

いろいろな光強度で生育した *Shorea talura* 苗 の光—光合成曲線

森川 靖⁽¹⁾・井上 敏雄⁽²⁾・佐々木 恵彦⁽³⁾

Yasushi MORIKAWA, Takao INOUE and Satohiko SASAKI : Light-
Photosynthesis Curves in *Shorea talura* Seedlings Grown
under Various Light Intensities

要 旨 : *Shorea talura* のメバエを約100日間、29klux, 13.5klux, 2.7klux, 0.7kluxの光条件で育てた。節間は弱光処理ほど長く、マレーシア現地での調査結果と一致した。二次葉の単位面積あたりの重さは弱光処理ほど小さくなった。みかけの光合成における光補償点は弱光処理苗ほど低かった。弱光処理苗では、弱光域で光合成能率のたかい陰葉型の光—光合成曲線をえた。こうした陰葉型の光合成特性は温帯林樹木のそれとおおきなちがいがなかったが、光飽和照度が著しく高かった。このことは *Shorea talura* の光合成における強光への適応が陰葉化した葉でも消失しないと考えた。

は じ め に

樹木の光合成特性は温帯林樹木についてしらべられたものが多く、熱帯林樹木については測定例¹⁾²⁾³⁾が大変少ない。その理由として、熱帯現地での光合成測定に困難な点が多いことや測定材料の調製がむずかしいことなどがあげられよう。したがって、環境調節施設内で熱帯樹木を育成し、環境前歴のわかっている材料について光合成をしらべることは、熱帯樹木の生理的特性をしるうえで重要なてがかりとなるように思われる。

ここでは、*Shorea talura* の苗をいろいろな光強度に調節された環境調節装置内で育て、光前歴の異なる苗の光合成をおもにしらべた。

Shorea talura は Dipterocarpaceae (フタバガキ科) の *Shorea* 属の *Anthoshorea* 亜属に分類されている。アジア大陸南部 (タイ, ビルマ, ベトナム) からマレー半島の中部まで分布し、フタバガキ科の種としては比較的北方に分布している種である⁴⁾。環境適応性がたかく、乾燥、低温にも耐性があり、山火事に対する耐性もあるといわれている⁴⁾。したがって、*Shorea* 属のなかでも *Shorea talura* はマレーシアなどの地域で造林可能な樹種⁵⁾と考えられており、その人工造林技術や天然更新技術の開発が望まれている。*Shorea talura* 苗の光合成特性の知識は、こうした技術開発の基礎的な資料として重要と思われる。

なおこの研究は、林業試験場・熱帯農業センター共同プロジェクト「熱帯における造林技術の確立」および林業試験場指定研究「森林生産における光環境の有効利用」の一部である。

材 料 と 方 法

マレーシア産の *Shorea talura* のタネを人工培土パーミキュライトのはいった育苗箱 (32×20×17cm)

に 1977 年 4 月 9 日にまきつけ、日長 16 時間、室温 25°C、照度 50 klux の人工気象室内人工光室にいた。

発芽後初生葉の展開したメバエをパーミキュライトのはいた塩ビ製ポット（直径 12 cm、高さ 20 cm）に 4 月 25 日にうえ、5 月 18 日に被陰処理を開始するまで育てた。

被陰処理は、人工気象室内環境調節装置（コイトロン KG 型）2 室のなかに、各室 2 つの鉄製ワク（120×150×85 cm）をいれ、ワクの底部を除いた全面を遮光用中性塩ビフィルムでおおった箱を用いた。このばあい、温湿度の調節された空気が箱の下部から入り、箱上部の両側のすきまからでるようにした。

被陰は苗上の明るさで 29 klux（光合成有効放射で $14.9 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）、13.5 klux（ $6.92 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）、2.7 klux（ $1.38 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）および 0.7 klux（ $0.359 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）の 4 処理とした。

環境調節装置内の環境条件は、16 時間日長、25°C（照明時）20°C（暗黒時）、湿度 75% 一定とした。

8 月 30 日から 9 月 2 日にかけて、各ポット苗の地上部の光合成を測定した。小型の環境調節装置内に用意した内容積 1.1 l の円筒形同化箱に苗の地上部だけが入るようにした。同化箱のうえに透明アクリル箱をおき、深さ 8 cm の水をはって、光源からの熱線による同化箱内の温度上昇を防いだ。光強度は同化箱上で 49 klux（ $25.1 \times 10^3 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）であった。光—光合成曲線をえるため、アクリル箱のうえに遮光用中性塩ビフィルムをかけ、同化箱に入る光強度を調節した。

同化箱内の温度は光合成測定のあいだ熱電対でしらべ、同化箱内の温度が 23°C になるように、小型環境調節装置内の空気温度を調節した。

同化箱内の通気量は $0.7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ としたが、0.7 klux 処理の苗については、苗が小さかったので $0.5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ とした。通気空気中の湿度が光合成測定の限定要因とならないように、通気空気は一度水層をとおし、湿った空気が同化箱に入るようにした。

同化箱をとおった空気中の炭酸ガス濃度を赤外線ガス分析計（島津製作所製 URAS II 型）を用いて測定し、苗地上部のみかけの光合成を計算した。

光合成の測定終了後、苗の高さを測定し、苗の葉を切りとって葉面積を測定したのち、葉を 80°C の乾燥器にいれ乾燥重量を求めた。

結 果 と 考 察

発芽およびメバエの成長

Shorea talura の種子は 3 枚の大きな羽根をもった種子（写真 1）で、*Shorea* 属のなかでは比較的堅い種皮で包まれ、種皮には樹脂が多い。吸水後、種皮がたてに割れ、幼根が突出してくる（写真 2）。種子の発芽はいわゆる Hypogeal（子葉が地中に残る）のため、子葉の葉柄が極度に伸長し、葉柄のつけ根に頂芽が発達する。胚軸はほとんど発達せず、葉柄のつけ根のすぐ上へ胚軸が伸長をはじめ、対生の初生葉を形成する。その後の二次葉は互生となる。子葉は展開せず、常に種皮に包まれている。*Shorea* 属のほとんどが子葉を展開し胚軸が発達する（Epigeal）のに対して、この実験で用いた *Shorea talura* と *Shorea robusta* の 2 種だけが Hypogeal になっている。

被陰処理苗の特徴

苗高成長は 13.5 klux 処理がもっともよく、0.7 klux 処理では 3 か月間で 2 cm 程度の成長しかみられなかった（写真 3、図 1）。節間は光強度処理が弱くなるほど長かったが、0.7 klux 処理のばあい、節

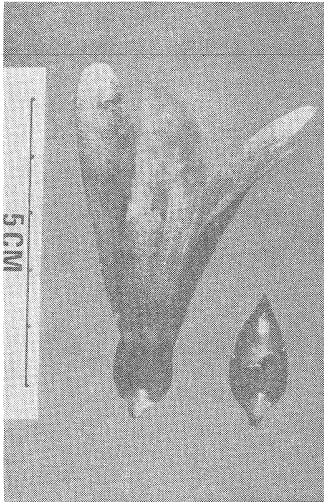


Photo. 1 *Shorea talura* の種子
Seed of *Shorea talura*.

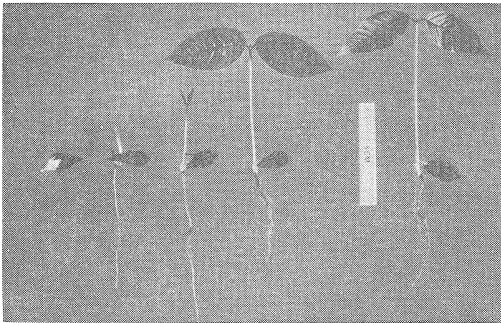


Photo. 2 *Shorea talura* 種子の発芽
と初生葉の展開
Seed germination and seedling
development in *Shorea talura*.

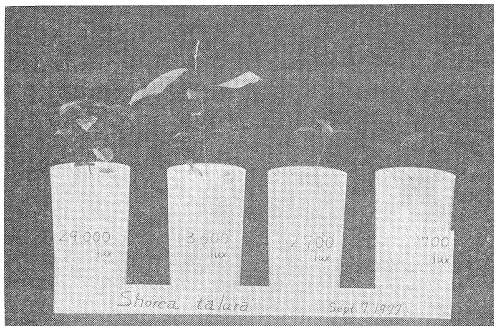


Photo. 3 光処理苗の形状
Shorea talura seedlings grown
under various light intensities.

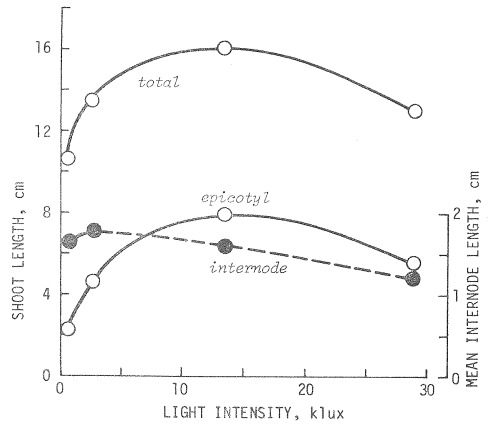


Fig. 1 光条件と苗高、上胚軸長、節間長との関係

Total height, epicotyl length above primary leaves and internode length of *Shorea talura* seedlings grown under various light intensities.

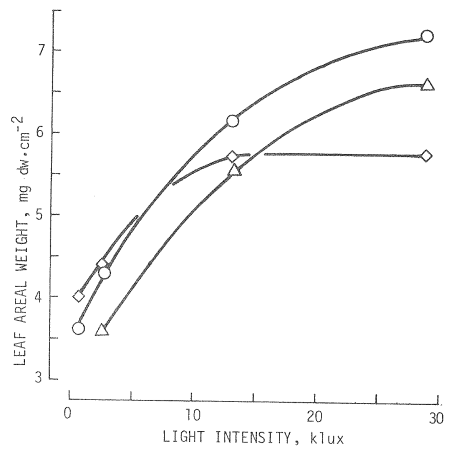


Fig. 2 光条件と葉の単位面積あたりの重さ
Leaf areal weight of *Shorea talura* seedlings grown under various light intensities.

◇: 初生葉 Primary leaf
○: 2次葉-1 Secondary leaf-1
△: 2次葉-2 Secondary leaf-2

間成長の低下がみられた。この原因として、0.7 klux 程度の弱光処理では光合成生産が低く、光合成産物が節間成長に分配されないことが考えられる。このことは、マレーシアにおける現地の成長試験結果⁵⁾とよく一致した。

初生葉の葉の単位面積あたりの重さは 29 klux 処理と 13.5 klux 処理でかわらなかったが、13.5 klux より弱い光強度処理で減少する傾向にあった(図 2)。いっぽう、二次葉のそれは、光強度処理が弱くなるほど減少した。二次葉での結果は、弱光条件下にある苗ほど葉が陰葉化することを示す。しかし、29 klux 以上の処理がないので、29 klux 処理の葉が陽葉化した葉ということにはならないと思われる。

被陰処理苗の光合成

光飽和照度におけるみかけの光合成速度は、29 klux 処理の苗がもっとも高かったが、測定のパラツキをかんがえると各処理のあいだに大きなちがいはないと思われる(表 1, 図 3)。一般に、陰葉化した葉の単位面積あたりのみかけの光合成は陽葉のそれにくらべ著しく低いといわれているが、こうしたこととこ

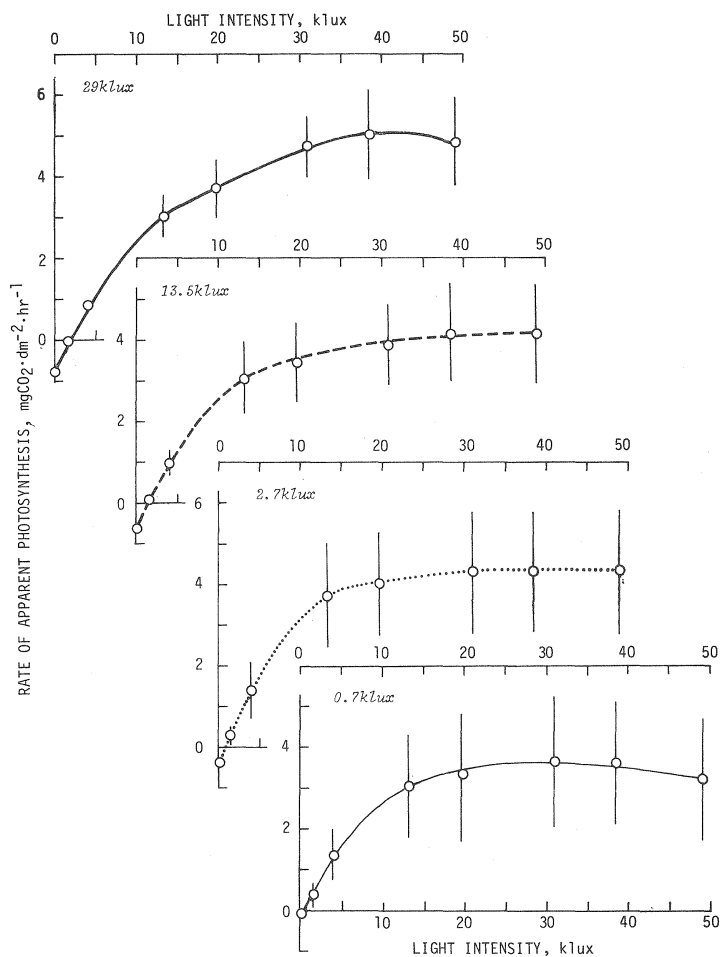


Fig. 3 光-光合成曲線

Rate of apparent photosynthesis of *Shorea talura* seedlings grown under various light intensities.

Table 1. 処理条件, 光合成速度の最大値, 光飽和照度, 光補償点
Growth condition, maximum photosynthesis in light-photosynthesis curves, light saturation in photosynthesis, and compensation light intensity of *Shorea talura* seedlings

Films used	UVC-0	N-50	N-90	N-70+N-90
Light intensity { Illuminance (klux) Photosynthetically active radiation ($10^3 \cdot \mu W \cdot cm^{-2}$)	29.0	13.5	2.7	0.7
	14.9	6.92	1.38	0.359
Max. photosynthesis ($mgCO_2 \cdot dm^{-2} \cdot hr^{-1}$)	5.0 ± 1.1	4.2 ± 1.2	4.3 ± 1.5	3.7 ± 1.6
Light saturation (klux)	40~45	35~40	30	30
Compensation light intensity (klux)	1.65	1.30	0.90	0.35

の実験でえた結果とは一致しなかった。この光飽和照度における光合成速度は、小山がマレーシアのパノの林でしらべた *Shorea pauciflora*, *Shorea macroptera* の個葉の値³⁾ にくらべ低かった。この原因として、①小山のしらべた二つの種は *Rubroshorea* に属するものであり、*Shorea talura* は *Anthoshorea* のなかでも陽樹といわれていること、②この実験でもっとも強光処理であった 29 klux 処理でも熱帯の野外の強光下にある葉と同じでないこと、③成木の葉と苗木の葉で光合成能率がちがうこと、などがあげられる。また、個体で光合成を測定するばあいの、④光合成能率のちがう葉が含まれていること、⑤葉の相互被陰の可能性があること、⑥幹や葉柄の呼吸による CO₂ 放出があること、などもあげられる。

測定苗の観察から、初生葉を含めた葉数が 29 klux 処理と 13.5 klux 処理では 5~6 枚程度、2.7 klux 処理では 4~5 枚程度、0.7 klux 処理では 3 枚程度であったこと、二次葉は互生で、苗上方からみると葉の相互被陰がほとんどなかったこと、などから考えると、苗全体のみかけの光合成速度の測定値が低かった原因とし

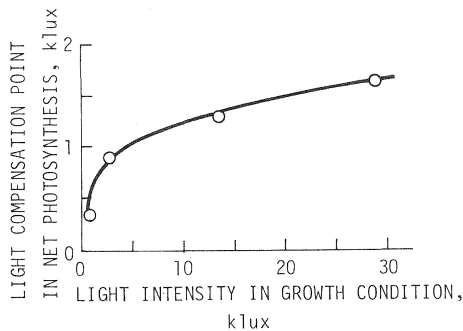


Fig. 4 光条件と光補償点

Light compensation point in net photosynthesis of *Shorea talura* seedlings grown under various light intensities.

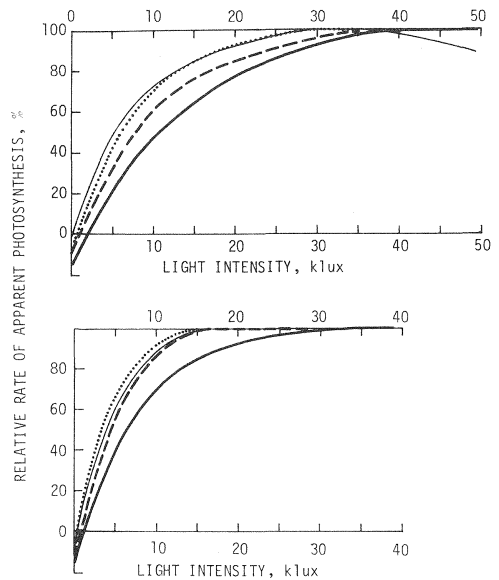


Fig. 5 光条件と光-光合成曲線 (相対値)

Relative rate of apparent photosynthesis of *Shorea talura* seedlings and 1-year-old *Chamaecyparis obtusa* seedlings grown under various light intensities.

て葉の相互被陰があったとは思われない。したがって、すでにのべたような、①, ②, ③, a, c, のような点について今後検討を加える必要がある。

みかけの光合成が 0 になるいわゆる光補償点は、光強度処理が弱くなるほど低下したが、0.7 klux 処理のそれは著しく低かった (表 1, 図 4)。0.7 klux 処理の光補償点は 0.3 klux 程度であるが、夜間の地上部の呼吸や地下部の呼吸による光合成産物の消費もあるので、この光補償点で *Shorea talura* 苗が生存できることにはならない。

光飽和照度は 29 klux 処理が 40~45 klux, 13.5 klux 処理が 35~40 klux, 2.7 klux 処理と 0.7 klux 処理が 30 klux 程度であった (表 1, 図 5)。0.7 klux 処理では 35 klux 以上の強光で、みかけの光合成の低下がみられた。広葉樹陽葉の光飽和照度は 20~50 klux といわれ⁶⁾, 30 klux 処理の *Shorea talura* 苗もこの範囲に入ることがわかった。いっぽう、広葉樹陰葉のそれは 5~10 klux といわれるが⁶⁾, ここでえた 2.7 klux 処理や 0.7 klux 処理の苗の光飽和照度は著しく高かった (図 5 にこの実験と平行して、同じ被陰処理したヒノキ 1 年生苗の結果を参考までに加えてある)。2.7 klux 処理や 0.7 klux 処理苗の光-光合成曲線からも、これらの処理苗は、弱光域で光合成能率のたかい陰葉型の光合成曲線であるにもかかわらず光飽和照度が高い結果となった。こうした陰葉化した葉でも光飽和照度の高い性質は、熱帯の強光条件下で生育する樹木の適応と考えられるのではないだろうか。

これまで、樹木の光-光合成曲線は温帯林樹木でしらべられたものが多く、熱帯の樹木についてあまりしらべられていないので、こうした *Shorea* の光合成特性が他の熱帯の樹木についてあるものかどうか今後しらべていく必要がある。

引用文献

- 1) STOCKER, O. : Assimilation und Atmung westjavanischer Tropenbäume. *Planta* **24**, 402~445, (1935)
- 2) HOZUMI, K., K. YODA, and T. KIRA : Production ecology of tropical rain forests in southwestern Cambodia II. Photosynthetic production in an evergreen seasonal forest. *Nature and Life in Southeast Asia* **6**, 57~81, (1969)
- 3) KOYAMA, Y. : Photosynthesis studies in Paso forest. *Malayan Nature Journal* **30**, 253~258, (1978)
- 4) SYMINGTON, C. F. : Foresters' manual of Dipterocarps. *Malay. For. Res.*, **16**, 1~244, (1943)
- 5) SASAKI, S., C. H. TAN, and A. R. ZOLFATAH : Physiological study on Malaysian tropical rain forest species. *Trop. Agr. Res. Cent.*, 1~182, (1978)
- 6) LARCHER, B. : *Physiological plant ecology*, Springer-Verlag, p. 252, (1975)

**Light-Photosynthesis Curves in *Shorea talura* Seedlings
Grown under Various Light Intensities**

Yasushi MORIKAWA⁽¹⁾, Takao INOUE⁽²⁾ and Satohiko SASAKI⁽³⁾

Summary

Shorea talura seeds were collected from the field in Forest Research Institute (Kepong, Malaysia), in April, 1977. A seedling germinated under the condition of a 16 hour-day at 25°C was transplanted into a polyvinylchloride pot filled with vermiculite. The pots were covered with four kinds of shade boxes for about 100 days. To obtain a given intensity, four kinds of polyvinylchloride film, clear film (UVC-0), neutral film with 50% light reduction (N-50), with 70% reduction (N-70), and with 90% reduction (N-90) were used. Environment control chambers with artificial light source (Koitotron KG) were used for the experiment. The chambers were kept at 25°C-light and 20°C-dark with 16 hour-day and the relative humidity of 75%.

Height growth of epicotyl increased as light intensity increased, but in the 29 klux-box the height was decreased slightly. Mean internode length decreased with the increased light intensity. An areal weight of secondary leaf increased with increased light intensity, but the weight of primary leaf in the 13.5 klux-box did not differ from the one in the 29 klux-box.

Maximum rate of apparent photosynthesis at light saturation was nearly equal in each box. The rate of apparent photosynthesis at low light intensity region below light saturation increased in the seedlings grown under low light intensities. The results suggest that the leaves grown under low light intensity character the shade-leaf quality. In the shaded seedlings light saturation for maximum rate of apparent photosynthesis was relatively high, compared with the values of temperate forest trees. It appears that adaptation to high light intensity in photosynthetic efficiency of *Shorea talura* leaves does not disappear even in shaded leaves.

Received October 17, 1979

(1) (2) (3) Silviculture Division