

フタバガキ樹種の生理特性と環境適応性

丸 山 溫

はじめに

東南アジアの熱帯雨林は極めて多数の樹種によって構成されている。一例をあげると、半島マレーシアのパソー保護林内に設けられた 50 ha の試験地では、胸高直径 1 cm 以上の樹木が 814 種、335,190 本も確認されている (APPANAH & WEINLAND 1993)。これは同じ 50 ha の試験地でも、明瞭な乾季のあるパナマのパロ・コロラド島熱帯林の 303 種や南インドのチークが優占する乾燥雨緑林の 71 種と比べてはるかに多い (CONDIT ら 1996)。林業的に非常に重要なフタバガキ科の樹種は、その熱帯雨林を構成する主要樹種であり、ボルネオ島だけで 9 属 287 種が分布しているという (WHITMORE 1990)。パソー 50 ha 試験地内では、本数 (30,913 本) はトウダイグサ科の樹種 (45,997 本) に次いで第 2 位で全本数の 10% に満たないが、幹の断面積では第 1 位で全断面積合計のおよそ 28% を占め、第 2 位のマメ科樹種 (8.5%) を大きく引き離している (APPANAH & WEINLAND 1993)。

フタバガキ樹種は比較的耐陰性が高く、稚幼樹段階での成長は被陰条件下で優れており (MORI 1980)，一般的に裸地への造林が困難と考えられている。近年、一部のフタバガキ樹種の裸地造林の成功例が報告されているが (ANG & MARUYAMA 1995 b)，やはり直射光下での枯損割合は高い (IWASA ら 1994)。一方、アカシアやマカラシなどに代表される旱生樹は、裸地で強光を利用して旺盛に成長する。伐採や開発により急速に失われつつある熱帯雨林の適切な維持、管理には、これら構成樹種の生理生態的特性に関する知見が不可欠である。しかし、これまでの研究の多くは生態学的手法に基づくもので、分布や成長を

MARUYAMA, Yutaka : Ecophysiological Study on Adaptability of Dipterocarps to Environmental Stress

農林水産省森林総合研究所北海道支所

左右する生理的特徴に関する研究は極めて限られているのが現状である。

そこで、育苗・造林の基礎資料とする目的で、主としてフタバガキ科の樹種を対象に、個葉の光合成・蒸散などのガス交換特性、乾燥に対する耐性や適応性などの生理的特徴を調べ、環境耐性や適応性を検討した。

個葉のガス交換特性

光合成で気孔を通して大気中の二酸化炭素を取り込む過程で、葉内からやはり気孔を通して大気中に水蒸気が拡散される。この蒸散によって失われた水は根からの吸水により速やかに補給する必要があるが、植栽直後の苗は根の機能が十分ではなく、蒸散に対する吸水の遅れが大きくなりがちで水ストレスを受けやすい。フタバガキ科樹木では通常、直射光下で葉が垂れ下がる現象が観察されるが、このことは蒸散による脱水が深刻な問題であることを示している。

植栽苗の活着率を高めるには、蒸散を抑制して過大な水消費を避ける必要がある。移植前に葉を切り落として葉量を調整するのも一つの方法で、*S. talura* での有効性が報告されている (SASAKI 1980)。葉量の減少はしかし一方で、光合成による一次生産を低下させるので、植栽苗の成長には不利になる。

気孔を通じてのガス交換の過程で、光合成で取り込む二酸化炭素の量に対して蒸散で失う水の量が少ないほど、水ストレスを受けにくく乾燥に有利と考えられる。光合成の蒸散に対する比は水利用効率と呼ばれ、ガス交換過程での水消費の程度を評価する指標として用いられている。ここでは、表 1 の熱帶有用樹 19 種の苗について、個葉の光合成速度と蒸散速度を調べ、一次生産力と水利用効率を検討した。

測定は、半島マレーシア、ペラ州チクスの FD (森林局) /JICA 複層林プロジェクト苗畑で行った。チクス周辺は以前は広大な低地フタバガキ天然林に被われていたが、スズの採掘とアカシア人工林への転換で、一部の保残林を除いてそのほとんどが消失してしまった。JICA とペラ州森林局では、その失われた低地フタバガキ林を再生する目的で、1991 年から共同で複層林造成プロジェクトを進めており、有用郷土樹種の種子や苗を半島マレーシア全域から集めてこの苗畑で育苗している。その一部を測定に使わせていただいた。

測定には携帯型光合成速度測定装置 (島津 SPB H-3) を用いた。1 樹種につき 2~3 個体で 5 枚 (葉面積の大きい *Acacia mangium* は 1 個体で 2 枚、*Tectona grandis* は同じく 1 枚でそれぞれ計 5 点) の葉について、大気の水蒸気飽差が低く、気孔が十分開いて光合成速度が最大になる午前中に測定を行っ

表 1 光合成・蒸散速度の測定に用いた樹種の一覧

種名	特性	性*
フタバガキ樹種		
<i>Hopea odorata</i>	半常緑林にまで分布、成長比較的早い	
<i>Shorea leprosula</i>	低地フタバガキ林の代表的樹種、成長（特に初期）比較的早い	
<i>S. parvifolia</i>	同上、成長比較的早い	
<i>S. acuminata</i>	低地に分布、成長早い	
<i>S. pauciflora</i>	低地から丘陵下部（<700 m）に分布、成長遅い	
<i>S. assamica</i>	低地に分布、成長比較的早い	
<i>S. curticea</i>	丘陵フタバガキ林の代表的樹種で主に尾根筋に分布、成長遅い	
<i>S. ovalis</i>	低地に分布、初期は被陰が必要で成長が遅いが、後に成長早い	
<i>S. macroptera</i>	低地から丘陵に分布、成長早い	
<i>Dipterocarpus cornutus</i>	低地に分布、成長遅い	
<i>Neobalanocarpus heimii</i>	低地から丘陵に分布、耐陰性大で初期に被陰が必要、成長遅い	
その他の樹種		
<i>Acacia mangium</i>	代表的早生樹で乾燥にも強く、成長極めて早いが、樹高中庸	
<i>Tectona grandis</i>	材価高くモンスーン地帯広域で造林、陽性で成長早い	
<i>Cinnamomum iners</i>	低地から丘陵に分布、陽性だが樹高中庸	
<i>Alstonia angustiloba</i>	低地から丘陵下部の代表的陽性高木	
<i>Azadirachta excelsa</i>	低地に分布、陽性高木で成長早い	
<i>Khaya ivorensis</i>	西アフリカ低地林原産の造林樹種、陽性高木で成長早い	
<i>Endospermum malaccensis</i>	低地から下部山地林にまで分布、中～高木、成長早い	
<i>Intsia palembanica</i>	低地から丘陵に分布、高木、成長遅い	

* : 主に SYMINGTON 1943, APPANAH & WEINLAND 1993 より

た。強光による光合成の低下を避けるため、生育条件と同じ、被陰用の寒冷紗の下で測定したので、光強度は 400~600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (日中の直射光のおよそ 20~30%) とやや低かったが、被陰条件下で展開した葉では一般に光合成の光飽和点は低く、大きな問題にはならないと考えた。

結果を図 1 と表 2 に示す。光合成速度、蒸散速度ともに、*Hopea odorata* を除いてフタバガキ樹種が早生樹と比べて低かった。光合成速度が最も高かったのは陽性の早生樹として知られている *A. mangium* で、*T. grandis*, *Cinnamomum iners*, *Alstonia angustiloba*, *Azadirachta excelsa*, *Khaya ivorensis*, *Endospermum malaccensis* などの早生樹も比較的高い範囲にあった。フタバ

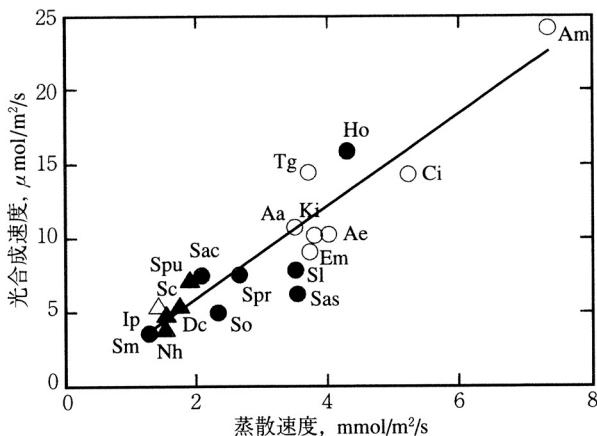


図 1 蒸散速度 (Tr) と光合成速度 (Pn) の関係 (Sm : *S. macroptera*, Nh : *N. heimii*, Dc : *D. cornutus*, So : *S. ovalis*, Ip : *I. palembanica*, Sc : *S. curticia*, Sas : *S. assamica*, Spu : *S. pauciflora*, Sac : *S. acuminata*, Spr : *S. parvifolia*, Sl : *S. leprosula*, Em : *E. malaccensis*, Ki : *K. ivorensis*, Ae : *A. excelsa*, Aa : *A. angustiloba*, Ci : *C. iners*, Tg : *T. grandis*, Ho : *H. odorata*, Am : *A. mangium*)
● : フタバガキ樹種で比較的成長の早いもの
▲ : フタバガキ樹種で比較的成長の遅いもの
○ : その他の樹種で比較的成長の早いもの
△ : その他の樹種で比較的成長の遅いもの

ガキ樹種の中では、タイ北部まで広く分布し、乾燥耐性が高いと考えられる *H. odorata* が他の 2 倍以上の高い光合成速度を示した。またフタバガキ樹種の中で相対的に成長が早い *Shorea leprosula*, *S. parvifolia*, *S. acuminata* などの光合成速度も高かった。しかし、フタバガキ科 *Shorea* 属の中では最も成長が早いと言われている *S. ovalis* や *S. macroptera* では、反対に光合成速度は低かった。一方、成長が遅く耐陰性の高い *Dipterocarpus cornutus* や *Neobalanocarpus heimii*、マメ科で成長の遅い *Intsia palembanica* の光合成速度が低かった。

ここで得られたフタバガキ樹種の光合成速度は、*H. odorata* を除いて、同程度の光条件下で育てられた 1 年生フタバガキ苗 (MORI ら 1990) とほぼ同じ範囲にあり、フタバガキ樹種の光合成速度はおおむね $4\sim 8 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ と考えられる。温帯常緑広葉樹の光合成速度は $5\sim 15 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ の範囲にあり

(松本ら 未発表), フタバガキ樹種の光合成速度は温帯常緑樹と比べて低い範囲にあるようだ。また, 温帯落葉広葉樹の光合成速度はおよそ 7~21 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ の範囲にあり (KOIKE 1988), *A. mangium* を除く他の早生樹の光合成速度も温帯樹種と比べて決して高いとはいえない。熱帯雨林におけるこれらの樹木の旺盛な成長は、高い光合成速度よりもむしろ、年間を通して十分な温度、降水量に恵まれた気象条件下での通年の光合成活動に支えられていると考えられる。

同じフタバガキ樹種でも、成木の陽樹冠の葉では比較的高い光合成速度が (TOMA & FURUKAWA 1995), 被陰条件下で育てた苗では比較的低い光合成速度が (MORIKAWA ら 1980), それぞれ報告されている。また、スズ鉱山跡の裸地に植栽された *A. mangium* の光合成速度は、ここで得られた値のほぼ半分でしかない (ANG & MARUYAMA 1995 a)。これらの差異は生育段階や環境前歴の違いによるもので、光合成能の比較にはこうした点にも注意する必要がある。

水利用効率 (光合成速度/蒸散速度) は、*I. palembanica* が最も高かった (表 2)。この種は光合成速度が低く成長は遅いが、貯蔵可能な種子が安定して大量に得られ、材も有用であることから、造林樹種として期待される。次いで、マレー半島北部からインドシナ半島の乾季がある地域にも分布する *T. grandis* と *H. odorata* が高かった。これらの樹種は光合成速度も高く、乾燥条件下での物質生産に有利な性質を持っているといえよう。最も低かったのは *S. assamica* であったが、この樹種は主として谷筋の湿潤な立地に出現する

表 2 光合成速度と水利用効率

樹 種	光合成速度 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$	水利用効率 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$
<i>Acacia mangium</i>	24.18±4.79	3.28±0.50
<i>Hopea odorata</i> *	15.89±2.03	3.73±0.52
<i>Tectona grandis</i>	14.46±4.57	3.84±0.52
<i>Cinnamomum iners</i>	14.35±0.74	2.77±0.30
<i>Alstonia angustiloba</i>	10.73±0.51	3.06±0.11
<i>Azadirachta excelsa</i>	10.26±1.05	2.55±0.09
<i>Khaya ivorensis</i>	10.18±2.20	2.66±0.24
<i>Endospermum malaccensis</i>	9.09±0.83	2.43±0.17
<i>Shorea leprosula</i> *	7.85±1.15	2.23±0.17
<i>S. parvifolia</i> *	7.54±1.53	2.88±0.36
<i>S. acuminata</i> *	7.46±0.84	3.71±0.79
<i>S. pauciflora</i> *	7.31±1.80	3.67±0.71
<i>S. assamica</i> *	6.25±0.79	1.86±0.45
<i>S. curticia</i> *	5.49±1.13	3.41±0.71
<i>Intsia palembanica</i>	5.48±1.27	3.90±0.97
<i>S. ovalis</i> *	4.97±1.29	2.15±0.14
<i>Dipterocarpus cornutus</i> *	4.89±0.34	3.20±0.34
<i>Neobalanocarpus heimii</i> **	3.93±0.72	2.77±0.68
<i>S. macroptera</i> *	3.58±0.79	2.92±0.57

* : フタバガキ樹種

(SYMINGTON 1943)。早生樹の中では、*A. excelsa*, *K. ivorensis*, *E. malaccensis* の水利用効率が比較的低い範囲にあった。これらの樹種は、成長の過程で蒸散により大量の水を消費すると予想される。

早生樹とフタバガキ樹種を比べると、光合成速度は前者が高かったが、水利用効率はほぼ同じ範囲にあった。これは、前者では高い光合成速度を維持するために大量の水を必要とすることを示している。一方フタバガキ樹種では、光合成速度は低いが蒸散による水消費も同時に低く抑えられるので、長期間かけて巨木に成長するのに有利な性質を持つと考えられる。

以上の結果、ガス交換特性は経験的に知られている樹種特性をおおむね反映していた。しかし、これらは湿潤な被陰条件下で気孔閉鎖が起こっていない状態での測定に基づくもので、実際に生育する野外では反応が異なることが予想される。湿潤な熱帯雨林でも、日中の直射光下では気孔閉鎖による光合成の低下が観察されるので (ISHIDA ら 1996), 植栽候補樹種選定にあたっては、植栽後の野外条件下における光合成速度や水利用効率についても情報を蓄積する必要がある。

枝葉の水分特性

蒸散による水分の消費に対する根からの吸水の遅れから、枝葉の含水量は蒸散の開始とともに低下する。含水量が低下すれば、細胞内液の濃縮により浸透ポテンシャル ($\phi_o = -\pi$, 浸透圧に負符号を付けたもの) が低下し、また、脱水により細胞の体積が減少するので、葉細胞壁に生じている膨圧 (圧ポテンシャル, ϕ_p) も低下する。その結果、両者の和で表される水ポテンシャル (水の状態を表すものとして単位は圧, $\phi_w = \phi_o + \phi_p$) は低下する。含水量の低下により膨圧を失うと、植物体は肉眼的に観察されるしおれを引き起こす。膨圧を維持するには、蒸散により失われた水分を吸水により速やかに補わなければならない。

土壤からの吸水の原動力は、土壤の水ポテンシャル ($\phi_{w_{soil}}$) と葉の水ポテンシャル ($\phi_{w_{leaf}}$) の落差 ($\Delta\phi_w = \phi_{w_{soil}} - \phi_{w_{leaf}}$) である。土壤水分が十分、すなわち土壤の水ポテンシャルが高ければ、同じ葉の水ポテンシャルに対する水ポテンシャル差は大きく、吸水の原動力は保障される。土壤水分が減少、すなわち土壤の水ポテンシャルが低下すれば、同じ葉の水ポテンシャルに対する水ポテンシャル差は低下し、加えて土壤から根への吸水抵抗も急速に増大するので、乾燥した土壤では吸水は困難になる。葉の水ポテンシャルが低下すれば、

乾燥による土壤の水ポテンシャルの低下に対して水ポテンシャル差を高く維持できるが、膨圧が0になるとしおれてしまうので、葉の水ポテンシャルの低下には限界がある。したがって、膨圧を維持したまま、どこまで葉の水ポテンシャルを下げるができるかが、乾燥耐性の一つの物差しになる。

熱帯雨林は降水量に恵まれた湿潤な環境に分布し、乾燥が問題になることは少ない。しかし、日中は強い陽射しのため気温が上昇し、大気も乾燥するので、蒸散や蒸発が大きくなる。したがって、ギャップ内や伐採後の直射光にさらされる環境下での更新を考える場合、稚幼樹の乾燥耐性に関する知見が重要なになってくる。

フタバガキ樹種の育苗は、通常は暗く湿った林床か、寒冷紗等で被陰した苗畑で十分灌水して行われる。このような条件下で育った苗の乾燥耐性は、一般に低くなりがちでしおれやすい。一方、フタバガキ樹種の成木は熱帯林の高木層から突出して巨大高木に達し、樹冠を直射光にさらしながら成長を続けることから、その乾燥耐性のポテンシャルは十分高いと予想される。そこで、数種のフタバガキ科樹種について、しおれにくさを指標にして乾燥耐性を評価するとともに、異なる条件下に生育する葉の乾燥耐性を比較し、水分環境に対する適応性を検討した。

用いた樹種は表3の通りで、マレーシア森林研究所(FRIM)構内の、被陰された苗畑で毎日灌水された条件下で育てられた苗、裸地に生育する幼齢木と成木について、それぞれ十分に展開した葉を測定に供した。これらの葉について、P-V曲線法と呼ばれる方法により、膨圧を失つてしまふことを起こすときの水ポテンシャル ($\phi_{w_{tlp}}$, tlp : turgor loss point) と相対含水率 (RWC_{tlp}, RWC: relative water content), 飽水時の浸透ポテンシャル ($\phi_{o_{sat}}$, sat : saturated), 浸透ポテンシャルを左右する細胞内液量 (Vo) とそれに溶け込んでいる溶質量

表3 しおれにくさの比較に用いた樹種

苗 畑	裸 地			特 徴
	苗 木	幼 齢 木	成 木	
<i>S. assamica</i>	○	○		谷地形を好む
<i>S. platyclados</i>	○	○		丘陵の尾根筋に生育
<i>H. odorata</i>	○	○		タイの半常緑林にまで分布
<i>D. aromatica</i>	○		○	低地で純林を形成
<i>N. heimii</i>	○		○	成長遅く耐陰性大

(Ns) など、しおれにくさを評価する上で重要な諸数値を求めた。測定の細部について丸山・森川（1983）に従った。

膨圧を失う水ポテンシャル ($\phi_{W_{tip}}$) は、膨圧を維持したままで葉の水ポテンシャルを下げられるかを示しており、低いほど（絶対値が大きいほど）しおれにくい。飽水時の浸透ポテンシャル ($\phi_{O_{sat}}$) は $\phi_{W_{tip}}$ を左右する主要因で、また気孔が閉じ始めるときの水ポテンシャルと密接な関連があり、 $\phi_{W_{tip}}$ と $\phi_{O_{sat}}$ は乾燥耐性を評価する上で重要な指標となる。苗畑苗の場合、これらの値はそれぞれ $-1.43 \sim -1.66$ MPa, $-1.23 \sim -1.39$ MPa (MPa は圧の単位で、 1 MPa = 10 bar) であった（表 4）。HINCKLEY ら（1978）によると、温帯樹種ではこれらの値はそれぞれ $-1.83 \sim -3.40$ MPa, $-1.18 \sim -2.13$ MPa で、ここで得られた苗畑苗の値は温帯樹種と比べて高い（絶対値が小さい）範囲にある。このような高い値は他では未成熟葉や陰葉などの環境耐性に乏しい葉しか見られない（丸山・森川 1983）。したがって、苗畑のような被陰下で湿潤な条件に置かれたフタバガキ苗の乾燥抵抗性は、一般に低いと言えそうだ。

表 4 水分特性の一覧表

膨圧を失う水ポテンシャル ($\phi_{W_{tip}}$) と相対含水率 (RWC_{tip})、飽水時の浸透ポテンシャル ($\phi_{O_{sat}}$)、飽水時の単位葉乾重あたりの細胞内液量 (Vo/DW) とそれに溶け込んでいる溶質 osmole 数 (Ns/DW)、単位葉面積あたりの葉乾重 (DW/LA)

樹種	$\phi_{W_{tip}}$ MPa	$\phi_{O_{sat}}$ MPa	RWC _{tip} %	Ns/DW OS/DW	Vo/DW ml/g	DW/LA mg/cm ²
苗畑苗						
<i>S. assamica</i>	-1.66	-1.32	84.1	0.64	1.20	6.97
<i>S. platyclados</i>	-1.47	-1.18	88.9	0.44	0.92	8.31
<i>H. odorata</i>	-1.43	-1.23	91.1	0.65	1.30	6.27
<i>D. aromatica</i>	-1.66	-1.39	87.6	0.73	1.31	6.88
<i>N. heimii</i>	-1.50	-1.28	89.3	0.41	0.80	7.72
裸地						
幼齢木						
<i>S. assamica</i>	-1.75	-1.42	86.3	0.60	1.05	7.73
<i>S. platyclados</i>	-2.10	-1.46	74.1	0.74	1.26	9.41
<i>H. odorata</i>	-2.35	-1.64	74.3	0.77	1.16	8.91
成木						
<i>D. aromatica</i>	-2.58	-1.87	80.2	0.64	0.84	15.74
<i>N. heimii</i>	-2.42	-1.95	85.2	0.66	0.84	9.00

裸地に生育する幼齢木と成木の場合、苗畑苗と比べて $\phi_{W_{tip}}$ や $\phi_{S_{sat}}$ は低く、温帯樹種 (HINKLEY ら 1978) とほぼ同じ範囲にあった。また、膨圧を失うときの相対含水率 (RWC_{tip}) も *S. assamica* を除いて裸地の個体が低い範囲にあった (表 4)。これらのことは、裸地で生育するフタバガキ樹種の葉はしおれにくい性質を獲得していることを示している。葉の厚さの目安になる単位葉面積あたりの葉乾重 (DW/LA) も裸地の葉が大きく、乾性形態の葉の性質が認められる。しかし谷地形を好む *S. assamica* では、裸地での $\phi_{W_{tip}}$ や $\phi_{S_{sat}}$ の低下は小さく、RWC_{tip} もあまり変わらなかったことから、乾燥に対する適応性は低いと考えられる。この樹種は光合成過程での水利用効率も低く (表 2)，裸地への植栽には適さないようだ。

このような $\phi_{W_{tip}}$ や $\phi_{S_{sat}}$ の低下は、主として細胞内液の浸透ポテンシャルを下げる (浸透圧を高める) ことによって起こっている。乾燥に対して浸透ポテンシャルを低下させて適応する機構は浸透調節として知られており、細胞内液に溶け込んでいる溶質の蓄積、溶媒 (細胞内液) の減少、またはその両者によって起こる。ここで調べたフタバガキ樹種では、浸透調節は①溶質の蓄積 (*N. heimii* と *S. platyclados*)、②溶媒の減少 (*D. aromatica* と *S. assamica*)、③その両方 (*H. odorata*)、の 3通りによって起こっており、一定の傾向は見られなかった。

以上の結果から、苗畑の被陰された湿潤な環境で育った苗のしおれやすさが、フタバガキ樹種の植栽後の活着が不良であることの要因の一つと考えられる。しかし、蒸発散の大きくなる裸地に生育する個体では、浸透調節によりしおれにくい性質を獲得しており、乾燥に対する適応が認められた。このことは、苗畑のフタバガキ苗も適度な乾燥や強光条件に馴化させることでしおれにくい性質を獲得できる可能性を示している。今後は、灌水間隔や明るさの調節など、苗畑で浸透調節機能を有效地に発揮させる条件について、明らかにしていく必要があろう。

ま と め

ガス交換特性と水分特性から熱帯樹種、主としてフタバガキ樹種の環境特性を検討した。フタバガキ樹種の稚幼樹は環境変動に対して感受性が高く、どちらかと言えば陰樹の性質を持つようだが、一方で熱帯特有の強い日射と高温の環境に適応する機能も備えていることがわかった。しかし、ここで対象としたのはマレー半島だけで 168 種 (SYMINGTON 1943) と言われるフタバガキ科の樹

種のわずか一部にしかすぎない。熱帶樹種の生理的特徴に関する研究は、その膨大な種数に反して極めて限られており、今後の研究による知見の蓄積が急がれる。

〔引用文献〕 ANG, L.H. & MARUYAMA, Y. (1995 b) Survival and early growth of *Shorea platyclados*, *S. macroptera*, *S. assamica* and *Hopea nervosa* in open planting. Journal of Tropical Forest Science 7 (4) : 541-557. HINCKLEY, T.M., LASSOIE, J.P. & RUNNING, S.W. (1978) Temporal and spatial variations in the water status of forest trees. Forest Science Monograph 20 : 1-72. KOIKE, T. (1988) Leaf structure and photosynthetic performance as related to the forest succession of deciduous broad-leaved trees. Plant Species Biology 3 : 77-87. 丸山 温・森川 靖(1983)葉の水分特性の測定—P-V曲線法一. 日林誌 65 : 23-28 MORI, T. (1980) Physiological studies on some dipterocarp species of Peninsular Malaysia as a basis for artificial regeneration. Research Pamphlet No. 78. Forest Research Institute Malaysia, Kepong, Malaysia. MORIKAWA, Y., INOUYE, T. & SASAKI, S. (1980) Light-photosynthesis curves in *Shorea talura* seedlings grown under various light intensities. Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute 309 : 109-115. SASAKI, S. (1980) Growth and storage of bare-root planting stock of dipterocarps with particular reference to *Shorea talura*. Malaysian Forester 43 (2) : 144-160.
