunks (broken lines). Closed circle: *A. sibirica*, open circle: *Q. acutissima*.

月보다 낮은데 기인할 것이다(Fig.4 참조). 가지의 호흡량은 상수리나무에서는 6월, 물오리나무에서는 4월에 最高値를 보였으나 모두 1월에 最小値를 보였다. 4월의 호흡량이 급증하는 것은 代謝가 活潑해지고 新枝가 나는 때문이라고 생각된다(Fig.7 참조).

줄기와 뿌리의 호흡량도 가지와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 8). 森林의 호흡량을 推定하기 위하여 단위 g당의 호흡량을 溫度補正한 값에 各器官의 現存量을 乘하므로써 ha당 年呼吸量を 算出한 結果, 상수리나무에서는 19.83ton/ha·yr, 물오리나무에서는 13.56ton/ha·yr으로서 前者가 後者보다 46.2%만큼 높았다.

### 3. 生産構造

두 群落에서 얻은 生産構造와 光線의 垂直分布는 Fig.9에서 보는 바와 같다. 물오리나무는 樹高가 8.9m이며, 光合成部는 地上 5m 이상부터 시작하여 最大量

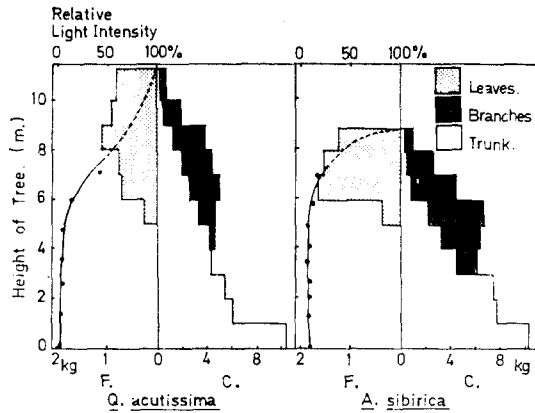


Fig. 9. Productive structure of the representative single tree of *A. sibirica* (right) and *Q. acutissima* (left). F means photosynthetic system and C nonphotosynthetic one.

은 地上 6~7m에 있었다. 상수리나무는 樹高가 11.3m이며, 光合成部는 地上 5m 이상부터 시작하여 最大量은 地上 8~9m에 있었다.

光의 垂直分布는 물오리나무에서는 樹冠이 ceiling 되어 아치형을 이루고 있어서 樹高의 93/100 높이에서 50% 이하로 낮아졌고 地表에서는 10%이었다. 그러나 상수리나무는 樹冠에 生長點이 남아 있어 원추형을 이루어서 樹高의 67/100 높이에서 50% 이하로 낮아지며 地表에서는 6.2%이었다. 이것으로 보아 물오리나무보다 상수리나무가 光을 効率的으로 이용하는 生産構造라고 생각된다.

### 4. 現存量

물오리나무와 상수리나무의  $D^2H$ 와  $Wl$ ,  $Wb$ ,  $Ws$ 와 의 相對生長關係에서 誘導한 相對生長式은 다음과 같다.

즉, 물오리나무에서는

$$\log Wl = 0.7480 \log(D^2H) - 1.8670$$

$$\log Wb = 1.0843 \log(D^2H) - 2.4003$$

$$\log Ws = 0.8877 \log(D^2H) - 1.3363$$

상수리나무에서는

$$\log Wl = 0.9221 \log(D^2H) - 2.2675$$

$$\log Wb = 1.1686 \log(D^2H) - 2.6304$$

$$\log Ws = 0.8891 \log(D^2H) - 1.1767$$

한편 이들 사이의 相對生長關係를 兩對數方眼紙에 표시하면 Fig. 10, 11 및 12와 같다. Fig.에서 각 기관의 무게와  $D^2H$  사이의 관계가 比較的 直線性이 좋았으므로 相對生長式을 이용하여 現存量의 推定을 하여도 좋으리라고 생각된다. 相對生長式에 標準所內에서 測定한 林木의  $D^2H$ 를 代入하여 現存量을 계산한 結果

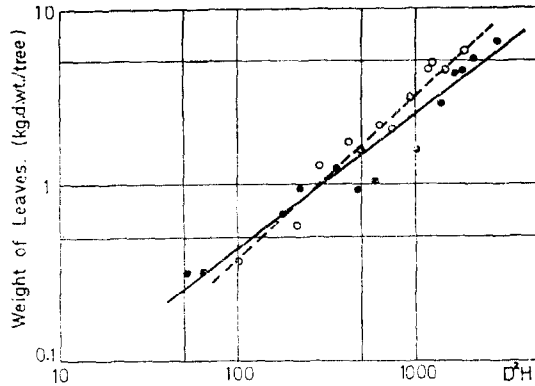


Fig. 10. Allometric relation between weight of leaves ( $W_l$ ) and  $D^2H$  per tree in *A. sibirica* (solid line) and in *Q. acutissima* (broken line).

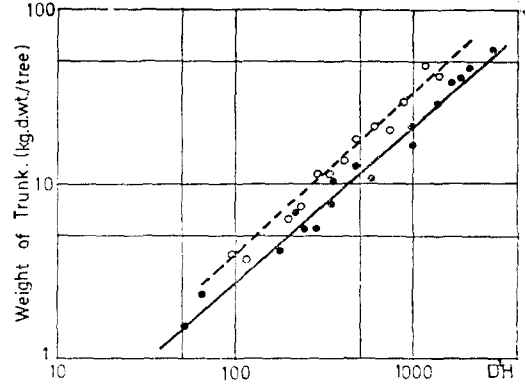


Fig. 12. Allometric relation between weight of trunk ( $W_s$ ) and  $D^2H$  per tree in *A. sibirica* (solid line) and in *Q. acutissima* (broken line).

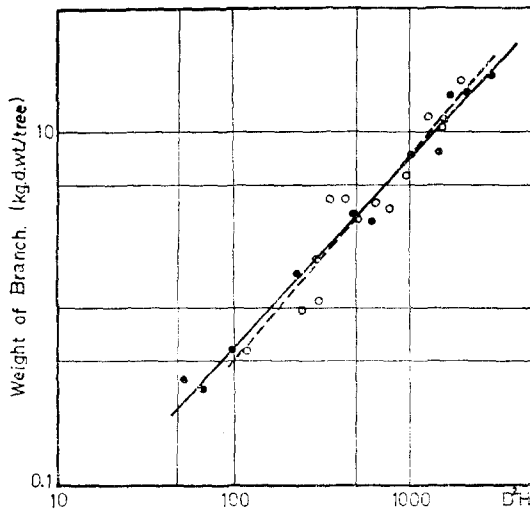


Fig. 11. Allometric relation between weight of branches ( $W_b$ ) and  $D^2H$  per tree in *A. sibirica* (solid line) and in *Q. acutissima* (broken line).

1975年과 1976年의 地上部現存量은 물오리나무숲에서 각각 41.20 및 45.60ton/ha이었고, 상수리나무숲에서는 각각 58.67 및 69.43ton/ha이었다. Johnson and Risser(1974)에 따라 地上部現存量을 0.25倍하여 地下部現存量을 推定한 결과 물오리나무숲에서 각각 10.30 및 11.37ton/ha, 상수리나무숲에서 각각 14.67 및 17.36ton/ha이었다.

忠南地方의 리기다소나무林的 現存量은 76.74~88.18ton/ha(金, 1971, 1976), 春川地方의 소나무林은 26.17~38.83ton/ha, 신갈나무林은 39.37~48.11ton/ha(金 및 尹 1972)이고, 미국 Oklahoma의 oak林은 254ton/ha(Johnson and Risser, 1974), Nepal의 동북부

*Quercus-Machilus*林은 549ton/ha, *Quercus-Cinnamomum*林은 575ton/ha (Yoda, 1968) 등과 같이 樹種과 立地條件에 따라 차이가 있다. 이 調査의 물오리나무숲과 상수리나무숲의 現存量은 外國의 것보다는 작았지만 우리나라에서 調査된 森林中에서는 높은 값을 보였다. 상수리나무숲이 물오리나무숲보다 높은 現存量을 나타내는 것은 林木密度가 2,388本/ha로서 물오리나무숲의 1,667本/ha보다 높기 때문이라고 생각된다.

80°C로 乾燥시킨 材部의 比重을 測定한 結果, 물오리나무는 0.464, 상수리나무는 0.737로서 後者가 前者보다 컸다.

##### 5. 純生産量

現存量의 一年간 増分으로서 推定한 각 기관별 年純生産量을 Table. 1에 종합하였다. 물오리나무숲의 地上部純生産量은 7.50ton/ha·yr, 상수리나무숲의 것은 15.21ton/ha·yr이었다. 리기다소나무造林地는 4.97~6.47ton/ha·yr(金, 1971, 1976), 소나무林은 12.7ton/ha·yr, 신갈나무林은 8.7ton/ha·yr(金, 1971, 1972) 등과 比較할 때, 물오리나무숲은 이들과 비슷한 결과를 보였으나 상수리나무숲은 매우 높은 편이었다. 그러나 영국的 *Alnus incava*숲의 年純生産量은 16ton/ha·yr, *Betula verrucosa*숲은 8.9ton/ha·yr(Westlake, 1963), 일본의 *Cryptomeria japonica*숲은 16.2~18.8ton/ha·yr(Shidei, 1960)로서 이 물오리나무숲에서 얻은 결과보다 높았다. 또한 일본의 *Quercus-Repanaea*숲은 23~28ton/ha·yr, *Quercus-Camellia*숲은 18~20ton/ha·yr(Kan, 1965)로서 이 상수리나무숲보다 매우 높았다.

Mun *et al* (1977)이 같은 地所에서 土壤속의 無機類總含量을 조사한 바에 따르면 total-N과 K는 비교적 豊富하지만, available P 함량은 낮아서 상수리나무숲

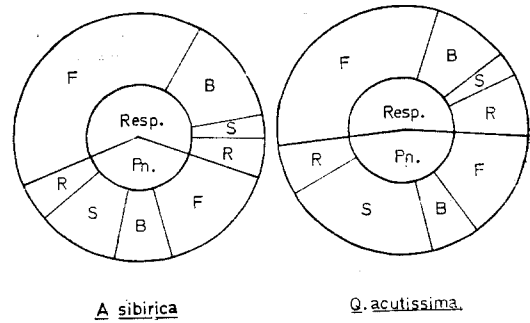
**Table 1.** Estimation of biomass, annual net production and annual respiration loss in each organ of *A. sibirica* and *Q. acutissima* stands.

Organs	Biomass		Net production (Pn) (ton/ha)	Respiration (R) (ton/ha)
	1975 (ton/ha)	1976 (ton/ha)		
<i>Alnus sibirica</i>				
Leaves	3.24	3.46	3.46	8.70
Branches	9.13	10.82	1.69	3.11
Trunk	28.83	31.18	2.35	0.67
Root	10.30	11.37	1.06	1.09
Total	51.50	56.83	8.56	13.57
<i>Quercus acutissima</i>				
Leaves	4.47	5.28	5.28	11.80
Branches	9.71	12.00	2.29	3.79
Trunk	44.49	52.15	7.65	1.15
Root	14.67	17.36	2.69	3.10
Total	73.34	86.79	17.91	19.84

에서는 40kg/ha, 물오리나무숲에서는 36kg/ha이었다. 미국 중부의 年純生産량이 14.9ton/ha인 *Quercus sel-lata* 숲의 土壤의 available P함량은 2,712kg/ha이었다 (Johnson and Risser, 1974). 調査期間中の 降雨量은 2,7,8月 이외의 月은 모두 100mm이하였다(Fig.1). 生育初期인 4, 5, 6月の 降雨량이 50mm 정도인 것으로 보아 수분부족을 받았을 것이다. 그러므로 인산함량이 높고 降雨량이 均一하게 분산되었다면 이 調査地의 純生産량도 더 많았을 것이다.

地下部를 包含한 全植物體의 年純生産량은 물오리나무숲이 8.56, 상수리나무숲이 17.90ton/ha·yr(1.0 : 2.1)로서 後者が 前者보다 2배 이상이나 높은 값을 보였다. Fig.3에서 보듯이 單葉의 最大光合成量은 물오리나무보다 상수리나무가 낮은데도 상수리나무숲의 純生産량이 많은 이유는 1) 林木密度가 높고, 2) 葉量이 53%나 많으며, 3) 總生産量에 대한 呼吸量의 比(R/Pg)가 낮고(後述), 4) 受光效果가 좋은 生産構造(Fig.9)를 가지고 있는 까닭이라고 생각된다.

Johnson and Risser(1974)가 未熟한 群落의 純生産량은 成熟한 群落의 것의 약 2배나 많다고 한 말을 감안하면 상수리나무숲보다 물오리나무숲의 遷移가 더 進行된 것이라고 여겨진다. 실제로 總生産량의 器官別 配分比(Fig.13)에서 보듯이 상수리나무숲과 물오리나무숲의 줄기의 純生産量/全植物體의 純生産量의 比



**Fig. 13.** Distribution ratios of annual gross production. F: leaves, S: stem, B: branches, R: roots, Pn: net production, Resp: respiration.

가 각각 0.43, 0.27로서 前者가 높았으며 또한 견실한 바와 같이 물오리나무의 樹齡이 상수리나무보다 높았다.

#### 6. 總生産量

年純生産량과 年總呼吸量을 합하여 總生産량을 추정 한 결과를 Table. 2에 표시한다. 물오리나무숲의 年總生産량은 22.12ton/ha·yr, 상수리나무숲의 것은 37.74ton/ha·yr로서 後者が 前者보다 71%나 많았다. 總生産량에 대한 純生産량의 比(Pn/Pg)는 물오리나무숲이 0.39, 상수리나무숲이 0.47이었다. 吉良(1970)는 森林群落의 Pn/Pg가 0.25~0.50이라고 하였는데 여기서 얻은 값도 그 範圍에 속하였다. 總生産량에 대한 呼吸量의 比(R/Pg)는 물오리나무숲과 상수리나무숲이 각각 0.61, 0.53으로서 前者가 後者보다 呼吸消失量이 많았다. 소나무林에서 算出한 R/Pg는 0.36~0.41(金, 1971), Denmark의 너도밤나무숲의 것은 0.46~0.47 (Möller *et al.*, 1954)로서 이 실험결과보다 낮았다.

#### 7. 太陽에너지 利用效率

이 森林生態系에서 林木의 太陽에너지利用效率의 계산에는 生育期間(1975年 10月 및 1976年 5月~同年 9月) 중에 中央觀象台에서 測定한 日射量을 이용하였다. 이 期間의 全日射量은  $5.7743 \times 10^6$  kcal/ha이었고 植物體의 乾物量 1g의 에너지함량을 平均 4.5kcal로 하여 다음식에 따라 에너지 利用效率(Eu)을 計算하였다.

$$Eu(\%) = 4.5 \text{ kcal} \times \Delta W / \text{total solar energy} \times 100$$

Table. 2에서 보듯이 純生産량에 대한 에너지利用效率(En)은 물오리나무숲이 0.67%, 상수리나무숲이 1.40%이었다. 吉良(1970)가 調査한 溫帶林의 En은 0.5~1.5%이었는데, 여기에서 측정한 물오리나무숲은 그 下限值에, 상수리나무숲은 그 上限值에 가까웠다. 總生産량에 대한 태양에너지利用效率(Eg)은 물오리나무

**Table. 2.** Estimation of annual net (Pn) and gross production (Pg), annual respiration loss (R) and solar energy utilization (Eu).

Species	Pn (ton/ha)	R (ton/ha)	Pg (ton/ha)	Pn/Pg	R/Pg	En <sup>1)</sup> (%)	Eg <sup>2)</sup> (%)
<i>A. sibirica</i>	8.56	13.56	22.12	0.39	0.61	0.67	1.72
<i>Q. acutissima</i>	17.91	19.83	37.74	0.47	0.53	1.40	2.94

1) En : Efficiency of solar energy utilization (Eu) for annual net production

2) Eg : Efficiency of solar energy utilization (Eu) for annual gross production

숲이 1.72%, 상수리나무숲이 2.99%이었다. 吉良의 調査에서 森林의 *Eg*는 2.0~3.5%로서 물오리나무숲은 그 범위보다 낮았고, 상수리나무숲은 그 中央値보다 약간 높았다.

### 摘 要

相對生長法에 의하여, 물오리나무숲과 상수리나무숲의 現存量과 純生産量을 推定하는 한편, 呼吸量을 測定하여 總生産量을 구하였다. 兩 樹種의 生産量差를 光合成과 生産構造의 면에서 檢討하였다.

1. 飽和光에서 光合成量은 물오리나무에서 2.31mg CO<sub>2</sub>/g. d. wt·hr., 상수리나무에서 1.42mg CO<sub>2</sub>/g. d. wt·hr이었고 補償點은 물오리나무가 상수리나무보다 낮았다.

2. 年呼吸量은 물오리나무에서 13.56ton/ha·yr, 상수리나무에서 19.83ton/ha·yr이었다.

3. 生産構造와 光의 垂直分布는 상수리나무숲이 물오리나무보다 物質生産에 效果的이었다.

4. 現存量은 1975年과 1976年에 물오리나무에서 각각 51.51, 56.82ton/ha이었고, 상수리나무에서 각각 73.35, 86.77ton/ha.이었다.

5. 純生産量은 물오리나무에서 8.56ton/ha·yr, 상수리나무에서 17.90ton/ha·yr로서 後者が 前者보다 109%나 많았다.

6. 總生産量은 물오리나무에서 22.12ton/ha·yr, 상수리나무에서는 37.74ton/ha·yr이었고, 總生産量에 대한 呼吸量의 比는 물오리나무와 상수리나무에서 각각 0.61, 0.53으로서 前者가 後者보다 遷移가 더 進行된 것으로 생각된다.

7. 生育期間(5月~10月)중 純生産量의 에너지利用效率은 물오리나무에서 0.67%, 상수리나무에서 1.40%이었고, 總生産量의 에너지利用效率은 각각 1.72%, 2.94%이었다.

### 文 獻

1. Boysen Jensen, P., 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Gustav. Fischer, Jena.

2. Bray, J.R. and E. Gorham, 1964. Litter production in forests of the world. As cited by Kira, T. et al., 1967. Comparative ecological studies on three maintypes of forest vegetation in Thailand IV. Nature and life in Southeast Asia Vol. V.
3. Choon, M.K. and N.K. Chang. 1967. Growth of the chestnut tree, *Castanea crenata*. in relation to soil nutrients in Korea. Jap. Jour. Ecol., 17 (4) : 143~148.
4. Hozumi, K., K. Yoda and T. Kira, 1965. Production ecology of tropical rain forests in southwestern Cambodia II. Photosynthetic production in an evergreen seasonal forests. OCUSEA, 13 : 57~81.
5. Johansson, N., 1933. The relation between the respiration of the tree stem and its growth. As cited by Ovington, J.D., 1962. Quantitative Ecology and the Woodland Ecosystem Concept. Adv. in Ecol. Res. 1. pp.103~192.
6. John, J.R. 1975. Mineral nutrient pool and cycling in a Missouri forest. Jour. Eccl., 63(3) : 985~994.
7. Johnson, F.L. and P.G. Risser, 1974. Biomass, annual net primary production and dynamics of six mineral elements in a post oak-blackjack oak forest. Ecology, 55 : 1246~1258.
8. Kan, M., H. Saito and T. Shidei, 1965. Studies of the productivity of evergreen broad leaved forests. Bul. Kyoto Univ. Forests. 37 : 55~75.
9. 金俊鎬, 1971. 森林의 生産構造와 生産力에 대한 研究 I. 리기다소나무 造林地에 대하여 한, 식, 지, 14 : 155~162.
10. ———, 尹成模, 1972. Ditto. II. 春川地方의 소나무林과 신갈나무林의 比較. 15 : 71~78.
11. 1976. Ditto. III. 리기다소나무와 리기테다소나무



- 의 비교. *ibid.* 19 : 85—91.
12. Kim, J.H., 1964. Physiological and ecological studies on the growth of Ginseng plants (*Panax Ginseng*) V. On the photosynthesis, respiration and dry matter production. *Jour. Kongju Teachers Coll.*, 2 : 1~16.
  13. Kimura, M., 1960. Primary production of the warm temperate laurel forest in the southern part of Osumi Peninsula, Kyushu, Japan. As cited by Kira, T. *et al.*, 1967. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand IV. Nature and life in Southeast Asia 5 : 149—174.
  14. Kira, T., H. Ogawa, K. Yoda and K. Ogino, 1964. Primary production by a tropical rain forest in southern Thailand. *Bot. Mag., Tokyo*, 77 : 428~429.
  15. ———, T. Shidei, 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. *Jap. Jour. Ecol.*, 17 : 70~87.
  16. ———, H. Ogawa and K. Ogino, 1967. Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand IV. Dry matter production, with special reference to the Khao Chong rain forest. Nature and life in southeast Asia, 5 : 149~174.
  17. 吉良龍夫, 1970. 森林の一次生産と生産のエネルギー効率 JIBP-PT-F, 44 : 85—92, 依田恭二(1971)에 의하여 「森林の生態學」에서 引用 築地書館.
  18. Kusumoto, T., 1957. Physiological and ecological studies on the plant production in plant communities 4. Ecological studies on the apparent photosynthesis curves of evergreen broad-leaved trees. *Bot. Mag., Tokyo*, 70(832) : 299~324.
  19. Möller, C.M., D. Müller and J. Nielsen, 1954. Graphic presentation of dry matter production of European beech. 依田恭二, (1971.)에 의하여 「森林の生態學」에서 引用, 築地書館.
  20. Mun, H.T., C.M. Kim and J.H. Kim. 1977. Distribution and Cycling of nitrogen, phosphorus and potassium in Korean alder and oak stands. *Korean J. Bot.* 20 (in press).
  21. Mooney, H.A., W.D. Billings and E.E.C. Clebsch, 1966. Photosynthesis and respiration rates of rocky mountain alpine plants under field conditions. *The Amer. Midland Naturalist*, 75 : 34~44.
  22. Nomoto, N., 1964. Primary productivity of beech forest in Japan. *Jap. J. Bot.*, 18 : 385~421.
  23. Ovington, J.D., 1964. Prairie, savanna and oakwood ecosystems at Cedar Creek. *Grazing in Terrestrial and Marine Env.* Blackwells scientific pub., pp.43~53.
  24. Shidei, T., 1960. Studies on productivity of the forest I. Essential needles-leaved forests of Hokkaido, Kokusaku pulp Ind. Co., Tokyo. p. 100.
  25. Tadaki, Y., 1965. Studies on production structure of forests VII. The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. *Jap. J. Ecol.*, 15 : 142~147.
  26. ———, and T. Shidei, 1960. Studies on production structure of forests 1. As cited by Satoo, T., 1970. A synthesis of studies by the harvest method. p.55~72. In D. Reichle(ed.). *Analysis of temperate forest ecosystems.* Springer-Verlag, N.Y.
  27. Westlake, D.F., 1963. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.* 38 : 385~425.
  28. Yoda, K., 1968. A preliminary survey of the forest vegetation of eastern Nepal II. Plant biomass in the sample plots chosen from different vegetation zones. *J. Coll. Arts and Sciences, Chiba Univ.*, 5(2) : 277~302.
  29. 依田恭二, 1971. 森林の生態學. 築地書館. 148~163.  
(1977年 2月 15日 接受)