

× *Populus albaglandulosa*의 葉齡別 光合成*¹

金 鼎 錫*² · 李 錫 求*² · 宣 順 和*²

Photosynthesis of × *Populus albaglandulosa* in Relation to Leaf Age*¹

Chung Suk Kim*² · Suk Koo Lee*² · Soon Wha Sun*²

Summary

× *Populus albaglandulosa* has been needed optimum stand density according to various site and its wood usage.

It is assumed that optimum stand density can be estimated by investigating of response of × *P. albaglandulosa* to the light factor of stand.

For that reason, the photosynthesis of × *Populus albaglandulosa* grown under the controlled planting density was studied in relation to its leaf age by the aid of the Infrared gas analyzer.

Rate of net photosynthesis was smaller in matured leaves than young leaves below 8°C, while, it was larger than young leaves above 8°C.

Temperature for the maximum net photosynthesis of young leaves and old leaves was about 30°C and 25°C respectively.

Saturated light intensity varied slightly as leaf age from 28 Klux to 35 Klux, but net photosynthesis rate in the range of light intensity showed deep differences. Old leaves marked the lowest rate, 1.6 CO₂ mg/dm²/hr, young leaves marked the medium rate, 1.7 to 2.2 CO₂ mg/dm²/hr, and matured leaves marked the most efficient photosynthesis, 2.9 to 3.5 CO₂ mg/dm²/hr.

Young leaves of 5 days old had the highest light compensation point, while matured leaves of 35 days-old had the lowest point. Rates of dark respiration in both young leaves and old leaves were higher than that of matured leaves.

Trees which were planted at space 80cm×80cm showed productive assimilation function over the one-third of height where relative light intensity is 35%.

× *Populus albaglandulosa*의 用途別, 立地別 單位面積當 適正 植栽本數를 林內受光量으로 豫測하기 爲하여 圃地에 人爲調節한 植栽密度下에서 于先 葉齡別 光合成을 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 成熟葉은 幼葉보다 低溫에서 光合成이 始作되고 8°C부터는 絶大光合成量이 幼葉보다 增大한다.
2. 幼葉의 最大光合成 溫度는 30°C정도이고 成熟葉은 25°C정도이다. 또한 一般의으로 適正 溫度(25°C)에서의 絶對 光合成量은 成熟葉이 높다.
3. 葉齡別 光飽和點은 多少間 差異는 있으나 大體의으로 28~35Klux이다.
4. 飽和光에서 光合成 速度는 葉齡에 따라 큰 差異가 있었다. 即 70日 以上の 老葉은 가장 低下하여 1.6 CO₂ mg/dm²/hr이고 5日과 15日, 25日의 幼葉은 1.7~2.2 CO₂ mg/dm²/hr이다. 그러나 成熟葉은 높아서 2.9~3.1 CO₂ mg/dm²/hr이었다.
5. CO₂ 補償點은 葉齡 5日인 幼葉이 가장 높고 그리고 葉齡 35日의 葉이 가장 낮았다.

*¹ Received for publication on February 10, 1977

*² 林木育種研究所, Institute of Forest Genetics

6. 幼葉과 老葉의 暗呼吸 速度는 成熟葉에 比하여 높다.

7. 植栽密度가 80×80cm인 곳의 林木은 苗高의 半以上이고 相對照度 35%以上인 部位의 着生葉이 蓄積性生産葉이다.

緒 言

×*Populus albaglandulosa*는 *P. alba*와 *P. glandulosa*와의 人工 交雜種으로 Aigeiros나 Tacamahaca節의 Poplar보다 耐乾, 耐酸性이고 또한 Heterosis 現象으로 生長이 迅速하여 山地의 造林樹로 適合하여 1968년부터 대대적으로 보급되어 1976년까지 約 50,000,000本이 造林되었다. 그러나 本 新樹種에 對한 生理, 生態學的의 究明은 殆半이 이루어지지 못하고 있다.

樹木의 生長은 遺傳因子와 環境因子의 相互作用에 의한 表現이므로 遺傳的 變異의 幅을 可能限한 좁히기 爲하여 同一環境에 자란 同一 clone의 個體를 供試하여 適正環境因子를 調査하였다. 生長에 미치는 環境因子에는 여러가지가 있겠지만 그中 植栽密度로 인한 影響이 가장 큰것으로 생각할 수 있는데 密植程度에 따라 수관층의 受光量, 林內의 溫, 濕度, 風速, CO₂濃度, 土壤水分 및 溫度 등이 달라질 것이므로 이들의 單獨 또는 相互作用 程度에 따라 生育의 우열이 생기게 될 것이다.

本 試驗은 植栽密度에 依하여 생긴 이러한 여러 環境因子中 어느 因子에서 가장 適正한 量의 生産 即 效率의인. 光에너지의 利用이 可能하겠는가를 추정하기 爲하여 76年 3月 中旬에 0/1묘를 포지에 몇 種類의 間적으로 植栽하여 이들간의 生育狀態를 調査하였다. 于先 그 中에서 生育期間中 密度경쟁이 없었던 80×80cm 植栽區 苗木의 光度, 溫度, 葉齡別 光合成 및 呼吸率을 測定하였다.

林木의 光合成과 呼吸은 여러가지 外部條件과 內部條件의 相互影響을 받는데 그中 光도의 影響은 Hodges (1967)¹⁶⁾ 등의 여러사람이 試驗한 바와 같이 광도화집에 이르기까지는 光度의 增加에 따라 光合成 및 호흡량이 增加함을 觀察하였고, 또 林分 울체도에 依한 受光量의 差異에 依해 生長의 差異가 생기는데 Helms(1965)¹⁷⁾ 등은 음수인 Douglas-fir가 지광도에서 좋은 生育을 보임을 觀察하였고, 陽樹인 소나무類는 고광도에서 生育이 좋음을 觀察하였다. Bazzaz(1972)¹⁸⁾ 등은 溫度가 어느 한계까지 상승함에 따라 光合成量이 增加하고 그 한계溫度는 樹種에 따라 相異하나 20~35°C의 범위에 해당함을 관찰했다. 이 한계 溫度以上에서 光合成量이 減少함은 광도효의 鈍化한 增加와 葉水分 결핍, 엽록소의 活性低下때문이라고 했다. Bazzaz(1972)¹⁸⁾,

Furukawa(1973)¹⁹⁾는 植物의 葉狀態中 葉齡에 의한 形態的, 生理的 差異에서 오는 相異한 光合成能力을, Cameron(1970. a)²⁰⁾이 *Eucalyptus spp.*에서 葉齡이 노숙할수록 光合成 效率이 낮음을 觀察하였다.

本 試驗의 차후 과정은 植栽密度別로 生育경리변 光度調査, CO₂농도, 葉條件 등의 종합적인 研究이다.

本 試驗을 爲해 光合成 測定器機使用을 許諾해준 前園藝試驗場 林尚根 科長과, 助言을 하여 주신 서울大 自然大 金俊鎬 博士에 對한 謝意를 表한다.

材料 및 方法

×*P. albaglandulosa* 挿木苗(0/1)를 3月 15日 林木育種研究所 區內 포지에 80×80cm로 150本을 10×10m內에 植栽하고 腋芽를 數次 除去하였으며 密度에 依한 生育단계가 惹起되지 않도록 하고 管理는 一般養苗法에 의하였다.

光合成 測定은 生育旺盛期인 9月初에 老葉과 成熟葉, 幼葉에 對하여 各各 觀察하였고 供試木은 光合成이 미미한 아침 7時頃에 切斷採取하여 푸라스틱제 물통에 封아 두고서 測定 直前에 葉柄을 1~2cm불인 單葉을 2~4매씩 직사각형 푸라스틱판위에 놓고 낚시줄로 얽어 고무배치되도록 하였다. 동화상은 장방형으로기(29.0×18.0×1.5cm) 일을 넣은뒤 密封하여 人工氣象室(Koito Model KB-100)에 넣어 溫度를 조절하였다. 光源은 동화상에서 45cm 떨어진 直上에 白熱燈과 水銀燈을 혼합배열한 것이고 동화상과의 사이에 Water film으로 인 흡수를 시켰으며 Water film과 동화상 사이에 있는 인 공기상실 上面에는 가재, 종이로 덮어 光度를 調節하였다. 또한 光度別 日射量 調査는 파장 감각 범위 300~3000nm, 감도 5mv/cm²/min.인 農試電試型日射計로 測定한다. 平均 1 Klux=0.0310159Cal/cm²/min. 있다. 光度는 高光度에서 低光度순으로 조절하여 測定하였고 最後 暗호흡률을 測定하였다. CO₂濃度 測定은 ±2% 범위의 精度를 가진 Infra-red gas analyzer(Type S, ASSA-2 Horiba)로 하였고 記錄은 2分間隔으로 1打하는 6打點 기록계를 使用하였다. 동화상內 公기는 한쪽에 달린 튜브로 들어가 다른 쪽에 있는 튜브로 관 통하게 하였으며 공기는 대기를 水分만 除去하고 使用하였으며 송풍량은 1l/min.으로 유지하였다.

光度 전환후 일의 CO₂고정이 恒동수준에 이르는 데는 6~12분이 소요되었다. 測定에 使用한 單葉은 感光紙

에 복사하여 그 重量比로 面積을 算出하였다. 포지의 濕, 濕도는 自動溫, 濕度計로 測定했으며 光合成 測定 時期인 9月初(9월 1일~9월 10일)에서 晴日간의 평균치를 구하였다. 조도는 晴日인 8월 28일 측정된 것을 적용 하였으며 조도계는 Toshiba SPL-5를 사용하였다.

結果 및 考察

× *P. albaglandulosa*單葉의 純光合成 速度에 對한 溫度의 影響을 포화광도인 29.3 klux에서 測定한 結果, 잎의 成熟度에 따라 差異를 보였다. (Fig. 1)

即 成熟葉은 25°C에서 最大 光合成을 하고 그 以後 溫度가 上昇함에 따라 徐徐히 低下되는 反面 幼葉은 30°C에서 最大 光合成을 하고 그후 急激히 低下된다. 또한 成熟葉의 光合成은 幼葉보다 低溫에서 始作하여 15°C頃까지는 월등한 光合成勢를 나타내고 그後 最大 光合成 溫度인 25°C까지는 徐徐히 增大하고 있다. 그러나 幼葉은 最大 光合成 溫度인 30°C까지 徐徐히 光合成量이 增大하고 있다. 이는 Furukawa(1972)¹⁰⁾가 *Populus nigra* × *maximowizii*는 20~25°C에서 가장 旺盛한 光合成을 함을 觀察한 結果 유사한 傾向이었다. 高溫에서 光合成이 減少하는 理由로는 Bazzaz (1972)¹¹⁾는 *Ambrosia trifida*에서 10~30°C에서는 溫度上昇과 함께 光合成이 增加했다가 高溫에서 減少되는 原因을 증산과 호흡의 增大에 의한다고 報告했고, Furukawa(1973)¹²⁾는 그보다도 高溫으로 因하여 葉肉체의 CO₂ 고정 活動이 低下되기 때문이라고 報告하고 있는데 × *P. albaglandulosa*는 高溫에서의 절대能力이 老葉보다는 成熟葉이 强하였다. 한편 Hodges(1967)¹³⁾는 일일 高溫時間帶인 12~1시경에 光合成의 晝間現상이 나타나며 오히려 그 前

後인 上午 9~10時와 下午 5~6時에 各各 增大하고 또 여름에는 맑은날보다 흐린날이 光合成에 効果의 影響을 시사했다. 잎의 水分含量은 土壤濕度 및 林內濕度와 關係가 있고 氣孔開閉에 직접적인 作用을 하므로 앞으로 × *P. albaglandulosa*의 명호흡, 증산, 잎의 含水率 調査가 必要하다.

測定期間中 供試木의 포지에서의 溫度分布는 Fig. 2와 같이 旺盛한 光合成을 일으키는 溫度 範圍인 15°C에서 30°C사이가 14時間 以上이고 또한 全晝間인故로 온도 單一因子만을 볼때에는 이 時期의 植栽密度는 適正한 密度에 近似하다고 思料된다. 그리고 觀測 濕度分布圖는 Fig. 3과 같이 50% 未滿인 時間은 11時에서 15時사이나 이 時間中の 溫度가 最大 光合成 溫度인 30°C를 超過치 못하고 있음은 光合成에는 支障이 없는 濕度라고 推測되나 보다 더 많은 試驗이 必要하다.

光의 強度別로 葉齡別 光合成과 呼吸率을 觀察한 結果(Fig. 4, 表 1) 光度가 增加함에 따라 光合成率이 增加하다가 광포화점 以後에 徐徐히 減少되었다. 即 葉齡 5, 15, 25, 35, 45, 45, 55, 65, 70日 以上の 葉에 對하여 各各 光飽和點을 調査한바 葉齡 5日에서 55日 사이의 葉은 30~35Klux이나 65日以上の 葉齡의 光飽和點은 多少低下하여 結局 本 供試樹種의 光飽和點은 28~35Klux 範圍의 樹種이라고 할 수 있어서 一般 潤葉樹의 特性을 지니고 있다.

한편 飽和光에서의 光合成 速度는 葉齡 5日과 15日의 幼葉은 1.7~2.2 CO₂ mg/dm²/hr이고, 25日과 65日 葉齡葉은 2.5~2.7 CO₂ mg/dm²/hr이다.

또한 35日, 45日, 55日 葉齡의 葉은 가장 높아서 2.9~3.1 CO₂ mg/dm²/hr이다. 그러나 葉齡 70日 以上の 老葉은 1.6 CO₂ mg/dm²/hr로 가장 낮았다. 따라서 葉

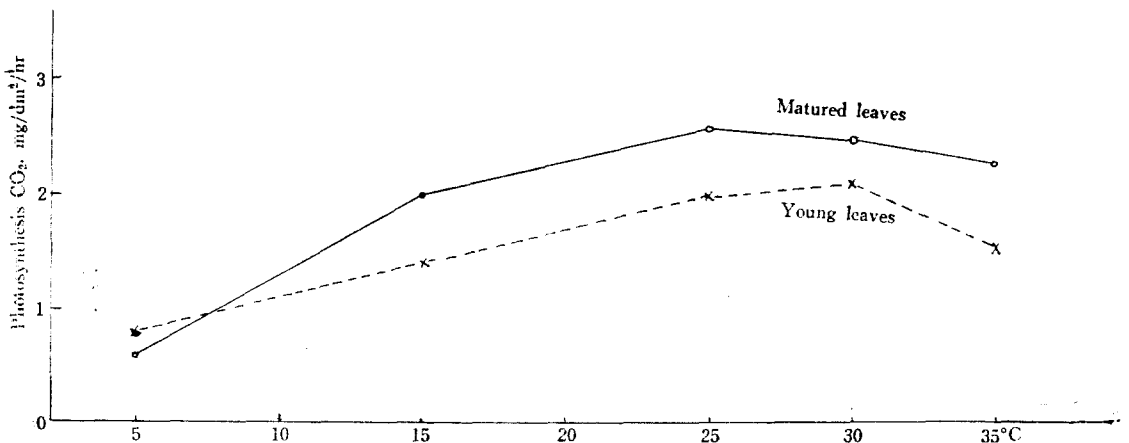


Fig. 1. The effect of temperature on the photosynthesis of × *P. albaglandulosa* at saturating light intensity (29.3 Klux)

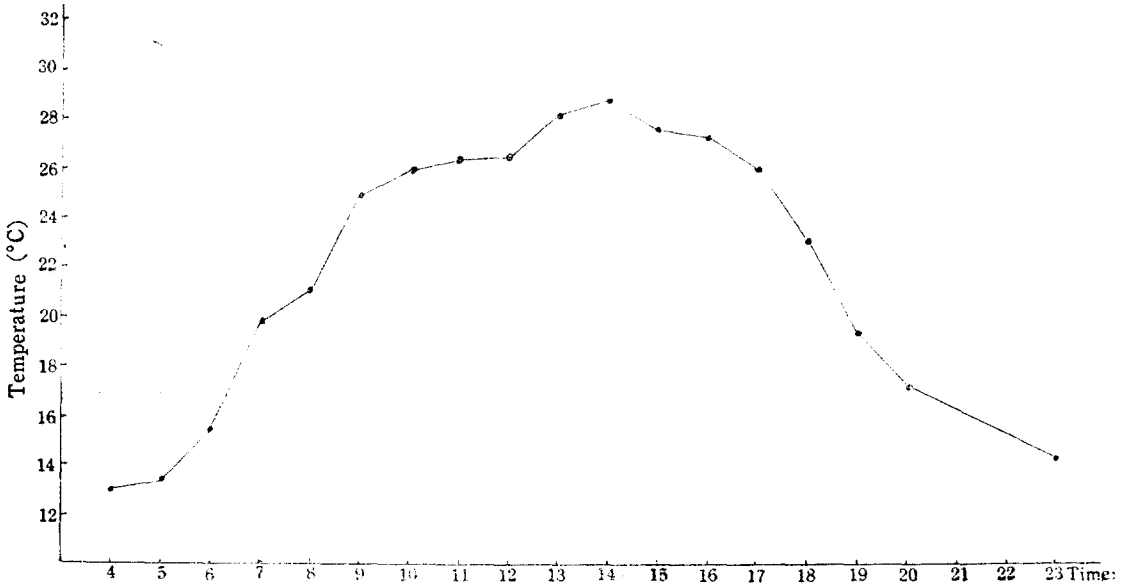


Fig. 2. Temperature curve of field where experimental trees was planted for ten days when determination of photosynthesis rate was being done. Temperature is mean value in clear days. (Sept.1-10)

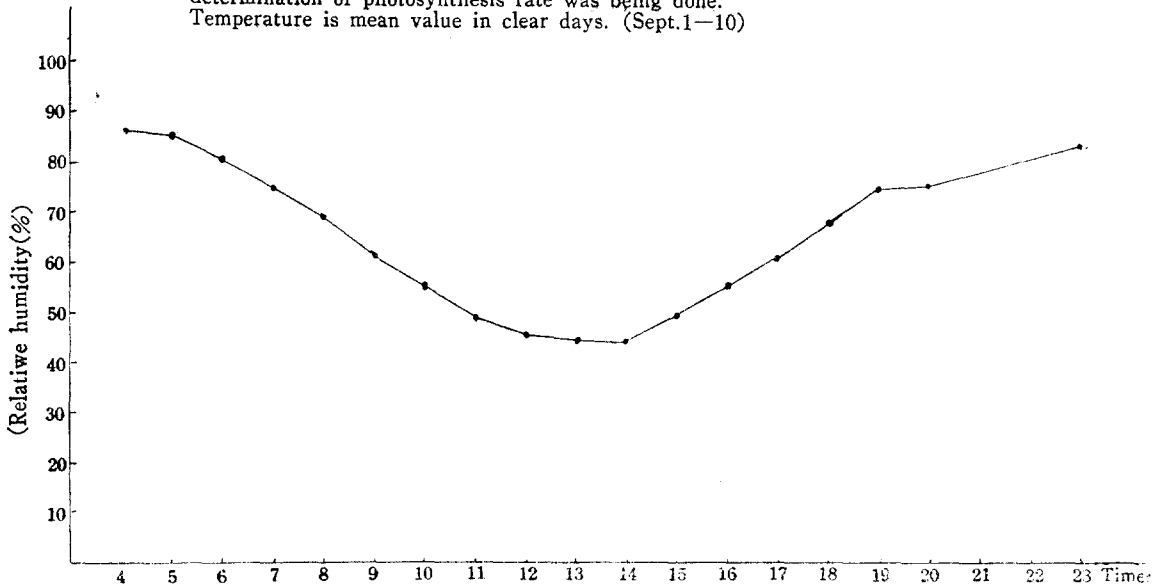


Fig. 3. Relative humidity curve of field where experimental trees was planted for ten days when determination of photosynthesis rate was being done. Relative humidity is mean value in clear days. (Sept.1-10)

齡이 너무 낮은 幼葉이나 70日 以上인 老葉보다는 葉齡이 25日에서 65日 範圍의 成熟葉이 CO₂의 固定量이 많았다.

한便本 × *P. albaglandulosa*가 30Klux 以上の 光強度에서 一般의으로 光合成 速度가 低下한 現象을 呈示하고 있는데 이것은 Daubenmire(1947)⁷⁾도 指摘했듯이 一般植物에 있어서 午前보다는 午後에 일어나는 光合成 速度의 低下한 傾向의 原因인 ①強日射, ②高氣溫, ③

葉內 水分의 減少 中 ①과 ③의 原因으로 推測된다.

CO₂ 補償點은 葉齡 5日의 幼葉이 가장 높았는데 그 原因이 어느 葉보다도 陽葉이기 때문인 것으로 思料되고 또한 CO₂補償點이 가장 낮은 葉齡은 35日의 成熟葉이다. 葉齡 15, 25, 45, 55, 65와 70日以上の 葉들은 大差없이 × *P. albaglandulosa*가 相當한 輻射下에서도 光合成 能力을 保有하는 樹種임을 示唆하여 준다.

葉齡別 最大 光合成과 暗呼吸率을 調査한 結果는

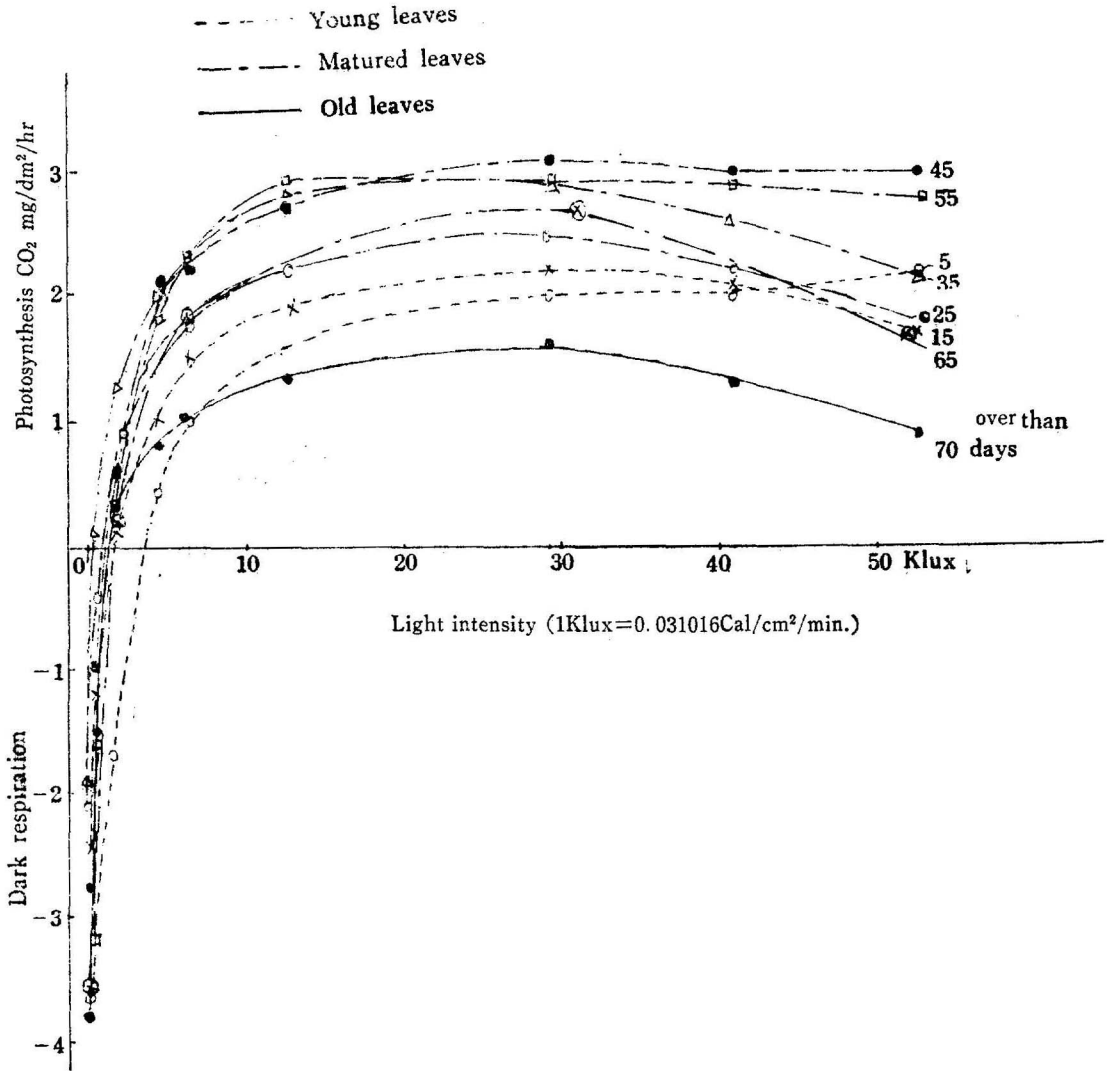


Fig. 4. Net photosynthesis and dark respiration of various aged leaf of ×*P. albaglandulosa* in relation to light intensity. Figures mean the days after leaf expansion. Temperature : 25°C

Table 1. Light saturation point and compensation point of ×*P. albaglandulosa* seedling in relation to leaf age.

Division	Leaf age	Day	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	Over than 71
		1-10							
Light saturation point		35 Klux	35	30	30	30	30	28	28
Compensation point		3.5Klux	1.5	0.8	0.5	1.2	1.3	1.5	1.4

Fig.5와 같이 老葉과 幼葉의 光合成 速度는 낮았다. 이것은 Furukawa (1973)⁷⁾는 CO₂固定酵素의 活性이 成熟葉보다 낮고 또 Mitochondria의 發達과 活性의 差異로 光呼吸에 差異가 생기기 때문이라고 報告하고 있고, 그리고 暗呼吸은 葉齡과 別相關性이 없는 것으로 시사

했으나 ×*P. albaglandulosa*는 暗呼吸과 葉齡이 깊어 밀접되어 있는 것을 볼 수 있다. 光合成과 暗呼吸 速度를 他樹種과 比較해보면¹⁰⁻¹⁵⁾ 光合成 速度는 작고 暗呼吸 速度는 매우 큰을 볼 수 있는데 Poplar類는 잎의 단위 面積當 光合成 速度가 非效率인 樹種에 屬하기

때문에 本 $\times P. albaglandulosa$ 도 이 部類에 屬하는 것으로 볼 수 있다고 思料된다. 또한 *Acer*와 *Quercus*는 單葉의 光合成 測定時 採取葉과 附着葉間에 光合成速度에 差異가 있음을 報告하고도 있어 앞으로의 비교 試驗이 必要하다.

그런데 葉齡이 25日以上の 것에서 65日 사이의 葉은 光合成 速度가 높았는데 그中 45日 葉齡의 것이 가장 높았다. 한편 暗呼吸 速度는 幼葉과 老葉이 높고, 光合成 速度가 높은 成熟葉이 낮았다. 이 特性은 本 供試樹種의 成長에 도움이 되는 原因이라 하겠다.

葉齡別 光合成과 暗呼吸 速度를 單木의 苗高 生長과 比較 觀察한 結果는 Fig. 6과 같다. 卽 溫度 25°C에서 飽和光度 29.3Klux로 測定한 值를 基準으로 볼 때 光合成 速度가 暗呼吸 速度보다 많은 葉齡은 大略 15~55日의 것으로서, 苗高 80~200cm에 해당하는 일들이라 할 수 있다. 따라서 苗高 80cm 以下の 일과 200cm 以上에 着生한 일은 同化物 生産보다 消耗가 클것인데 實際 여기에 크게 影響하는 因子로는 光度 및 晝, 夜間溫도와 地中 濕度로서 晝間에 얼마만한 時間동안 適正因子가 相互 交効作用을 하느냐에 따라서 光合成 速度가 높아질 것이다. 그래서 먼저 光度의 樹冠層別 分布를 光合成 測定時期에 가까운 맑은 날에 調査하여 Hagihara方法에 의한 一日變化 曲線을 Fig. 7과 같이

얻었다.^{14,15)}

供試木의 頂點을 相對照度 100%로 볼 때 200cm部位는 85%, 80cm部位는 35%이다. 따라서 土壤水分이 充分하고 25°C의 氣溫인 林地에서 光度 1Klux以上の 受光下의 枝葉은 蓄積의 生産 器官이라고 할 수 있다. Fig. 7은 苗高層別 1日中의 相對照度 變化를 산출한 結果이다. 一日 光度變化에서 맑은 여름날 補償點以上の 光度는 日出直後부터 日沒直前까지였으므로 80×80cm 程度 植栽密度, 換言하면 맑은날 지면에서 상대조도가 13.5%程度의 울폐林地에서는 光不足을 거의 느끼지 않는다. 그러나 흐린날 비오는 날에는 要求光에 훨씬 미달할 것이다.

한낮의 高溫, 高光度和 林地 水分不足에 의한 光合成의 低下現象을 除外하고 光合成 曲線도 이와 유사하게 推定된 예가 많다.

以上の 結果에서 光合成에 關與하는 因子가 許多하고 또한 그 因子間의 相互作用이 惹起되므로 종합적인 考察이 궁극적으로 이뤄져야 할것이다.

結 論

$\times P. albaglandulosa$ 의 成熟葉은 15°C~25°C 範圍에서 光合成 速度가 增大하는데 이 現象은 成熟葉에서 더 顯

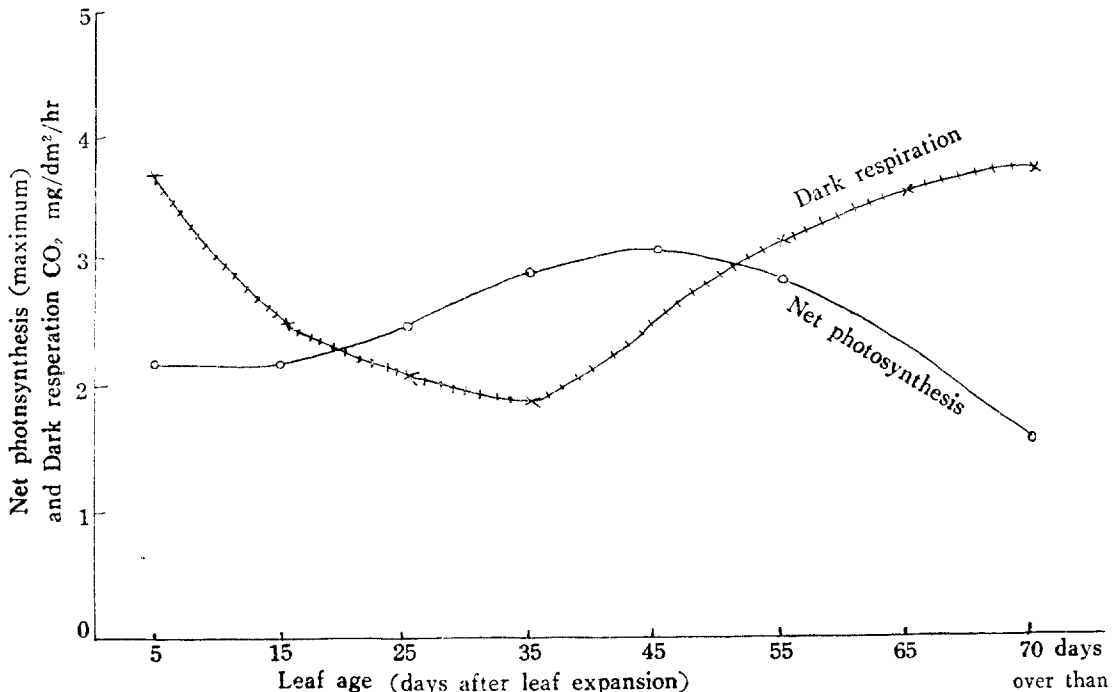


Fig. 5. Net photosynthesis and dark respiration of $\times P. albaglandulosa$ in relation to leaf age.

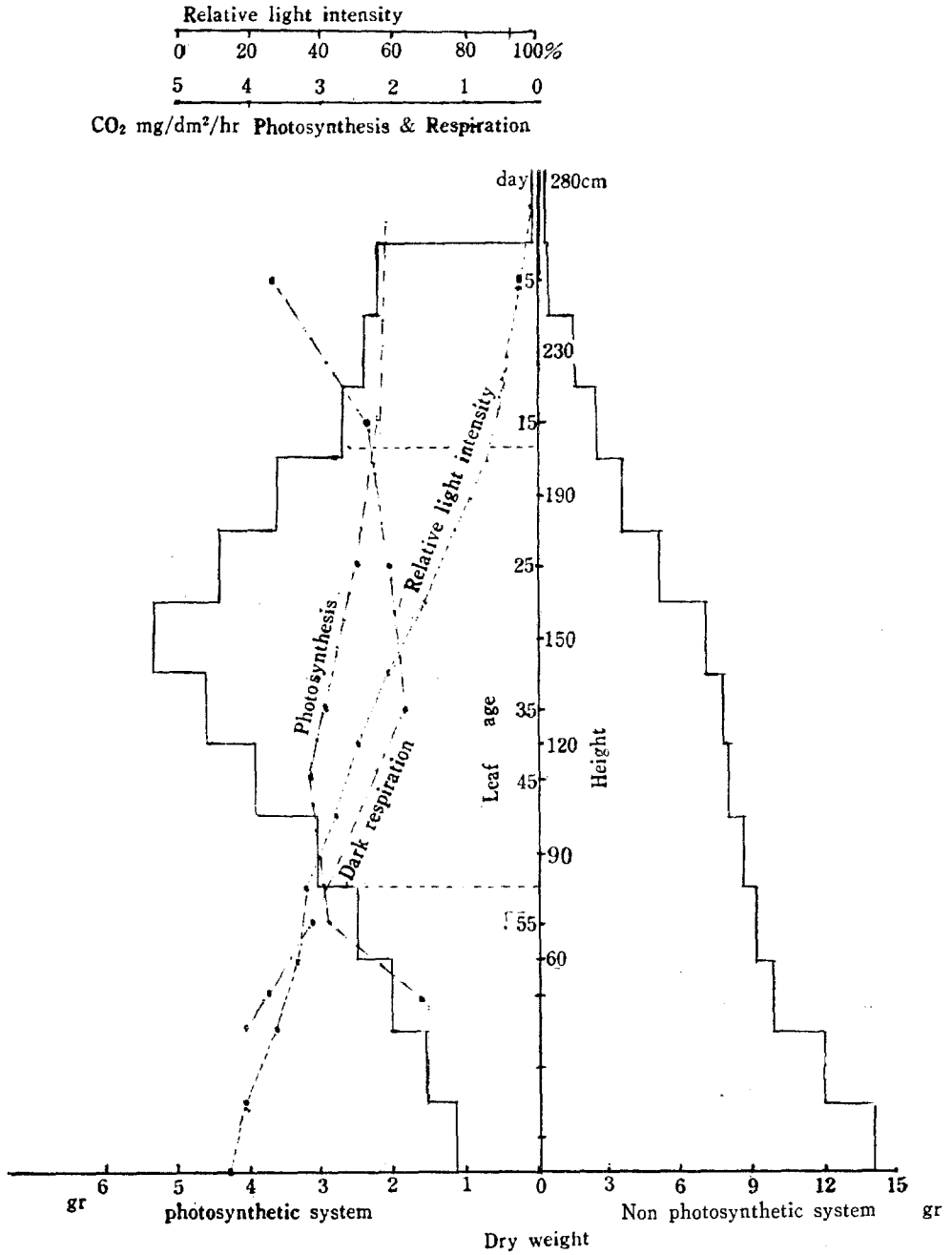


Fig. 6. The relation among photosynthesis, dark respiration, leaf age, height and production structure of × *P. albaglandulosa*

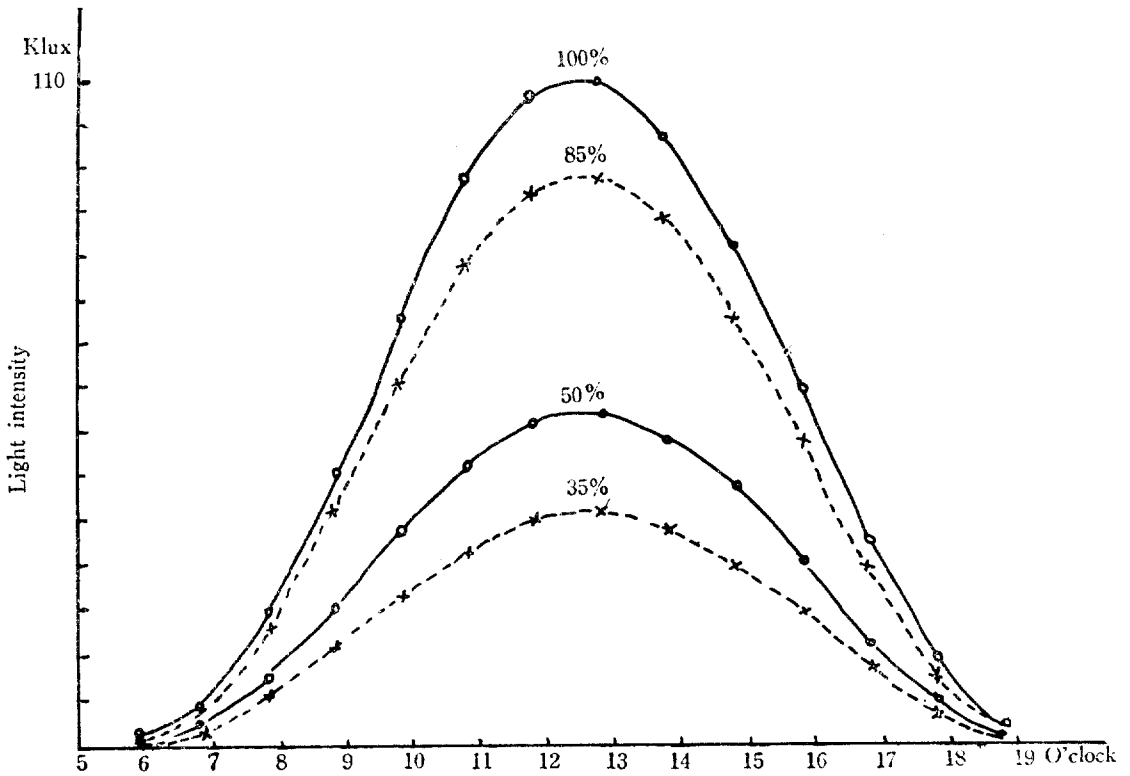


Fig. 7. The diurnal changes of light intensity on the 28th, August in canopy of \times *P. albaglandulosa* in relation to relative light intensity.

Relative light intensity : Height
 100% : 280cm
 85 : 200
 35 : 80

著하였다. 또한 幼葉은 CO_2 補償點이 높고 老葉은 飽和 光合成速度가 낮다. 그리고 光飽和點은 28~35Klux 範圍이다. 以上の 特性을 지닌 本交雜種은 全樹高의 약 1/3部位의 光의 相對照度가 35%程度의 을때를 維持하면 最大林木材積生産을 할 수 있어 新樹種에 對한 經濟的 造林方法의 提示는 크게 注目을 要한다고 볼 수 있다.

引用文獻

1. Bazzaz, F.A., J.S. Bayer. 1972. A compensating method for measuring carbon dioxide exchange, transpiration and diffusive resistances of plants under controlled environmental conditions. *Ecology*, 53(2) : 343-349.
2. Böhning, R.H., C. A. Burnside. 1956. The effect of light intensity on rate of apparent photosynthesis in leaves of sun and shade plants. *Amer. J. Bot.* 43(8) : 552-561.
3. Bravdo, B. 1972. Photosynthesis, transpiration, leaf stomatal and mesophyll resistance measurements by the use of a ventilated diffusion promoter. *Physiol. Plant.* 27 : 209-215.
4. Brittain, E. G., R.J. Cameron. 1973. Photosynthesis of leaves of some *Eucalyptus* species. *N. Z. J. Bot.* 11(1) : 153-162.
5. Cameron, R.J. 1970 a. Light intensity and the growth of *Eucalyptus* seedlings. I. Ontogenetic variation in *E. fastigata*. *Aust. J. Bot.* 18 : 29-43.
6. Cameron, R.J. 1970b. Light intensity and the growth of *Eucalyptus* seedlings. II. The effect of cuticular waxes on light absorption in leaves of *Eucalyptus* species. *Aust. J. Bot.* 18 : 275-284.
7. Daubenmire, R.F. 1947. *Plants and environment*. John Wiley & Sons, Inc. : 221-256.

8. Elfving, C., M. R. Kaufmann, A.E. Hall. 1972. Interpreting leaf water potential measurements with a model of soil-plant-atmosphere continuum. *Physiol. Plant.* 27 : 161—168.
9. Farmer, R. E. Jr. 1963. Effect of light intensity on growth of *Populus tremuloides* cuttings under two temperature regimes. *Ecology*, 44(2) : 409—411.
10. Furukawa, A. 1972. Photosynthesis and respiration in poplar plant. *J. Jap. For. Soc.* 54(3) : 80—84.
11. Furukawa, A. 1973. Photosynthesis and respiration in poplar plant in relation to leaf development. *J. Jap. For. Soc.* 55(4) : 119—123.
12. Furukawa, A. 1975. Comparison of photosynthesis, postillumination CO₂ outburst, and CO₂ compensation in poplar varieties, sunflower and bean. *J. Jap. For. Soc.* 57(8) : 286—274.
13. Gatherum, G. E., J.C. Gordon, B. F.S. Broerman. 1967. Effects of clone and light intensity on photosynthesis, respiration and growth of aspen-poplar hybrids. *Silvae Genetica*, 16(4) : 128—132.
14. 萩原秋男. 1973 a. 林木の光合成および呼吸(I) 葉齡におけるクロマツ葉の光合成能の差異. *日林誌*, 55(2) : 71—74.
15. Hagihara, A. 1973 b. Study on photosynthesis and respiration of tree (II). Diurnal change of photosynthesis in needles of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. *J. Jap. For. Soc.* 55(6) : 213—216.
16. Hari, P., O. Luukkanen. 1973. Effect of water stress, temperature, and light on photosynthesis in alder seedling. *Physiol. Plant.* 29 : 45—53.
17. Helms, J.A. 1965. Diurnal and seasonal patterns of net assimilation in douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii*(Mirb)Franco, as influenced by environment. *Ecology*, 46(5) : 696—708.
18. Hodges, J.D. 1967. Patterns of photosynthesis under natural environmental conditions. *Ecology*, 48(2) : 234—242.
19. Janes, B.E., G.W. Gee. 1973. Changes in transpiration, net carbon dioxide assimilation and leaf water potential resulting from application of hydrostatic pressure to roots of intact pepper plants. *Physiol. Plant.* 28 : 201—208.
20. Kelly, J.J. Jr. 1970. Dynamics of carbon dioxide and Productivity in arctic biosphere. *Ecology*, 51(1) : 73—80.
21. Ludwig, L. J., T. Saedi, and L.T. Evans. 1965. Photosynthesis in artificial communities of cotton plants in relation to leaf area. *Aust. J. Biol. Sci.* 18 : 1103—1118.
22. 朴尙根, 尹禾模. (1975). 아스파라가스의 生長에 따른 光合成과 呼吸에 관한 研究. *원예학회지*, 16(1) : 53—58.
23. Sweet, G.B., P.F. Wareing. 1966. Role of plant growth in regulating photosynthesis. *Nature*, 210(5031) : 77—79.
24. Sweet, G.B., P.F. Wareing. 1968. A comparison of the rates of growth and photosynthesis in first-year seedlings of four provenances of *Pinus contorta* Doug. *Ann. Botany*, 32(128) : 735—751.