

# 植物的 樹冠에 있어서 光의 遮斷과 吸收 Model에 關한 研究

張 楠 基 · 權 慶 五  
(서울大學校 師範大學 生物教育科)

## A Study on the Model of Light Interception and Absorption in Plant Canopies

Chang, Nam-Kee and Kyung-Oh Kwon  
(Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University)

ABSTRACT — 한국산림과학연구소  
1985년 3월 28일

The modeling of interception and absorption of light was studied in plant canopies at Mt. Kwana-k. Following results were obtained.

Light intensity passing through the stacked leaves is attenuated exponentially. This phenomenon seems to be more clearly applied to the plant canopies, if they have large cumulative leaf area and are matured densely.

Light interception and absorption are influenced by leaf thickness, leaf shape, leaf pigments, and leaf area, and they have great effect on the maturation of canopies.

It was confirmed that the light penetrating through the stratified canopies is decreased exponentially in dual pattern.

The cumulative leaf area of a definite space in a certain plant canopy is the same as the growth of leaf area of the canopy at that time.

A hypothetical model for calculating the light absorption in plant canopies, was established on the bases of phenomena that incident light is captured at the maximum level and light interception effect is minimized by leaves.

### 緒 論

공기나 물과 같은 均一한 媒質을 透過하는 單色光은 Lambert-Beer's Extinction Law에 따라 減少하는데 (Jones, 1983), 植物的 樹冠을 均一한 光 吸收體로 가정하여 이 法則을 適用시키면, 잎의 被覆層이 增加함에 따라 透過되는 光이 거의 指數的으로 減少하게 되므로, Monsi와 Saeki(1953)는 이로부터 吸光 方程式 (Extinction equation)을 유도하였다 (Larcher, 1975).

그러나 植物 樹冠에서의 Radiation modeling에는 光의 波長, 向日性, 散亂光, 樹冠의 不連續 등 고려해야 할 복합적인 요인들이 있다 (Jones, 1983).

赤外線은 잎에 대한 透過性이 비교적 強하기 때문에

에 따라 透過되는 光이 거의 指數的으로 減少하게 되므로, Monsi와 Saeki(1953)는 이로부터 吸光 方程式 (Extinction equation)을 유도하였다 (Larcher, 1975).

樹冠의 内部에는 光合成 有效光(Photosynthetically active radiation; PAR)보다 赤外線 部位의 光(the near-IR)이 더 풍부하다. Szeicz(1974)는 밑에서 葉面積 指數(Leaf area index; LAI)가 增加할수록 PAR의 吸光係數가 near-IR보다 2배 이상 增加된다는 것을 밝혔다는데, 이는 光이 樹冠內에 들어갈수록 當량량의 PAR이 吸收된다는 것을 의미한다.

종류 植物 등에서 볼 수 있는 向日性 運動(Heliotropic movement)은 잎의 受光量에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 光 透過 model이 훨씬 복잡하게 된다. Shackel과 Hall(1979)은 맑은 날 계속해서 入射光에 수직이 되게 잎의 方向을 맞추는 向日性 잎(Diaheliotropic leaf)이 水平狀態를 유지하는 잎(Horizontal leaf)보다 50% 이상의 直射光을 더 받을 수 있으며, 반면에 水分이 不足한(Water-stressed) 植物은 잎의 方向을 入射光과 평행하게 유지하는 背日性運動(Paraheliotropic movement)으로 受光量을 최대로 減少시킨다는 것을 밝혔다. Ehleringer와 Forseth(1980)는 一年生 沙漠植物 중 16科에서 잎의 向日性 運動을 관찰하였고, 生育에 適當한 期間이 짧아질수록 光 追跡(Solar tracking)을 나타내는 種類가 增加하며, 이러한 光 追跡 能力(Solar tracking ability)은 光合成 型(C<sub>3</sub>型, C<sub>4</sub>型)이나 分類上的 類緣關係도 無關하고, 또 一年生 植物 뿐만 아니라 沙漠의 일부 落葉性 多年生 植物에서도 관찰된다는 것을 밝혔다. 이러한 사실은 잎이 環境의 變化에 適應하는 現상으로, 잎이 物理적으로 投射되는 光을 그대로 受容하고 있지 않음을 말해 주는 것이라 할 수 있다.

樹冠에 도달하는 光은 直射光(Irradiance)과 散亂光(Diffuse skylight)으로 구분될 수 있는데, 한 方向에서 直射光을 받는 잎은 반대 方向에서는 散亂光에 露出될 수 있기 때문에, 주로 短波長의 光으로 이루어진 散亂光에 의해 照射되는 LAI가 直射光에 의해 照射되는 것보다 더 크다. Avaste의 理論적인 계산에 의하면, 흐린 날에도 散亂光(D)이 全 光線(T)의 1/3 내외 3/4정도이며, Cambridge에서 실시한 測定에 의하면 D/T는 항상 0.5 이상이였다(Szeicz, 1974). 森林이나 果樹와 같이 成熟에 소요되는 기간이 길고 樹木이 큰 경우는 最適 植栽 密度와 最大 生産성을 나타낼 수 있는 樹形을 결정하기가 용이하지 않기 때문에 葉簇(Foliage)이 無作爲의으로 分布하는 경우보다 樹冠에서의 光吸收와 光合成率을 나타내는 Modeling에 더 많은 어려움이 따른다. Jackson과 Palmer(1979)는 植栽 間隔,

配列 狀態, 樹形 그리고 生育에 따른 剪枝등을 고려하여 不連續적인 樹冠(Discontinuous canopy)을 透過하는 光(T)을 두 부분으로 나누었다.

중 樹木 사이를 통과해 버리는 光(T<sub>f</sub>)과 樹冠內를 透過하는 光(T<sub>c</sub>)으로 구분하고(T=T<sub>f</sub>+T<sub>c</sub>), 樹冠內를 透過하는 光은 Lambert-Beer의 法則이 適用되는 것으로 생각하여, 果樹의 不連續적인 樹冠에서의 光透過를 算出하는 式[T=T<sub>f</sub>+(1-T<sub>f</sub>)e<sup>-kL'</sup>; 樹冠內의 吸光係數, L'; 果樹의 LAI]을 유도하였다.

이는 Monsi와 Saeki의 式이 모든 樹冠의 光 透過에 그대로 適用될 수 없으며, 樹冠의 形態나 構造에 따라 變形된 式을 適用시키는 것이 타당함을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

本 研究는 樹冠에 따라 光의 遮斷과 吸收가 달라질 수 있음을 확인하고, 이에 따른 Model을 理論적으로 設定하기 위해 실시하였다.

## 材料 및 方法

### 材料植物

光의 세기(light intensity) 測定, LAI의 算出, 植物 樹冠의 調査등에는 冠岳山(서울大學校 構內)의 한 地所를 택하여 그 곳의 植物들을 이용하였다. 이들 材料植物은 소나무(*Pinus densiflora*), 신갈나무(*Quercus mongolica*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 생강나무(*Lindera obtusiloba*), 후박나무(*Machilus thunbergii*), 붉나무(*Rhus chinensis*), 병꽃나무(*Weigela subsessilis*), 메억순나무(*Tripterygium regelii*), 달쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*), 달뿌리풀(*Phragmites prostratus*) 소테나무(*Picrasma quassoides*) 등 9科 11種이다.

### 光의 세기(light intensity) 測定

調査 地所에서 1984년 5월~8월 사이에 맑은 날을 택하여 12.00~14.00時 경에 測定하였으며, Universal Radiation Meter(YSI-Kettering, Model 65A Radiometer)를 Sensor로 사용하였다.

### 葉面積 指數(LAI)의 算出

소나무: 2장의 잎을 서로 마주 보는 면끼리 붙여서 楕圓體로 만든후, 그 中央部에 길이 1~1.5cm되게 印朱를 線狀으로 칠하고, 이를 종이 위에서 완전히 한바퀴 굴러 印朱가 묻어 나온 두 線 사이를 측정하여 楕

圓體의 둘레를 구한다. 다음에는 마추 붙인 두 면을 서로分離시켜 印朱를 칠한 후 종이 위에 눌러 印朱가 묻은 幅을 측정한다. 이들 측정치와 길이의 측정치로 葉面積을 구하는 方法으로 102장의 葉面積을 구하여 回歸直線의 式을 얻었다. LAI의 算出에 使用한 葉은 33×33×100cm의 立體 小方形區를 使用하여 體長別로 採取하였으며, 回歸直線(Fig. 1)으로 구한 全 葉面積을 單位地面積 當으로 환산하여 體長別 LAI를 算出하였다. 길이와 幅의 측정에는 일반 나무용 자(尺)를 使用하였으며, mm이하는 目測으로 하였다.

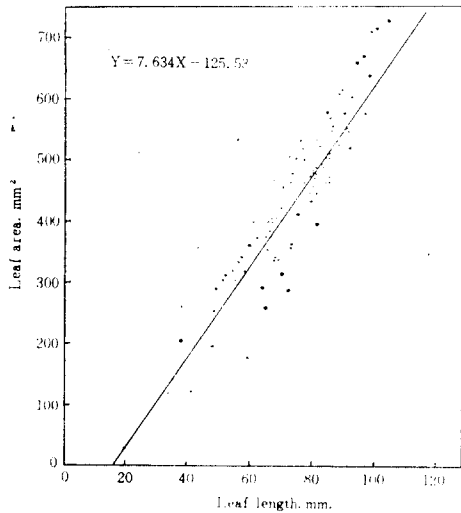


Fig. 1. Regression equation and line for measurement of leaf area in *Pinus densiflora*.

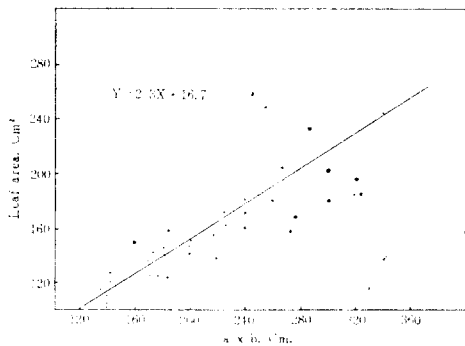


Fig. 2. Regression equation and line for measurement of leaf area in *Parthenocissus tricuspidata*. a : the major diameter of the leaf, b : the minor diameter of the leaf.

납땀이 塗布 : 無作爲的으로 採集한 36장의 葉으로 長徑(a)과 短徑(b)을 測定한 후, 종이 위에 올려놓고 그 주변을 Tracing한다. Planimeter로 이들의 葉面積을 구해서 얻은 回歸直線(Fig. 2)을 LAI의 算出에 使用하였다.

갈대 · 소나무 · 불나무 · 졸참나무 : 33×33cm의 小方形區 內의 葉을 採取하여 그 주변을 Tracing하고, Planimeter로 葉面積을 구한 후 單位面積 當으로 환산하였으며, 갈대의 경우는 體長別 LAI를 구하였다.

結果 및 論議

잎의 光 透過

환경의 葉이 光을 透過하는 정도를 알아 보기 위해 採集한 葉을 Sensor 1에 올려놓고 透過한 光의 세기를 測定해 본 結果는 Table 1과 같았다. 外觀上으로 보아 어린잎(실갈나무)이나 葉 色素가 적은 葉(생강나무)은 葉 色素가 많거나 成熟한 葉(후박나무, 갈대)에 비해 透過率이 다소 높았으나 대개 10~30% 정도였다. 葉을 透過한 光은 세기가 減少할 뿐만 아니라 可視光線에서는 Green band만 一部 透過시키고 나머지는 透過시키지 않는 葉을 고려한다면, 葉을 透過한 光만으로는 光合成이 거의 불가능할 것으로 생각된다.

採集한 葉과 Sensor간의 距離를 變化시키면서 葉을 透過한 光을 測定해 본 結果(Fig. 3)에서는 面積이 넓은 葉이나 成熟한 葉(후박나무, 생강나무)은 距離와 관계없이 비교적 透過率이 낮고 一定하며, 面積이 좁은 葉(갈대)은 일정 距離 이상에서 光의 세기가 급격히 增加하는 것으로 나타났다. 이는 光의 遮斷效果가 葉의 面積에 의해 크게 좌우되며, 특히 面積이 좁은 草本의 경우는 多量의 散亂光이 葉 부분까지 流入될 수 있음을 보여준 것이다.

또 이러한 結果는 葉의 두께, 色素, 面積, 含水量등에 따라 光의 透過度가 달라지 樹冠의 形成에 영향을 줄 수 있을 것이라는 생각을 갖게 해 준다. 즉 光의 反射는 葉의 두께에 의해 큰 영향을 받지 않으나, 光의 透過는 葉 色素와 含水量에 따라 큰 영향을 받는데, 대부분의 葉에서는 葉 色素가 可視光線을 吸收하므로 反射光에는 可視光線이 缺如되어 있고, 또 葉 色素가 缺乏된 葉의 部位에서는 Near-infrared와 함께 可視光線의 대부분이 反射된다.

그리고 두께가 다른 두層(1.0cm, 0.1cm)의 물에서의 光 透過 실험으로 얻은 물의 吸收 Band는 葉의 吸

收 Band와 그 部位가 같았다(Woolley, 1971).

따라서 잎의 面積이 넓고 透過度가 작은 후박나무의 같은 것은 한 위치에 부착된 잎들이 서로 겹치지 않을 수 있는 작도를 그대로 유지하면서 分布하는 것으로 생각된다.

光이 한장의 잎을 透過할 때는 冊狀組織으로부터 海綿組織으로 指數的인 減少를 나타내는 것으로 설명되고 있는데, 여러 장의 잎을 쌓아 놓았을 때 光이 透過하는 경향을 파악하기 위해, Sensor 1에 잎을 한장씩 계속 겹쳐놓으면서 光의 세기를 測定한 결과는 Fig. 4와 같았다. 즉 쌓아 올린 잎의 數가 增加함에 따라 光의 세기는 指數的으로 減少되는 현상을 나타냈다. 이러한 경향은 생강나무와 담쟁이덩굴의 잎을 直射光이 비치는 곳과 그늘진 곳에서 같은 방법으로 測定해 본 경우에도 그 결과가 같았다(Fig. 5). Woolley(1971)는 두꺼운 잎(Thick leaf)과 겹겹이 쌓아 놓은 잎(Stacked leaves)이 나타내는 Infrared reflectance curve가 서로 類似하나, 쌓아 놓은 잎 사이에 oil을 주입시키 공기를 제거한 경우에는 더욱 類似해 있음을 실험으로 밝혔다. 이러한 사실은 光이 잎과 잎 사이의 間隔이 좁고, LAI가 높은 발달된 樹冠을 透過할 때는, 겹쳐놓은 잎의 경우처럼 指數的으로 減少하면서 透過할 것이라는 생각을 가지게 해 준다.

樹冠에서의 光透過

Fig. 6은 갈대와 소나무의 層別 葉面積과 光 透過를 측정할 結果이다. 모두 중간 정도의 높이에서 잎이 잘 발달되어 있으며, 이 높이에서 LAI(Table 2)가 더 높은 소나무가 보다 많은 光을 透過하고 있음은 잎이 針葉이기 때문이라 생각된다. 張과 李(1983)는 역세에서는 잎이 群落의 下層部에 발달하는 데 비해 갈대는 中層部에 발달하는 이유를, 갈대의 경우는 키가 어느정도 커지면 群落內로 透過하는 光이 제한되어 同化能力이 減少되고 밑부분의 잎이 枯死하기 때문이라고 말하고 있다. 그러므로 針葉인 소나무의 경우는 光의 遮斷效果가 적어 어린 잎이 성장해도 비교적 많은 光이 下層部까지 도달할 수 있어서 높은 LAI를 가지게 되는 것으로 볼 수 있다.

잎이 수직적으로부터 떨어진 상태에서 光을 透過하는 현상을 알아보기 위해, 생강나무와 메억순나무의 잎을 裸地面으로부터 각각 150cm(1st leaf)와 100cm(2nd leaf)되게 投射光과 垂直으로 排列시켜 놓고 光의 세기를 測定해 본 결과는 Fig. 7과 같았다. 생강나무

Table 1. Relative light transmittance of single leaves

Species	Korean name	Relative light transmittance(%)
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	32.19
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	31.50
<i>Machilus thunbergii</i>	후박나무	10.04
<i>Phragmites prostratus</i>	달뿌리풀	17.27
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	담쟁이덩굴	23.50

Table 2. Leaf area index

Species	Korean name	LAI
<i>Picrasma quassioides</i>	소테나무	1.3
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	담쟁이덩굴	2.7
<i>Phragmites prostratus</i>	달뿌리풀	7.8
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	9.8
<i>Rhus chinensis</i>	붉나무	3.1
<i>Quercus serrata</i>	줄참나무	2.1

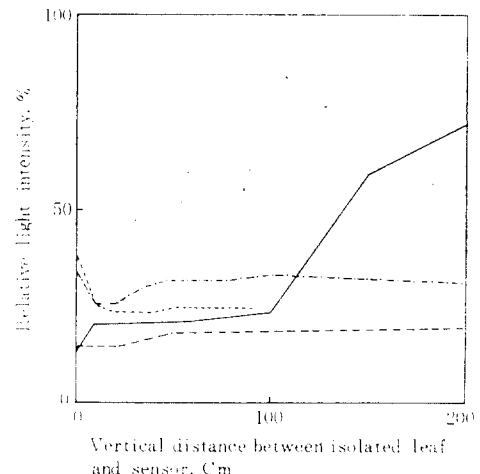


Fig. 3. Relative light intensity of isolated leaves by vertical distance between leaf and sensor.

- : *Phragmites prostratus*.
- - - - - : *Lindera obtusiloba*.
- ..... : *Quercus mongolica*.
- · - · - : *Machilus thunbergii*.

와 메억순나무의 첫번째 잎에서는 裏面의 光의 세기가 表面보다 각각 74.4%, 73.1%씩 減少하였으므로, 裏面

에서 밑어짐에 따라 점차 增加하여 두번째 잎의 表面은 첫번째 잎의 表面보다 각각 55.7%, 55.1%씩 減少된 상태였으나, 첫번째 잎의 裏面보다는 각각 65.0%, 66.7%가 增加하였다. 이 增加의 原因은 50cm의 間격(공간)을 통해서 주변의 散亂光이 流入된 결과로 볼 수 있다.

두번째 잎의 경우도 裏面이 表面보다 각각 75.8%, 75.0%씩 減少하여 첫번째 잎의 경우와 매우 類似하였고, 또한 잎에서 밑어짐에 따라 流入되는 散亂光에 의해 光의 세기가 다시 增加하는 현상을 보여주었다.

이러한 결과는 잎이 매우 致密하게 발달한 樹冠과 그렇지 못한 樹冠은 光이 透過하는 樣相이 달라질 수 있음을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

光이 層을 이루고 있는 樹冠을 透過할 때 變化하는 현상을 확인하기 위해 上層은 樺나무(Canopy 1), 下層은 椴나무와 벚꽃나무의 一部(Canopy 2)가 層狀構造를 형성하고 있는 群落에서, 樹冠部로부터 林床部까지 20cm 間격으로 光의 세기를 測定하고 LAI를 算出해 보았다(Fig. 8). Canopy 1의 最上部에서는 投射光이 LAI가 1.2인 葉層을 透過하면서 급격하게 減少하

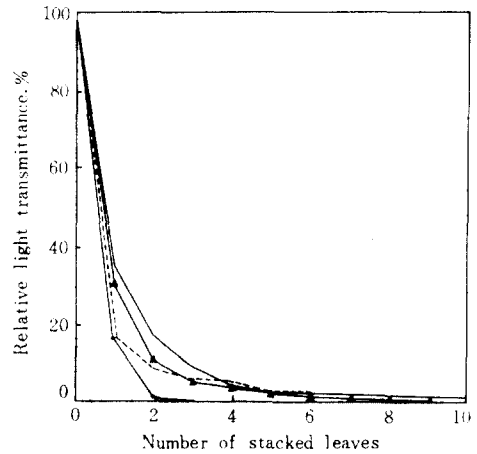


Fig. 4. Relative light transmittance of 4 different kinds of leaves according to the stacked leaf numbers.

- : *Quercus mongolica*.
- ▲-▲-▲-▲- : *Lindera obtusiloba*.
- - - - : *Machilus thunbergii*.
- · · · · : *Phragmites communis*.

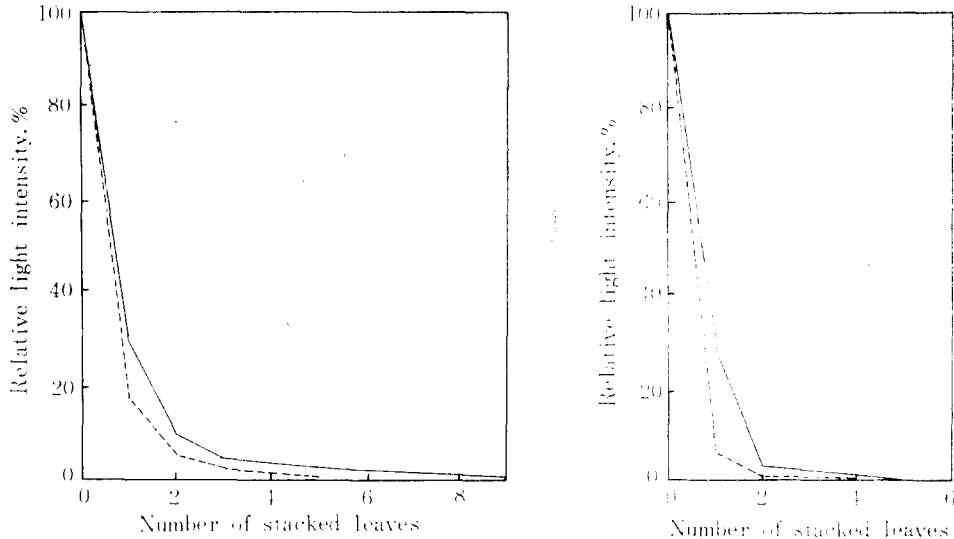


Fig. 5. Relative light intensity of different stacked leaf numbers in *Lindera obtusiloba*(left) and *Parthenocissus tricuspidata* (right). Measurements were made in light (solid line) and shadow (dotted line).

고(69.5%), 이어서 LAI가 1.2, 0.6, 0.1인 葉層을 透過하면서도 계속 減少하나 그 率은 매우 낮았다(7.6~10.8%). 光이 다시 椴나무와 벚꽃나무의 一部가 混在한 Canopy 2를 透過하기 까지는 光의 세기가 다소

增加하였다가 Canopy 2를 透過하면서 다시 減少되는데(10.3%), 이는 Canopy 1에서 投射된 光이 처음으로 하나의 葉層을 透過한 後 그 다음의 葉層을 계속 透過할 때 減少되는 率과 매우 비슷하였다.

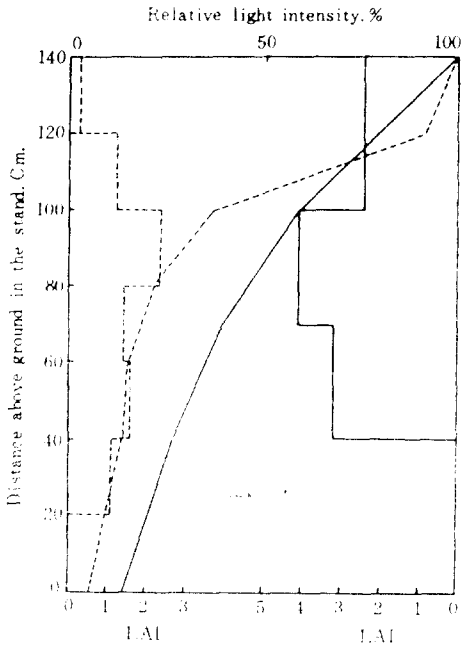


Fig. 6. Relationship between leaf area and relative light intensity by plants height in the stands of *Pinus densiflora* (solid line) and *Phragmites prostratus* (dotted line).

이러한 길과는 投射光이 層狀構造를 形成한 樹冠을 透過할 때, 上層의 樹冠에서는 減少幅이 매우 크고, 이어서 下層의 樹冠을 透過할 때는 減少幅이 작은, 二元的인 現象을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

또 草本인 階에서는 光이 透過할 때 上層部에서 비교적 완만하게 減少하는데 비해 (Fig. 6), Canopy 1의 最上層部에서는 급격한 減少현상을 나타내고 있는데, 이는 Canopy 1의 最上層部를 이루고 있는 풀나무의 잎이 水平的인 分布를 하고 있기 때문이다. 이는 光이 樹冠을 透過하는 양상이 樹冠内の 잎의 分布 등에 따라 달라질 수 있음을 의미하는 것이다.

樹冠의 葉層에 의한 光의 吸收 理論

Monsi와 Saeki(1953)는 理想的인 植物 群落에서 單位空間內的 葉面積이 잎에 의해서 統計學的 分布를 하고 있다고 가정하였으나, 本 研究에서는 節間거리, 가지가 뻗어나는(分枝) 모양, 줄기에 잎이 달리는 방법 등과 같은 잎이 光을 가장 效率的으로 받을 수 있도록 발달하는 生物學的인 現象에 근거를 두었다.

生態學的으로 成熟한 植物 群落에서 林床面積에 대

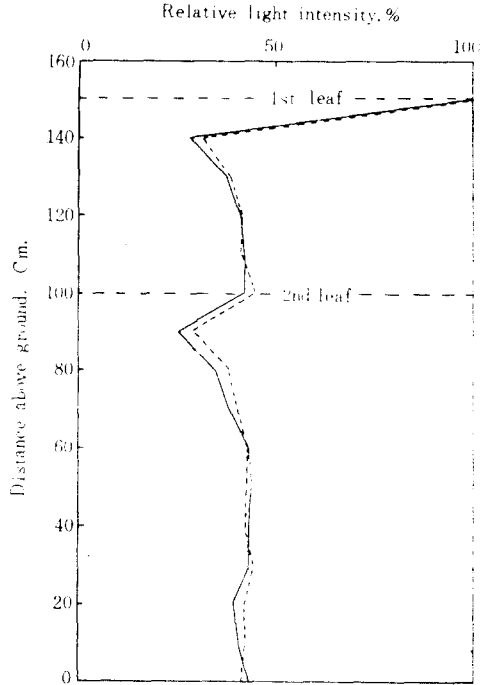


Fig. 7. Vertical changes of relative light intensity between two leaves in *Lindera obtusiloba* (solid line) and *Tripterygium regelii* (dotted line).

한 垂直的인 柱形的 單位空間을 생각하면, 이 單位空間內에 面積  $f$ 의 잎이 존재하여 光이 入射하는 單位空間을 遮斷하고 있다. 그러므로 잎은 가능한 한 겹치지 않고 光을 최대한으로 받을 수 있게 多樣하게 뻗은 가지에 對生, 互生, 輪生 등으로 달리 있다.

植物 群落의 均質한 樹冠에서 光 吸收의 역할은 주로 葉身에 의해서 이루어진다고 생각하고 줄기나 葉柄 등은 무시한다.

植物 群落의 任意的 單位空間에서 層別 採取法(Gaird, 1945; Monsi and Saeki, 1953)으로 單位空間을 遮斷하는 葉面積을 層別로 조사하여 最上層으로부터 下層에 이르는 累積 葉面積을 계산하면, 이는 Fig. 9에서 보는 것과 같이 그 時點에서 그 樹冠을 構成하고 있는 葉面積의 生長량이 된다. 따라서 (1)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(h) = \frac{F}{1 + ae^{-kh}} \dots \dots \dots (1)$$

- (1)식에서  $f(h)$ ;  $h$ 의 獨立 變數로 表示되는 葉面積의 生長量(葉面積指數)
- $h$ ; 樹冠으로부터 아래로 測定한 높이
- $F$ ; 葉面積 生長의 極大值
- $a$ ; 常數
- $k$ ; 葉面積의 生長係數

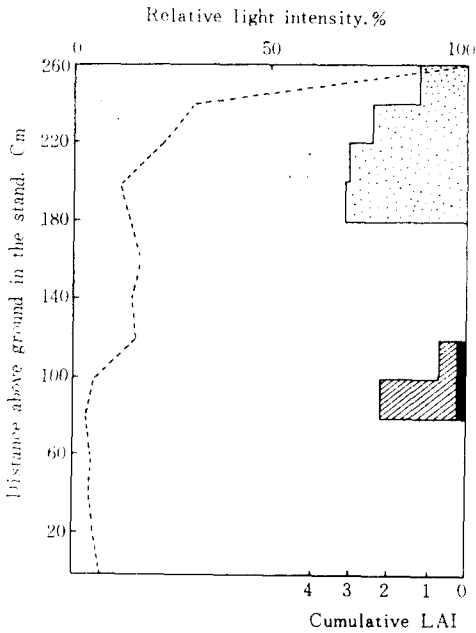


Fig. 8. Relative light intensity according to the cumulative leaf area in stratified plant community dominated by *Rhus chinensis* (dotted) *Quercus serrata*(hatched) and *Weigela subsessilis* (blacked).

그리고 植物 群落의 表面層에 入射된 光은 주로 植物의 光合成部分인 잎에 吸收되어 遮斷되어 버리고 점차 減少하여 植物 群落의 地表面에 도달한다. 이 현상

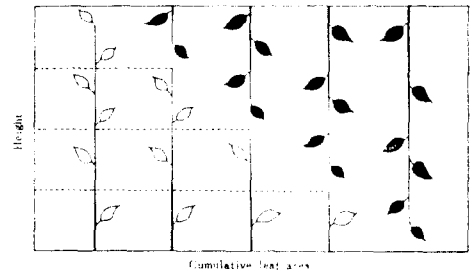


Fig. 9. The relationship between the growth of leaf (black leaf) and the cumulative leaf area (white leaf).

에 대해서 Monsi와 Saeki(1953)는 光이 葉層에 吸收되어 Lambert-Beer의 法則에 따라 減少한다고 보았다. 그러나 葉面積에 光이 들어오는 單位空間을 最大로 유지시키고, 光을 가장 效率的으로 遮斷하면서 吸收한다고 가정하면, Fig. 10에서 보는 바와 같이 생각할 수 있고, (2)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$I(h) = \frac{I_0}{1 - be^{-cf(h)}} \dots\dots\dots(2)$$

- (2)식에서  $I_0$ ; 樹冠 表面에서의 光의 세기
- $I(h)$ ; 樹冠 表面으로부터  $h$ 높이 되는 곳의 光의 세기
- $b$ ; 常數
- $c$ ; 遮光係數
- $f(h)$ ; 樹冠 表面으로부터  $h$ 높이 까지의 累積 葉面積(葉面積指數)

그런데, 群落의 樹冠에 入射된 光이 일단 잎에 의해

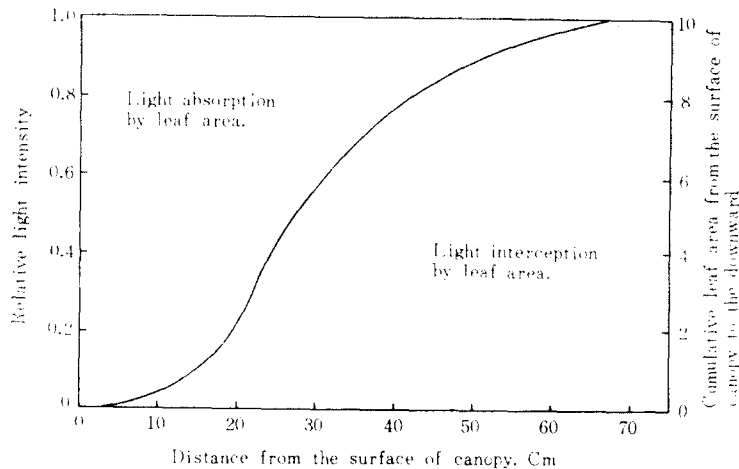


Fig. 10. The relationship between light absorption and interception by cumulative leaf area in accordance with the height of canopy.

遮斷되던 이는 Seybold가 *Sagittaria monteridensis* 를 재료로 하여 밝힌바와 같이(坂村, 1954) Lambert-Beer의 法則에 따라 吸收된다.

### 摘 要

冠岳山の 여러가지 植物의 樹冠에서 光의 遮斷과 吸收 Model을 設定하기 위해 調査 研究한 結果는 다음과 같다.

光이 겹겹이 쌓인 잎의 層을 透過할 때는 그 새기가 指數的으로 減少하는 현상을 나타낸다. 累積 葉面積이 매우 크고 잎이 緻密하게 발달된 樹冠이라면, 이러한 현상이 適用될 수 있을 것이다.

잎의 형태와 두께, 잎色素, 葉面積등은 光의 遮斷과 透過에 큰 영향을 주며, 樹冠의 발달은 이들에 의해 큰 영향을 받는다.

光이 層을 이룬 樹冠을 透過할 때는 指數的 減少된 상을 二元的으로 나타낸다는 것을 확인하였다.

植物 群落内の 任意的인 單位空間内の 累積 葉面積은 그 時點의 樹冠을 構成하고 있는 葉面積의 生長量이 된다.

그러므로 잎이 單位空間內로 들어오는 光을 最大로 유지하고, 光의 遮斷效果를 極小化하는 현상에 근거하여, 樹冠內에서의 光 透過를 算出할 수 있는 理論的인 Model을 設定하였다.

### 參 考 文 獻

張楠基·李性圭, 1983. 韓國의 植生에 있어서  $C_3$ ,  $C_4$  및 CAM植物의 分類, 生産力 및 分布에 關한 研究. II.  $C_3$ 와  $C_4$ 型 植物의 物質生産과 生産力. 韓生熊會誌, 6(2) : 114~127.

- 坂村徹, 1954. 植物生理學. 上卷. 裳華堂. 東京. pp. 341~344.
- Ehleringer, J., and I. Forseth, 1980. Solar Tracking by Plants. *Science*, 210 : 1094~8.
- Gaird, R.W., 1945. Influence of Site and Grazing Intensity of Yields of Grass Forage in the Texas Panhandle. *Journal of Forestry*, 43 : 45~49.
- Jones, H.G., 1983. *Plants and Microclimate*. Cambridge University Press, Cambridge and London. pp. 14~35.
- Jackson, J.E., and J.W. Palmer, 1979. A Simple Model of Light Transmission and Interception by Discontinuous Canopies. *Annals of Botany*, 44 : 381~3.
- Larcher, W., 1975. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York. pp. 9~19.
- Monsi, M., and T. Saeki, 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany*, 14 : 22~52.
- Szeicz, G., 1974. Solar Radiation in Crop Canopies. *Journal of Applied Ecology*, 11 : 1117~56.
- Shackel, K.A., and A.E. Hall, 1979. Reversible Leaflet movements in Relation to Drought Adaptation of Cowpeas, *Vigna unguiculata*(L.) Walp. *Australian Journal of Plant Physiology*, 6 : 265~76.
- Woolley, J.T., 1971. Reflectance and Transmittance of Light by Leaves. *Plant Physiology*, 47 : 656~662.

(1984年 11月 30日 接受)