

マレーシア産フタバガキの裸根苗の移植*

—苗木の貯蔵でんぷんが活着・生長に及ぼす影響—

森 徳 典⁽¹⁾Tokunori Mori: Bare-root Planting of Malaysian Dipterocarps
—Effect of starch reserves in stem on survival and
growth of transplants—

要 旨: 東南アジアでは、ポット苗による造林が一般的であるが、造林推進のためには、経済的な裸根苗による造林法が有利である。そこで熱帯多雨林を代表するフタバガキ科樹種の裸根苗による造林法の可能性を検討するため、移植法、苗木の形質、樹種特性などについて調べた。移植前にすべての枝葉と主軸の上半部を除去して、根株状にした苗木を植栽する方法は、多くの樹種で裸根移植の場合の活着率を向上させた。またこの根株状の苗木はポリ袋に入れて保存することにより、活着率を低下させることなく、半月以上貯蔵できた。根株移植が困難であった樹種は萌芽性が悪いか、萌芽後枯死する割合が高かった。これらの樹種に対して、肥料やホルモン類を供与しても活着率はほとんど変らなかった。一方根株状の苗木は移植後体内貯蔵でんぷんを利用して生長することがわかり、それが多い樹種、個体ほど、移植後の活着・生長が良かった。苗木の貯蔵でんぷん量は1年中ほぼ一定値を示したが、その量は樹種によって大きく違った。すなわちビルマ・タイの雨緑林を中心に分布する樹種でその量は多く、マレーシア・ボルネオの常緑多雨林にのみ生育する樹種で少なかった。調べた16種の樹種では、前者に属する樹種はすべて高い活着率を示した。これは生育地の気象条件にこれらの樹種が適応して、でんぷんを多量に蓄積する外に、耐乾性や萌芽性も高いためと思われる。したがって雨緑林に分布するような樹種を選択し、健全な苗木を育てれば、裸根による造林も可能な場面があると考えられる。

目 次

I	ま え が き	92
II	裸根苗による移植法の検討	92
1.	移植苗木の前処理法	92
2.	主軸からの萌芽の樹種特性	95
3.	苗木の貯蔵および水分状態と活着	97
4.	活着におよぼす肥料やホルモン類の影響	98
5.	苗木の大きさと活着	100
6.	ま と め	100
III	苗木の活着・生長と貯蔵でんぷん	100
1.	移植後の根株内貯蔵でんぷんの変化	101
2.	貯蔵でんぷんと根株苗の活着・生長	103
3.	庇陰が苗木の貯蔵でんぷんの蓄積におよぼす影響	104
4.	施肥が苗木の貯蔵でんぷんの蓄積におよぼす影響	106

1981年4月1日受理

造 林—55 Silviculture—55

(1) 造 林 部

* この研究は熱帯農業研究センターのプロジェクト研究課題「熱帯地域における育林技術に関する研究」のため、筆者が同上研究センターに併任期間（昭和52年12月～54年12月）中にマレーシア国ケボンの林業研究所にて行った「熱帯産樹木の生理に関する研究」の一部である。

5. 苗木の貯蔵でんぷんの季節変化……………	107
6. 樹種ごとの貯蔵でんぷん・活着・天然分布域の関係……………	108
7. ま と め……………	111
IV 総 合 考 察……………	111
V 謝 辞……………	113
引 用 文 献……………	113
Summary……………	114

I ま え が き

マレーシアの森林は、経済成長に伴う伐採量の増加、林地の農地化、人口増加による焼畑面積の拡大とその跡地の草地化などの原因により、急速に減少しつつづけている。一方造林面積はごくわずかで、それもマツ類、早成樹、チークなどに限られている。例えば西マレーシアでは、過去数年間の間に何らかの造林の施業が行われた年々の面積は、毎年の伐採面積の 10% 程度にすぎない¹⁾。

この地域の森林を代表するフタバガキ科の林は、択伐天然更新法によって更新がはかられるのが普通である。フタバガキ科樹種の事業的な造林と呼べるものは、択伐後に稚樹の発生がみられない区域に、幅 3 m 前後の伐開線を作り、そこにポット苗を造林する、いわゆる天然更新補助作業が、一部の地域で行われているにすぎない。しかし森林が丘陵地帯に移行するに伴って、稚樹の発生が悪くなり天然更新は難しくなってきた²⁾。その上丘陵地帯では、ポット苗は運搬に人手を要し、補植造林も満足に行われていない。

フタバガキ科樹種についても、チークなどで行われている裸根苗の造林が可能であるならば、経済的に有利であるばかりでなく、造林面積の拡大にも寄与するものと思われる。東南アジアではポット苗による造林が一般的であるためか、フタバガキ科樹種の裸根苗による造林を試みた報告はこれまでなかった。しかし最近、佐々木は *Shorea talura* で裸根苗の移植を試みた結果、苗木の全枝葉と主軸上部を切除して移植する方法、いわゆる根株造林 (stump planting) 法により、高い成功率を得た³⁾。

この研究では、裸根苗の造林が *S. talura* 以外のフタバガキ科樹種にも適用できるか、適用できるとすれば、それはどのような性質を持った樹種や個体であるかを検討した。またこの研究過程において、移植苗に含まれる貯蔵でんぷんは苗木の活着・生長に重要な役割を果している事実が判明し、そのでんぷん蓄積と樹種の天然分布域との間に密接な関係が認められたので報告する。

II 裸根苗による移植法の検討

ここでは裸根苗の移植のために苗木の処理法、掘取りから植付けまでの間の苗木の貯蔵法、主軸からの萌芽性の樹種間差、移植苗の活着におよぼす苗木の形質、肥料およびホルモン類の影響について調べた。これらの実験を通して、フタバガキ科樹種の裸根苗による造林の可能性を探ることを目的とした。

1. 移植苗木の前処理法

移植において最も大切なことは、まず苗木を活着させることであるのは言うまでもない。移植苗の枯死は、多くの場合、土壌一苗木間の水の流れが断ち切られることによる苗木体内の水分の欠乏に帰せられる。したがって移植に際しては、苗木からの水分の消失を防ぎ、根からの吸水を増すための各種の手段が取られる⁴⁾。萌芽性の大きい広葉樹類では、移植に際して、整枝や台切り処理をして、水分の消失を抑え

Table 1. 苗木地上部の部分的除去が移植後の萌芽率と活着率におよぼす影響
Effect of shoot trimming on sprouting and survival rates
after transplanting

樹種 Species	苗齡 Age of seedlings	処 理 Treat- ments	根 元 径 Diameter at root collar (mm)	萌芽率(%) % of sprouting	活着率(%) % of survival	生育条件 Growth conditions
<i>S. glauca</i>	3	A	6.5	5	5	庇陰ポット苗 Pot under shade
		B	6.5	15	15	
		C	6.9	70	65	
<i>S. assamica</i>	3	A	7.5	10	10	無庇陰ポット苗 Pot on open ground
		B	7.7	0	0	
		C	7.7	70	70	
<i>S. hypochra</i>	1	A	4.8	0	0	庇陰露地苗 Nursery bed under shade
		B	5.9	80	65	
		C	5.7	50	45	
<i>S. curtisii</i> (I)	2	A	6.5	0	0	庇陰ポット苗 Pot under shade
		B	6.0	0	0	
		C	6.2	30	10	
<i>S. curtisii</i> (II)	2	A	4.3	20	20	無庇陰ポット苗 Pot on open ground
		B	4.5	15	0	
		C	4.8	15	5	
<i>S. leprosula</i>	2	A	8.1	45	45	庇陰ポット苗 Pot under shade
		B	7.8	10	10	
		C	7.8	70	65	
<i>S. ovalis</i>	2	A	9.1	0	0	無庇陰露地苗 Open nursery bed
		B	9.1	5	5	
		C	10.0	45	40	
<i>S. platyclados</i>	2	A	7.8	10	10	無庇陰ポット苗 Pot on open ground
		B	8.2	55	25	
		C	8.1	60	35	
<i>S. singkawang</i>	2	A	8.1	35*	20	庇陰ポット苗 Pot under shade
		B	8.5	50*	30	
		C	8.7	100*	60	
<i>H. beccariana</i>	2	A	5.1	0	0	庇陰露地苗 Nursery bed under shade
		B	4.9	40	0	
		C	5.8	80	30	
<i>H. nervosa</i>	2	A	6.7	0	0	庇陰ポット苗 Pot under shade
		B	6.3	65	30	
		C	6.8	100	5	
<i>D. aromatica</i>	3	A	8.0	20	10	無庇陰ポット苗 Pot on open ground
		B	8.4	40	20	
		C	9.5	100	40	

A : 無処理苗, Intact seedlings, B : 全葉摘葉苗, Removal of all leaves, C : 根株苗, Removal of leaves, branches, and a half top of leader stem (stump seedling).

* 萌芽葉のほとんどが虫に食われた。Most of newly expanded leaves were eaten by insects.

る方法は比較的広く行われている。このような処理をすることにより、裸根苗による移植が可能であることが、*S. talura* で報告されている⁵⁾。そこでいくつかの樹種について、苗木地上部の部分的な除去が裸根苗の活着におよぼす影響について調べた。

(1) 材料と方法

Table 1 に掲げた 11 樹種の 1～3 年生苗木を無処理 (A), 葉のみすべて除去 (B), すべての枝および葉と苗高の 1/2 以上の主軸部の除去 (C) の 3 処理に分けた。各処理 20 本ずつの苗木を用い、いずれも根を軽く剪定した。処理後苗木はポリ袋に入れ、密封したのち、日陰に 2 日間放置した。その後、日覆いのない深さ約 15 cm の砂質土壌の苗床に移植した。灌水は毎日午前 7 時と午後 1 時に軽く行われた。苗木の活着状態は移植後 4 か月目に判定した。以上の苗木処理、貯蔵、移植条件は、特に記述しないかぎり、以下の実験でも同じである。

(2) 結果と考察

用いた苗木の移植前の大きさや生育条件は Table 1 に示す通りで、各樹種同一条件の材料ではなかった。このように形質もまちまちの材料ではあったが、いずれの樹種でも無処理苗の葉は、移植後 2～3 日以内にすべて枯死した。無処理および全葉除去苗は、その後主軸および枝の頂芽や頂端部も枯死することが多く、これらの苗木からの萌芽は地際に近い幹から生ずる例が多かった。移植苗の活着率は、Table 1 から明らかとなっており、処理 C (全枝葉および主軸上半部除去苗、以下これを根株苗と呼ぶ) で高い傾向が認められた。

以上のような苗木の前処理による活着状態の違いは、主として移植後の苗木の水分状態に帰せられよう。根系からの吸水が制限されている移植直後の苗木の水分状態を良好に保つには、苗木からの水分消失を摘葉によって減少させることは一つの有効な方法である (Fig. 1)。水分消失の減少という面からだけ

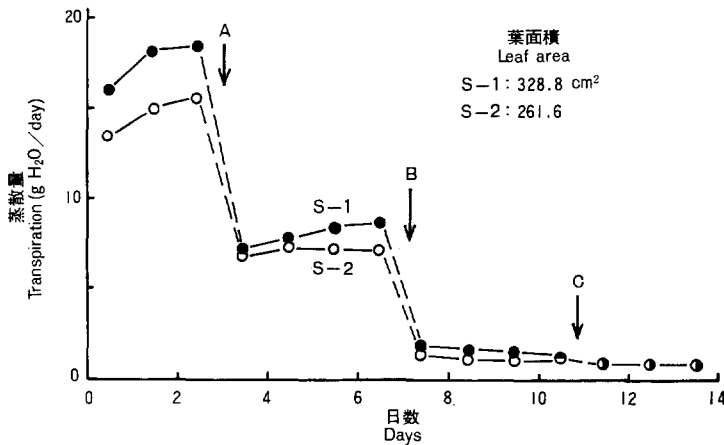


Fig. 1 摘葉が *S. curtisii* 苗木 (S-1, 2) の蒸散量におよぼす影響
Effect of defoliation and decapitation on transpiration of *S. curtisii* seedlings (S-1 & 2) at room temperature conditions.

A : 60% 摘葉, B : 全葉摘葉, C : 全枝葉と主軸上部を除去
A : Defoliation of 60% leaves, B : Defoliation of all leaves, C : Removal of all leaves and branches and half top of leader stem.

みれば、全葉除去苗の活着率は高くなることが期待されるが、前述のように若い頂部の組織が枯死することにより主軸からの萌芽が根株苗より遅れる。このため裸根苗の造林には根株苗の方が適しているようである。

移植苗の萌芽率、活着率は樹種によっても大きく違った。すなわち萌芽率・活着率共に高い樹種 (*S. leprosula*, *S. assamica*, *S. glauca*, *S. singkawang*)、萌芽率が高いが、活着率が低い樹種 (*Hopea beccariana*, *H. nervosa*, *Dryobaranops aromatica*)、両者共に低い樹種 (*S. curtisii*, *S. ovalis*) が認められた。このような樹種間差が樹種に固有の性質によるものか、育苗法の違いによる苗木の形質の違いによるものかは以下の実験で検討する。

2. 主軸からの萌芽の樹種特性

前項の実験で、主軸からの萌芽は非常に遅く、半数の苗木が萌芽するのに早い樹種で3週間、遅い樹種では6~8週を要した。また樹種によっては、萌芽しにくかったり、萌芽してもその後枯れてしまう現象もみられた。根株造林では、主軸からの萌芽性が高く、速やかに生長することが重要である。そこで無移植苗木を台切りして、主軸茎からの萌芽の早さ、数および萌芽枝の生長について調べた。

(1) 材料と方法

Table 2 に掲げたフタバガキ科の11樹種と豆科1樹種 (*Intsia palenbanica*) の苗木を各樹種から5本ずつ選んだ。苗木の全枝葉と苗高の1/2以上の主軸上半部を除いて、茎からの側芽の萌芽と萌芽枝の生長を経時的に測定した。*S. ovalis*, *H. beccariana*, *H. odorata* および *I. palenbanica* は苗床の露地植え苗木で、それら以外はすべてポット苗木である。

(2) 結果と考察

処理後2か月間の萌芽数や萌芽枝長を経時的に測定し、その結果の一部を Table 2 に示す。移植した場合と異なり、ほとんどの苗木は台切り処理後10~20日の間に萌芽した。萌芽が早い樹種としては、*S. platyclados*, *S. talura*, *I. palenbanica* が、遅い樹種としては、*S. curtisii*, *S. marcoptera*, *S. laut* があげられる。とくに *S. curtisii* ではいったん芽は膨潤し始めたが、再び収縮して枯死してしまった。前項の移植実験でも萌芽率は低かったので、この樹種は萌芽しにくい性質を有するのかもしれない。

H. beccariana と *H. nervosa* の萌芽枝の多くは2か月以内に枯れた。とくに *H. nervosa* は葉が日焼け現象を起こして枯れた。この現象は前項および以後の実験でもよくみられた。普通の苗木の葉は裸地でも日焼けを起こさないので、萌芽枝の葉にみられる特有の現象と思われる。一方前項の実験で萌芽後の枯死率が高かった *D. aromatica* は、この実験では萌芽後枯死することがなかったので、根系の再生が悪い等の性質を有するのかもしれない。

萌芽の数やその後の生長にも樹種特性があるようで、*S. talura* と *H. odorata* は萌芽数、萌芽枝長共に大きく、*D. aromatica* と *I. palenbanica* は萌芽の数は少ないが、その生長は速やかであった。萌芽は苗木の栄養状態にも影響されることが知られているので、これらの実験だけで結論することは難しいと思われるが、萌芽性だけからみると、*S. platyclados*, *S. talura*, *S. assamica*, *H. odorata*, *D. aromatica*, *I. palenbanica* などが、根株造林に有望な樹種としてあげられよう。

Table 2. 全枝葉および苗高の 1/2 以上の主軸を除去した苗木の茎からの
萌芽と萌芽枝の生長

Outgrowth of lateral buds from stem after decapitating and defoliating

樹種 Species	苗齡 Age of seedlings	区分 Category	処 理 後 の 日 数 Days after treatments					
			8	13	21	29	39	59
<i>S. laut</i>	1	A	0	1	2	5	5	5
		B	0	—	0.2	0.5	1.0	1.4
		C	—	—	—	—	—	3.8
<i>S. assamica</i>	1	A	0	0	4	5	5	5
		B	0	0	0.6	1.5	2.3	2.7
		C	—	—	—	—	0.4	3.4
<i>S. talura</i>	2	A	3	5	5	5	5	5
		B	—	1.0	2.9	3.1	3.3	3.3
		C	—	—	0.6	8.2	13.6	19.6
<i>S. curtisii</i>	2	A	0	0	3	2	0	0
		B	0	0	0.1	0.1	0	0
		C	—	—	—	—	—	—
<i>S. marcoptera</i>	1	A	0	0	2	3	3	3
		B	0	0	0.5	0.9	1.0	0.9
		C	—	—	—	1.0	1.2	1.6
<i>S. ovalis</i>	2	A	0	0	5	5	5	5
		B	0	0	1.1	1.5	1.7	1.8
		C	—	—	—	0.2	1.4	3.4
<i>S. platyclados</i>	2	A	0	5	5	5	5	5
		B	0	0.6	1.5	1.9	2.1	2.2
		C	—	—	—	2.0	4.6	5.8
<i>H. beccariana</i>	1	A	0	4	5	5	3	2
		B	0	0.2	0.8	0.6	0.2	0.2
		C	—	—	—	0.6	1.0	1.4
<i>H. odorata</i>	2	A	0	0	5	5	5	5
		B	0	0	0.7	2.4	3.1	3.4
		C	—	—	—	2.2	5.4	10.0
<i>H. nervosa</i>	1	A	0	0	5	5	5	4
		B	0	0	1.5	2.1	2.3	1.3
		C	—	—	—	0.4	2.2	1.0
<i>D. aromatica</i>	2	A	0	0	5	5	5	5
		B	0	0	1.1	1.2	1.3	1.5
		C	—	—	0.6	3.0	7.8	14.5
<i>I. palenbanica*</i>	2	A	1	4	5	5	5	5
		B	—	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
		C	—	0.4	10.8	15.8	16.2	24.0

A : 5 本処理苗中の萌芽苗数, Number of seedlings sprouted/5 seedlings tested, B : 茎 10cm 当りの萌芽数, Number of sprouts/unit length (10cm stem), C : 最長萌芽枝の長さ (cm), Length of the longest sprout (cm). * 豆科, Legume.

3. 苗木の貯蔵および水分状態と活着

裸根苗の移植ではポット苗に比較して、苗木の掘取りから植付けまでの間に、苗木はかなりの乾燥状態に置かれる。また移植前の苗木の水分状態は活着に大きく影響することもよく知られている。そこで貯蔵中に苗木からの水分の消失および植付け前の苗木の水分状態が活着におよぼす影響について調べた。

(1) 材料と方法

林間苗畑で育てられた2年生 *S. singkawang* と *S. leprosula* を70本ずつ掘取り、前記同様に根株苗とした。25本ずつの2組を直径数 cm の通気筒をつけた大型ポリ袋に、残り20本を密封袋に入れて室内に放置した。室温は21~28°Cであった。5本ずつを束にして適時重量を測定し、重量減少分を水分消失量とした。通気筒のついた袋から水分消失率がほぼ等しい2束10本ずつの根株苗を適時取り出し、苗床に植付けた。

(2) 結果と考察

通気筒の効果は明らかで、苗木の水分消失は密封袋に比較して早かった (Fig. 2 左)。 *S. leprosula* は *S. singkawang* より水分消失が早かったが、これは一つには前者の苗木の方がやや小さかったためによると思われる。水分消失率が10%前後を越えると、両樹種とも苗木は急速に乾燥し始めるようである。この水分状態あたりから、苗木は枯死過程に入るものと思われる。

植付け前の苗木の水分状態と活着率の関係は両樹種ともほぼ同じであった (Fig. 2 右)。水分消失率が5~6%までは活着率はほとんど低下しないようであるが、それより乾燥すると活着率は急に悪くなった。苗木の半数が枯死する水分消失率は10%前後となり、この値はスギ苗に比較して数%低かった。

水分消失率が数%以内であれば、苗木の活着率は無貯蔵苗と変わらないと思われるので、密封ポリ袋に

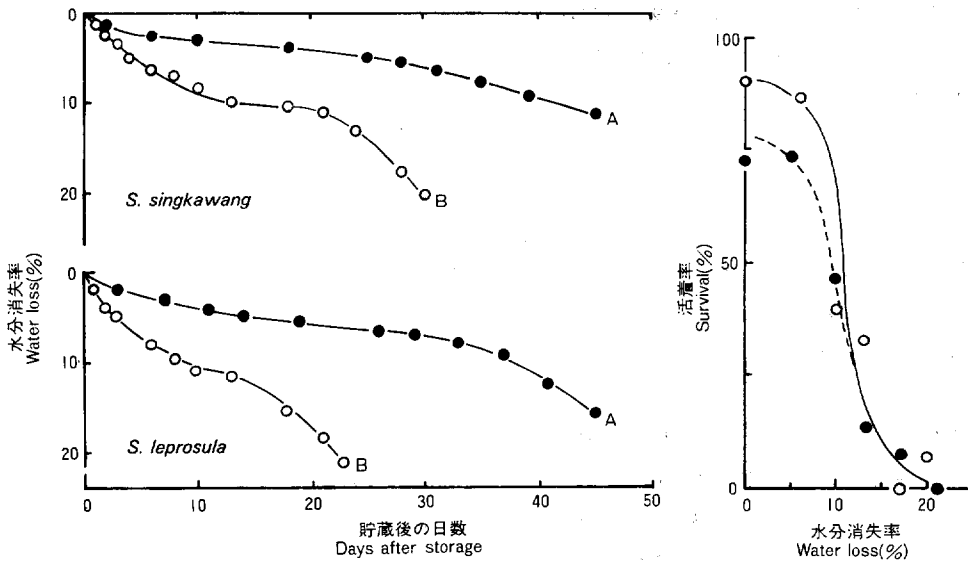


Fig. 2 密封 (A) および 通気筒付 (B) ポリ袋中の根株苗木の水分消失率 (左図) と水分消失率の違う *S. singkawang* (○) および *S. leprosula* (●) 苗木の活着率 (右図)
Water loss from stump seedlings during storage in closed (A) and ventilated (B) plastic bags at room temperature (left), and relation between degree of water loss from the stumps and survival rate after planting of *S. singkawang* (○) and *S. leprosula* (●) (right).

根株苗を入れることにより、両樹種とも 2 週間以上貯蔵できることがわかった。1 か月以上貯蔵するとカビの発生が認められた。予備実験の結果では、同じ 10% 程度の水分消失率の苗木でも、長期間貯蔵した苗木（密封袋）の活着率は短期貯蔵苗木（通気袋）に較べて悪かった。いずれにしても、ポリ袋に根株苗を密封することにより、苗木の掘取りから植付けまでの間の苗木の乾燥を十分防ぎうることがわかった。

4. 活着におよぼす肥料やホルモン類の影響

フタバガキ科でも樹種によっては、裸根苗の移植ができる可能性がある結果が得られてきたが、活着率は全体として低かった。とくに萌芽後枯死する苗木が多数みられた。この原因として、(1) 根系の再生が遅れて、萌芽後の葉による蒸散量の増加分のみあうだけの吸水がおこなえない、(2) 根株に貯蔵養分等が少ないため、萌芽や根の再生が遅れて、水分・養分の欠乏状態に苗木が長期間さらされる、などが考えられた。そこで植物ホルモン類による根の再生・生長の促進および移植前の施肥による根株の無機栄養条件の向上をはかり、移植苗の活着率を上げることを試みた。

(1) 材料と方法

実験 a：無庇陰の苗床で育てられた 1.5 年生 *S. hypochra* を IBA と Atonik（サイトカイニン成分を含んだ細胞賦活剤、旭化学工業）のそれぞれの濃度の溶液に一定時間浸した（Table 3 a）。処理前に苗木は根株状にし、ポリ袋中に 1 日間貯蔵した。各処理 10 本ずつの苗木を用いた。

実験 b：実験開始 2.5 か月前に、複合化学肥料（Nitrophoska-blue, N:P:K:Mg=12:12:12:2）をポット当り 1.3 g ずつ施与した。施肥および無施肥の 1.5 年生 *S. platyclados* と無施肥の 2 年生 *D. aromatica* 苗を根株状にし、実験 a よりやや高濃度の IBA に 2.5 時間浸した（Table 3 b）。IBA 処理前に 2 日間貯蔵した根株苗を各処理 10 本ずつ用いた。

実験 c：無庇陰のコンクリート床に置かれた 1.5 年生 *S. curtisii* ポット苗に Nitrophoska-blue を 1.3 g ずつ施与した。施肥後 1, 2, 3 か月目ごとに苗木を掘取った。掘取り 2 日前に Atonik 2,000 倍液をポット当り 20 ml ずつ与えた。苗木は根株状にし、実験 b と同様に 2 日間貯蔵したものを各処理 10 本ずつ用いた。

(2) 結果と考察

結果は Table 3 に示すとおりであった。一般にオーキシシン類は地上部に対するより、低濃度で地下部の生長を促進するとされている。スギなどの挿木に用いられる IBA 濃度の 500~1,000 倍以上の低濃度で処理したが、実験 a, b のどちらでも IBA 処理による活着率の向上は認められなかった（Table 3 a, b）。長時間処理では逆に阻害される傾向さえ認められた。Atonik 処理も IBA 処理とほぼ同様な結果を示した（Table 3 a, c）。

苗木の生長に対する施肥の効果は、一般に非常に顕著に現われる。施肥後 2 週間もすると、葉は濃緑色になり、旺盛な生長を開始する。実験前の苗木には、このような明らかな差が施肥と無施肥苗の間に認められた。しかし移植後の活着率には施肥の有無による差はほとんど認められなかった（Table 3 b, c）。もっとも、萌芽率は施肥苗の方が高かったが、萌芽後の枯死率が施肥苗の方が高かったため、活着率は施肥・無施肥苗間で差がなくなった。

活着率の悪い *S. platyclados* や *S. curtisii* の移植苗を掘取り、根の状態を観察した結果では、活着率の良い *S. talura* や *S. hypochra* に較べて、太根から根の再生がほとんど見られなかった。施肥によって萌芽性は高められるとしても、その後枯れる率が高いのは、根系の再生に問題があるのかもしれない。

Table 3. 根株移植苗の活着におよぼす生長調節物質と肥料の影響
Effects of some plant growth substances and fertilizer on survival of stumps transplanted

a : *S. hypochra* の活着率 (%)

Survival of *S. hypochra*

処 理 Treatments	濃 度 Concentration	処 理 時 間 Time of treatments		
		5 min	5 hr	24 hr
IBA	$10^{-6}M$	100	100	42
	$10^{-8}M$	100	100	100
	$10^{-10}M$	100	93	83
Atonik*	×2,000	67	93	75
	×4,000	100	100	92
Water		92	100	100

* Solution containing cytokinin-like substance.

b : *S. platyclados* と *D. aromatica* の萌芽率と活着率 (%)

Rates of sprouting and survival of *S. platyclados* and *D. aromatica*

樹 種 Species	<i>S. platyclados</i>				<i>D. aromatica</i>	
	+		-		-	
施 肥* Fertilization						
区 分** Category	A (%)	B (%)	A (%)	B (%)	A (%)	B (%)
$10^{-5}M$ IBA	27	0	20	10	20	7
$10^{-6}M$ IBA	33	7	10	0	13	13
$10^{-7}M$ IBA	33	0	0	0	27	20
Water	54	20	10	0	27	7

* + : 施肥苗, Fertilized transplants, - : 無施肥苗, Unfertilized transplants.

** A : 萌芽率, Rate of sprouting, B : 活着率, Rate of survival.

c : *S. curtisii* の萌芽率と活着率 (%)

Rates of sprouting and survival of *S. curtisii*

施肥後の月数 Months after fertilization		1		2		3	
		+	-	+	-	+	-
施 肥* Fertilization							
Atonik (×2,000)	A*	40	40	80	10	70	40
	B	0	20	10	10	30	30
Water	A	70	60	60	40	60	20
	B	50	40	50	30	20	10

* +, -, A, B の記号は Table 3 b と同じ。

+ , - , A, and B are same as those in Table 3 b.

Table 4. 苗木の根元径と移植後の活着の関係
Relation between diameter at root collar and survival of transplants

樹種 Species	<i>S. assamica</i>				<i>S. ovalis</i>		
	根元直径階 Diameter range (mm)	4.5 } 6.0	6.0 } 7.5	7.5 }	10.0 } 12.0	10.0 } 12.0	12.0 }
処理苗木数 Number of seedlings tested	15	23	26	12	13	16	9
活着本数 Number of seedlings survived	10	18	26	12	3	7	5
活着率(%) % of survival	67	78	100	100	23	44	56

5. 苗木の大きさと活着

苗木の形質が移植苗の活着に大きく影響することはよく知られている。根元径の大きさと根重量の間には相対生長関係が認められることをフタバガキ科苗木でも確認している⁹⁾。ここでは苗木の根元の太さと活着の関係について調べた。

(1) 材料と方法

3年生の *S. ovalis* 苗（無庇陰床苗）および1年生の *S. assamica* 苗（0~67%の間4段階の遮光下で育てたポット苗）から、根元径の違う苗木を10本以上選び、常法により根株移植をした。

(2) 結果と考察

根元径が大きくなるほど活着率が高まる傾向が両樹種ともに認められた（Table 4）。径の大きい苗木は移植前の生育状態が良好であったことを意味すると共に、根株に保有される養水分が多いことが苗木の活着にとって有利に働くためであると考えられる。現地の苗畑では、茎の太さより苗高が山出し苗の規格として重視される傾向がある。またポット苗が普通であるため、根切りの習慣がないので、苗床の苗木は側根の発達が悪く、いわゆるゴボウ根の苗木が多い。裸根苗の移植に適した育苗法の確立も今後の課題であろう。

6. ま と め

苗木の地上部を大部分除去した根株苗で移植することにより、いくつかのフタバガキ科樹種、例えば *S. assamica*, *S. hypochra*, *S. singkawang*, *S. laut* など裸根苗による移植が可能であることが示唆された。一方 *S. curtisii*, *S. ovalis*, *H. beccariana*, *H. nervosa* などでは低い萌芽性や萌芽後の高い枯死率などから、裸根苗の移植は相当に困難であることが予想された。活着率を向上させるために、肥料や植物ホルモン類の供与を試みたが、実験に用いた条件ではそれらの効果は認められなかった。根元径が大きく、側根の発達した苗木は活着率が良かった。苗木の掘取りから植付けまでの間の苗木の乾燥は、ポリ袋に苗木を密封することにより、実用的に十分防げることがわかった。

III 苗木の活着・生長と貯蔵でんぷん

根株移植苗は、根や枝葉が再生して養分が十分供給できるようになるまでの間は、根株に含まれる養分を利用して、根や萌芽枝葉の生長を行う。根株に貯蔵養分が多いほど、これら苗木器官の再生・生長は早

いと考えられる。この再生をできるかぎり早めることは、移植苗の活着および移植後の生長停滞を短縮するのに望ましいことである。

施肥によって根株の無機養分状態を良くして、活着の向上を試みたが、その効果はほとんど認められなかった。根株苗では光合成器官である葉がないため、貯蔵炭水化物も苗木器官の再生・生長に重要な役割を果たしているものと考えられる。貯蔵炭水化物としてはでんぷんと脂質が主なものである。数種のフタバガキ科樹種の苗木を調べた結果では、茎には脂質の蓄積はほとんど認められなかったが、でんぷん粒は多くみられた。

この章では、貯蔵でんぷんが移植苗の活着・生長におよぼす影響やでんぷんの蓄積に与える2, 3の環境要因および樹種特性について報告する。

1. 移植後の根株内貯蔵でんぷんの変化

移植後に根株に含まれる貯蔵でんぷんが萌芽や根の生長に利用されるかどうかをみるために、地際部の茎に含まれるでんぷん粒の移植後の消長を経時的に測定した。

(1) 材料と方法

露地植えの2年生 *S. talura* と *H. beccariana* 苗木各40本を掘取り、前記の方法により根株移植をした。移植前と後に1回につき5本ずつの苗木から地際部の茎（長さ約5cm）を採取した。この茎片は直ちに5%アルコール中に保存した。保存茎片の上下部2か所から、円周にそって3個ずつのでんぷん測定用の切片を採取した。

この切片をヨード・ヨードカリ溶液（ヨードカリ1gとヨード1gを100mlの水に溶解）中に浸して、でんぷん粒を染色したのち、顕微鏡下ででんぷん粒の量の多少を測定した。測定基準は、でんぷん粒のつまり具合や面積的な広がり程度により、0~4の5段階に分けた。苗木1本当たり6個の切片の値の平均値を求め、これをでんぷん蓄積度とした。この蓄積度は相対的な濃度を表示し、絶対量を示す尺度とはなりえないが、簡便法としてこの蓄積度を用いた。以下の実験においても、すべて上述の方法ででんぷん蓄積度を求めた。

(2) 結果と考察

茎のでんぷん粒は木部と内樹皮部の両方の柔細胞中に沈着していた。*S. talura* では、萌芽が始まるまでは貯蔵でんぷんはほとんど変らなかったが、萌芽の生長が始まると、それは漸次減少した（Fig. 3）。このでんぷんの減少は、木部・内樹皮部の両方で生じたが、木部での減少は内樹皮部よりやや遅れる傾向がみられた。なお木部と内樹皮部のでんぷん蓄積度は、以下の実験でも多くの場合、正の相関関係を示したので、すべての実験結果は内樹皮の貯蔵でんぷんについてのみ表示した。

H. beccariana の場合には、移植前の苗木の貯蔵でんぷんは非常に少なく、半数以上の個体ででんぷん粒は全く認められなかった（Table 5）。それでも一応萌芽の生長に伴って貯蔵でんぷんは減少する傾向がみられた。*H. beccariana* は *S. talura* に較べて、萌芽や根の再生が遅いうえに、萌芽葉は非常に小さく、数も少なかった。これらのことは、萌芽枝葉や根の生長に利用される根株内貯蔵でんぷんが *H. beccariana* に非常に少なかったことが主因と思われる。貯蔵でんぷんが少ないことは両樹種の活着にも影響したと思われる。すなわち *S. talura* では100%活着したのに、*H. beccariana* では80%の移植苗が萌芽したが、4か月後には25%しか生き残らなかった。

前にも述べたように、*H. beccariana* 移植苗が萌芽後枯れる現象はこの実験でもみられた。貯蔵でんぷ

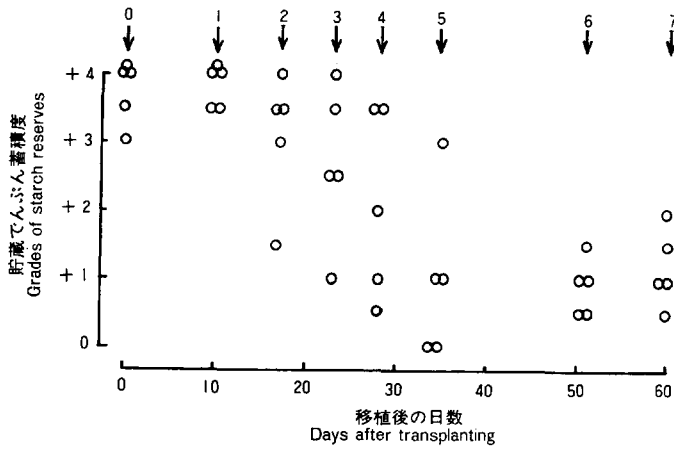


Fig. 3 *S. talura* 苗木の移植後の貯蔵でんぷんの変化
Change of starch reserves in inner bark of *S. talura* stems after stump planting.

生育ステージ

- 0: 移植前
- 1: 側芽膨潤, 白根発生
- 2: 萌芽長 1cm, 白根多数発生
- 3: 開葉始め, 新条長 4cm 以下
- 4: 葉 1~2 枚開く, 新条長 8cm 以下
- 5: 葉 2~3 枚全開, 新条長 12cm 以下
- 6: 葉 1~2 枚成熟, 新条長 15cm 以下
- 7: 葉 2~3 枚成熟, 新条長 16cm 以下

Growth Stages

- Before transplanting
- Bud swelling, new root tips developed
- 1 cm in bud length, many root tips developed
- Initiation of leaf opening, new shoot length is below 4 cm
- 1~2 leaves opened, new shoot length is below 8 cm
- 2~3 leaves opened, new shoot length is below 12 cm
- 1~2 leaves matured, new shoot length is below 15 cm
- 2~3 leaves matured, new shoot length is below 16 cm.

Table 5. *H. beccariana* の苗木茎に含有される貯蔵でんぷんの移植後の変化
Change of starch content stored in stem after transplanting of *H. beccariana*

貯蔵でんぷん蓄積度 Grades of starch reserves	0	0~+1	+1
移植苗の生長ステージ Growth stages of transplants	苗木数 Number of seedlings		
1. 移植前 Before transplanting	4	2	1
2. 半月後; 芽の膨潤もみられず 0.5 month; No bud swelling	3	2	0
3. 1か月後; 萌芽開始, 白根未発根 1.0 month; Start of bud outgrowth. No formation of new root tips.	5	0	0
4. 1.5か月後; 開葉始める。苗木1本だけ白根形成 1.5 month; Start of leaf opening. One seedling formed new root tips.	4	1	0
5. 2.3か月後; 2~3枚の葉全開。少数の小さな新根形成 2.3 month; 2~3 leaves expanded. All seedlings had a few and small new root tips.	5	0	0

んが少ないと萌芽枝の生長が悪いために、移植苗は光合成産物が不足した状態に長期間おかれる。光合成が遮光や摘葉によって制限されると、根の生長が低下することはよく知られている。したがって貯蔵でんぶんの不足は根の生長停滞を招き、わずかな乾燥でも移植苗は水分欠乏になりやすくなる。これが萌芽後の高い枯死率の原因であろう。いずれにしても、根株苗の移植後の初期生長は貯蔵でんぶんに依存しており、根株に貯蔵でんぶんが多量に含まれていることが、移植苗の活着・生長にとって重要であることが示唆された。

2. 貯蔵でんぶんと根株苗の活着・生長

根株苗の移植の場合、根株の貯蔵養分、とくに貯蔵でんぶんの多少が苗木の活着に影響することが前項で示唆された。そこで個々の苗木個体の貯蔵でんぶん蓄積度とそれの移植後の活着・生長の関係について調べた。

(1) 材料と方法

1年生 *S. assamica* ポット苗と2年生 *S. ovalis* 露地植え苗各50本を常法により根株移植した。移植前に個体ごとの貯蔵でんぶん測定用茎片を苗高の1/2の高さの部位から採取した。苗木の活着状態は移植4か月後に判定し、その結果と個体ごとのでんぶん蓄積度の関係を求めた。

(2) 結果と考察

移植前の茎の内樹皮に含まれた貯蔵でんぶんと移植後の活着率の関係を Table 6 に示した。両樹種ともに貯蔵でんぶんの多い個体ほど高い活着率を示した。したがって前項で考察したように、貯蔵でんぶんが根株苗の活着に対して重要な役割を果たしていることが確認された。このことは、山出し苗木の規格や適否判定に、根元径や TR 率などの形態的な因子だけでなく、苗木の質的な活力を表示する指標の一つとして、樹体内貯蔵でんぶん量が利用できることを示している。

苗木の貯蔵でんぶんの多少は移植後の活着だけでなく、萌芽枝の初期生長にも影響すると考えられる。そこで *S. assamica* 苗を用いて、移植前の苗木のでんぶん蓄積度、根元径の大きさ、移植後の萌芽枝の生長（2か月間）の3つの関係について図示してみた（Fig. 4）。図から明らかのごとく、貯蔵でんぶんが多いほど、また根元径が大きいほど、萌芽枝の初期生長は良好であると言える。根元径が大きいことは、それだけ多量にでんぶんを貯蔵できる空間があることを意味する。したがって相対的濃度であるでんぶん蓄積度が同じでも、径が大きい苗木の方が利用できるでんぶん量が多いのが普通である。

Table 6. 苗木茎の貯蔵でんぶんが移植後の活着におよぼす影響
Effect of starch content stored in stem on survival of transplants

でんぶん蓄積度 Starch grades	0~+1	+1~+2	+2~+3	+3~+4	+4
<i>S. assamica</i>					
処理苗木数 No. of seedlings tested	7	8	9	15	11
活着率 (%) Survival	14	63	100	100	100
<i>S. ovalis</i>					
処理苗木数 No. of seedlings tested	10	12	18	9	—
活着率 (%) Survival	10	33	50	78	—

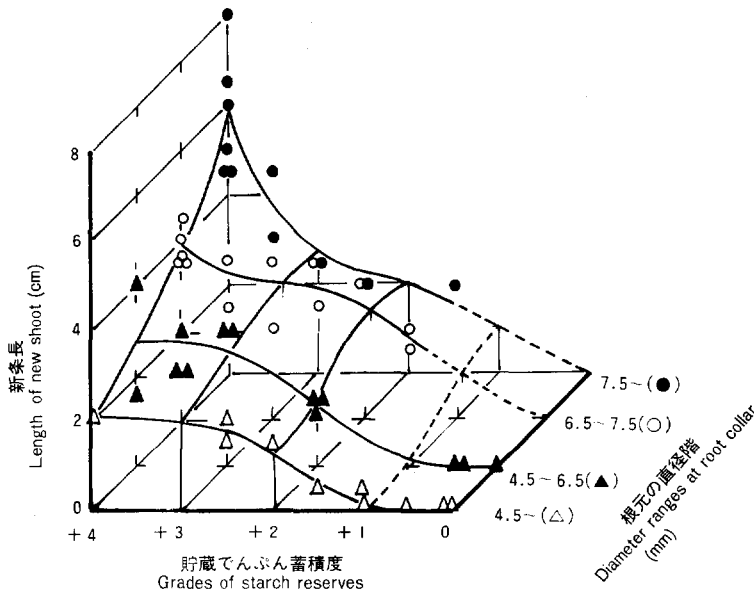


Fig. 4 *S. assamica* の移植後2か月間の新条生長におよぼす移植前の苗木の貯蔵でんぷんと根元径の影響
Effect of starch reserves and diameter at root collar on new shoot growth for 2 months after stump planting of *S. assamica*.

根株苗では、光合成器官が除去されているので、移植後の生長の停滞が長期にわたることが欠点の一つである。貯蔵でんぷんの多い苗木を用いることによって、活着率が向上するばかりでなく、初期生長の遅滞をいくらかでも短縮することが期待できる。これによって、雑草木との競争をいくらかでも緩和できる可能性がある。したがって貯蔵でんぷんの多い苗木を育てることは、根株造林を実行する上に重要なことである。

3. 庇陰が苗木の貯蔵でんぷんの蓄積におよぼす影響

貯蔵でんぷんの多い苗木を育てることは重要であると考えられた。光合成が制限されたような条件下で苗木を育てた場合には、光合成の産物であるでんぷんは蓄積することが少ないと予想される。そこでまず庇陰の程度を変えた遮光下で育てた苗木の貯蔵でんぷんの蓄積の様子を調べた。

(1) 材料と方法

相対照度を 85, 73, 53, 32% に調節した庇陰ネットおよび林床の平均相対照度が 15, 9, 6, 3, 1.5% のところに本葉が展開した直後の *S. assamica* (庇陰ネットのみ) と *H. helferi* のポット苗を置いた。*S. assamica* は 9 か月後に、*H. helferi* は 6 か月と 1 年後に、それぞれの苗木に含まれる貯蔵でんぷんを測定した。貯蔵でんぷん測定には、前者からは 10 本、後者からは 4 本ずつの苗木を用いた。用いた苗木の大きさは Table 7 のとおりである。

(2) 結果と考察

S. assamica の 100% 区 (裸地) の苗木は虫に葉を食害されて、葉量が半分ほどに減少した不健全な苗木であった (Table 7)。またこの樹種は沢沿いに好んで生育するといわれているので、裸地では乾燥気

Table 7. 貯蔵でんぷん測定に用いた苗木の大きさ
Height and diameter of seedlings used for starch determination

樹種 Species	庇陰処理月数 Months of shade treatments		相対照度 Relative light illuminance (%)									
			1.5	3	6	9	15	32	53	73	85	100
<i>S. assamica</i>	9	H	—	—	—	—	—	40.0	44.5	37.5	34.3	24.6
		D	—	—	—	—	—	5.4	6.3	5.8	5.8	3.5
<i>H. helferi</i>	6	H	8.8	9.8	11.5	13.0	14.5	19.5	20.3	16.3	17.4	15.4
		D	1.5	1.7	2.0	2.2	2.6	3.6	4.1	4.0	3.6	3.8
	12	H	9.4	12.0	15.3	19.8	24.2	38.7	37.9	31.4	27.8	24.7
		D	1.6	1.8	2.3	2.6	3.4	5.7	5.9	5.8	5.8	5.5

H : 苗高, Seedling height (cm), D : 根元径, Diameter of root collar (mm).

Table 8. 庇陰下で育てられた *S. assamica* 苗木の茎の貯蔵でんぷん
Starch content in stem of *S. assamica* seedlings grown under
different light conditions for 9 months

相対照度 (%) Relative light illuminance	でんぷん蓄積度 Starch grades				
	0~+1	+1~+2	+2~+3	+3~+4	+4
100	5*	3	1		
85	1	1	2	4	2
73		1	1	6	2
53	1	0	3	3	3
32		2	2	3	3

* 苗木数, Number of seedlings.

味であったことも生育不良の原因になったかもしれない。したがって100%区を除外して考えると、32%~85%の間の相対照度下では、苗木の貯蔵でんぷん蓄積度にはほとんど差がなかったと言えるだろう (Table 8)。

一般に日中の裸地での照度は10万 lux を優に越える。したがって32%区でも日中には3万 lux を越えることになり、陽性な樹種といわれる *S. talura* でも光合成は光飽和の状態になる²⁾。このように光が著しく制限されていない条件では、でんぷんの蓄積は抑制されないようである。

H. helferi の6か月目と1年目の苗木茎に含まれたでんぷんを Fig. 5 に示した。6か月目では、暗くなるほど貯蔵でんぷんは減少する傾向がみられた。とくに相対照度が30%前後以下になると、その蓄積度はかなり少なくなった。しかし1年後には、相対照度が約10%以上の明るさの場所では、貯蔵でんぷんはほとんど同じとなった。

庇陰試験の結果では、この樹種は比較的耐性が強いことが明らかにされている²⁾。したがってある程度の弱光下でも、*H. helferi* はわずかずつではあるが、でんぷんを蓄積する性質を有するものと思われる。しかし生長がわずかしか認められなかった相対照度数%以下の暗い場所では (Table 7), 1年を経過しても貯蔵でんぷんの増加はほとんど零に等しかった。

以上の結果から、光の制限によって貯蔵でんぷんの蓄積は減少するが、それはかなり低照度になってはじめて起きるようである。したがってでんぷんの蓄積という面からだけみれば、30%前後の低照度下でも苗木を育てることは可能であると言える。しかしこのような低照度では、苗木は徒長気味で、組織も柔軟

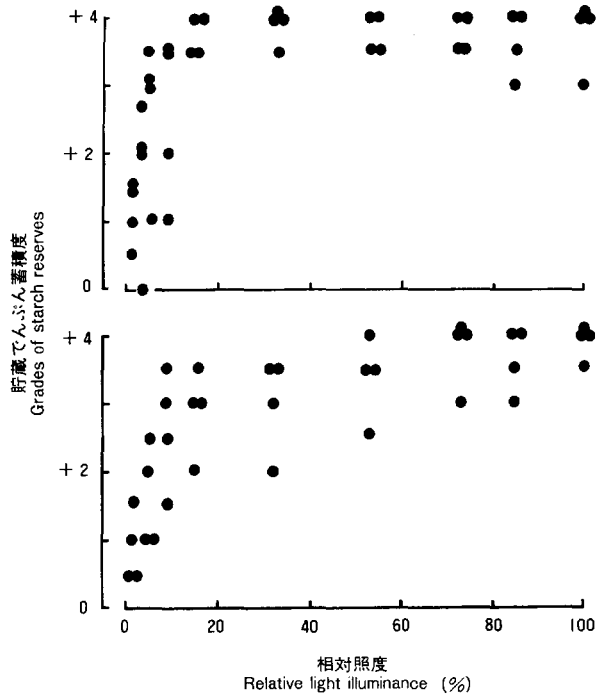


Fig. 5 いろいろな光強度のもとで育てた *H. helferi* 苗木の6か月(下図)と12か月(上図)目の貯蔵でんぷん
 Effect of light conditions on starch reserves in stem of *H. helferi* seedlings at 6 (lower) and 12 (upper) months of shade treatments.

であるので裸根苗の移植には適さない。庇陰試験の結果では、50~75%程度の相対照度下で最も健全と思われる形態をした苗木が得られた²⁾。

4. 施肥が苗木の貯蔵でんぷんの蓄積におよぼす影響

前述したようにフタバガキ科樹種の苗木の生長に対する施肥の効果は著しい。施肥によって光合成活動を活発にすることは、貯蔵でんぷんの増加を導く可能性がある。そこで施肥後の苗木の貯蔵でんぷんの消長を調べた。

(1) 材料と方法

ポット植えの2年生 *S. talura* と *S. curtisii* 苗木にポット当たり 1.3 g の Nitrophoska-blue を施与した。これらの苗木は施肥前の少なくとも1年間は全く肥料が与えられておらず、その生長はほとんど認められない程度のものであった。施肥後2週間ごとに4本ずつの苗木を採取し、地際部の茎のでんぷん粒を測定した。

(2) 結果と考察

実験前には、苗木は肥料不足で生長が停滞していたので、貯蔵でんぷんは少ないものと予想していたが、両樹種とも施肥前はかなりのでんぷんを蓄積していた (Fig. 6)。施肥後、苗木は旺盛な生長を開始し、その貯蔵でんぷんは逆に減少した。

以上のことは多分次のように説明されるであろう。施肥前は無機養分不足のため、光合成産物が生長よ

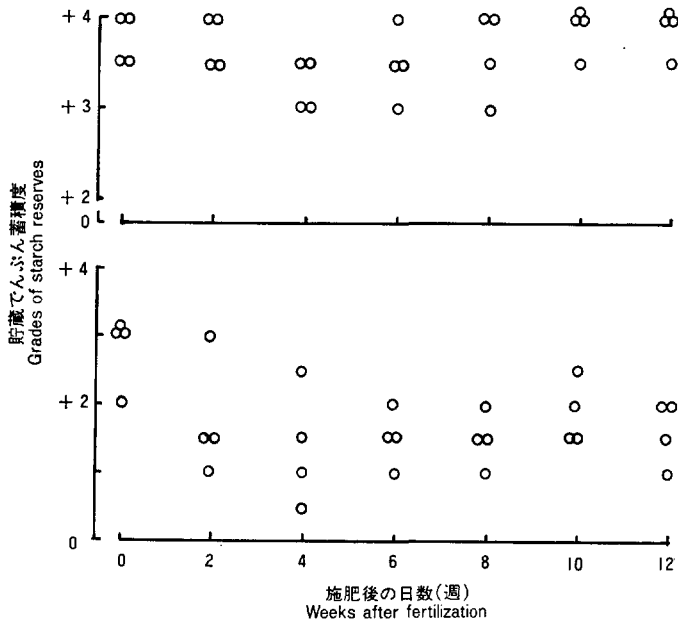


Fig. 6 *S. talura* (上図) と *S. curtisii* (下図) 苗木の施肥後の貯蔵でんぷんの変化

Changes of starch reserves in stem of *S. talura* (upper) and *S. curtisii* (lower) seedlings after fertilization.

りででんぷん蓄積に回される割合が高かったものと思われる。施肥によって無機栄養条件が良くなると、これまで蓄積していた貯蔵でんぷんをも利用して生長を始めるために、貯蔵でんぷんの減少が施肥後生じたものと思われる。

施肥後の貯蔵でんぷんの減少は *S. curtisii* でより大きく、かつ長期にわたった。後述するように、*S. curtisii* は正常な生育状態では貯蔵でんぷんを蓄積することが少ないので、光合成産物は生長に優先的に利用される性質があるためと思われる。一方 *S. talura* は常に多量の でんぷんを蓄積する性質があるので、その減少が少ない上に、回復も早かったのであろう。

根株にでんぷん同様に無機養分の貯蔵が多ければ、移植後の苗木の活着・生長にとって有利であると思われる¹⁰⁾。しかし II・4 で示したように、施肥によって、*S. curtisii* や *S. platyclados* の活着率の向上はほとんど望めなかった。これらのことから、単に施肥をするだけでは、体内の貯蔵でんぷんを多くしたり、活着率を向上させることは難しいようである。なお移植後の施肥は萌芽枝の生長にとって明らかな効果がみられた (結果の数値は省略)。

5. 苗木の貯蔵でんぷんの季節変化

温帯では、樹体に含まれる貯蔵でんぷん量が季節によって大きく変わることはよく知られている。温度・雨量・日長のいずれも明らかな季節変化を示さない熱帯多雨林地帯では、貯蔵でんぷんが1年を通じてどのように変化するかを調べた。

(1) 材料と方法

5 樹種のポット苗 (1.5~2 年生) の地際部の茎に含まれる貯蔵でんぷんを 1978 年 9 月から翌年の 9 月まで毎月 1 回ずつ測定した。ただし *S. curtisii* のポット苗は本数が足りなかったため、1979 年 7 月以後

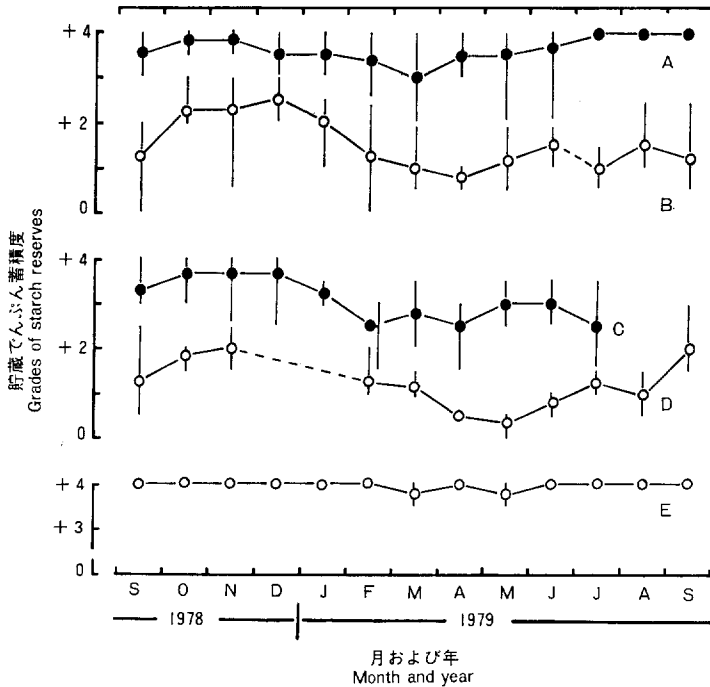


Fig. 7 フタバガキ科 5 種の苗木茎の貯蔵でんぶんの季節変化
 Seasonal changes of starch reserves in stem of five dipterocarp species.
 A : *S. talura*, B : *S. curtisii*, C : *S. ovalis*, D : *D. aromatica*, E : *H. odorata*.

は露地植え苗木を用いた。苗木は 1 回に 5 木ずつ採取した。

(2) 結果と考察

クアラルンプールの日長は 1 月の 11 時間 57 分から 6 月の 12 時間 16 分の間で、1 年間に 19 分しか変わらない。年平均気温は 27.1°C で、月平均気温の年較差はわずか 1.1°C である。年平均雨量は約 2,500 mm であるが、降雨量には多少季節性がある。すなわち最多雨月は 11 月の 289 mm、最少雨月は 7 月の 117 mm で、1~2 月と 7~8 月頃にやや降雨が少なくなる (Fig. 9)。しかし蒸発量が降雨量を上回るような乾季は全くみられない典型的な熱帯多雨気候である。

このような気候のもとでは、苗木の茎に含まれる貯蔵でんぶんの年変化もごくわずかで、温帯のような明瞭な季節変化は認められなかった (Fig. 7)。通常苗木は一年中生長をつづけ、生長を休止することがないから、この結果は当然なことかもしれない。

ここで興味あることは、季節変化よりもむしろ樹種間差がみられたことである。年中貯蔵でんぶんを高いレベルで保有する樹種 (*S. talura*, *H. odorata*) と逆に低いレベルにある樹種 (*S. curtisii*, *D. aromatica*) があることである (Fig. 7)。これまでの実験では前者は活着が比較的良く、後者の樹種で悪かった。また前者は雨季・乾季のあるモンスーン林にも生育し、後者は常緑多雨林にしか生育していないという天然分布上の特徴があるように思われた。そこでこの貯蔵でんぶんの蓄積の多少は樹種に固有の性質に基づく可能性が考えられた。

6. 樹種ごとの貯蔵でんぶん・活着・天然分布域の関係

苗木に蓄積される貯蔵でんぶんは、樹種によってその蓄積度合が異なることが示唆された。そこでいう

いろいろな樹種の貯蔵でんぷん蓄積度を測定し、それとこれまでに実行してきた各種の移植実験における移植苗の活着率との関係、さらには各樹種の生育地の環境条件との関係について考察した。

(1) 材料と方法

苗畑のいろいろな条件下で育苗中の1～3年生の苗木を1樹種当り5本ずつ採取し、地際部の茎の内樹皮に含まれる貯蔵でんぷんを測定した。前項の実験で、貯蔵でんぷんの季節変化はほとんど認められない程度であったので、測定は1979年6月に1回だけ行った。移植苗の活着率は、ほとんどがこれまでに述べてきた各種の裸根苗の根株移植実験の結果である。したがって、でんぷん測定に用いた苗木材料と活着率を調べた材料とは必ずしも一致していない。

(2) 結果と考察

16種のフタバガキ科の苗木の貯蔵でんぷん蓄積度は Fig. 8 に示すとおりである。それぞれの樹種の裸根苗による根株移植後の活着率と対比してみると、これまで述べてきたように、両者は高い相関を示した (Fig. 8)。すなわち貯蔵でんぷんの多い樹種ほど高い活着率が期待できることが再確認された。またでんぷん蓄積度が+2以下の樹種では、萌芽後枯死する割合が高いこともわかった。

次にこれら16種の天然分布域についてみると⁸⁾、それらは大きく3つのグループに分けられることがわ

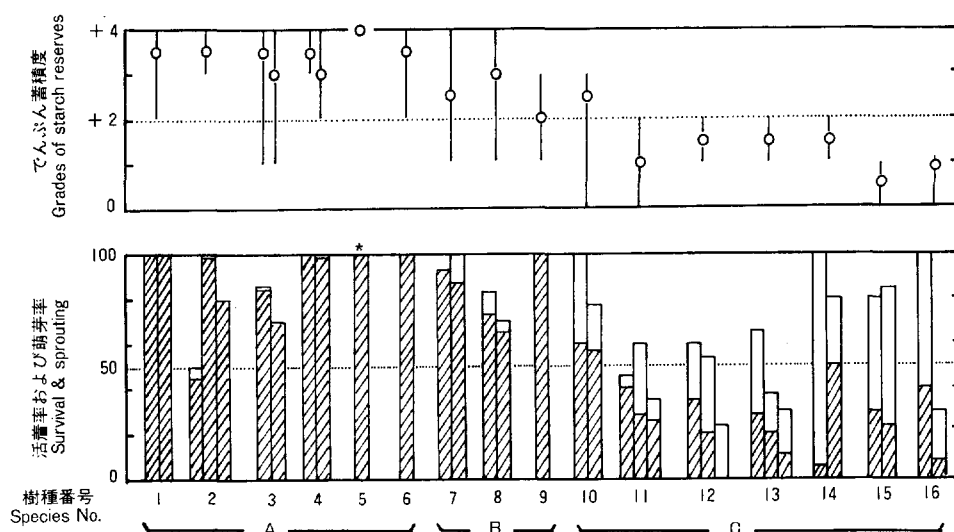


Fig. 8 フタバガキ科16種の苗木の活着率(斜線)、萌芽率(白抜き)
(下図)および苗木茎の貯蔵でんぷん(上図)

Rates of survival (shaded) and sprouting from stumps
(open) of transplants (lower Fig.), and grades of starch
reserves in stems of 16 dipterocarp species (upper Fig.).

A : Species distributing mainly in deciduous monsoon and semi-evergreen
rain forests (north of lat. 10°N in Malay Peninsula),

B : Species distributing in semi-evergreen rain and evergreen rain forests,

C : Species distributing only in evergreen rain forest (south of lat. 6°N in
Malay Peninsula).

Species No. 1 : *S. talura*, 2 : *S. hypochra*, 3 : *S. assamica*, 4 : *H. helferi*, 5 : *H. odorata*, 6 : *V. odorata*, 7 : *S. glauca*, 8 : *S. leprosula*, 9 : *D. oblongifolius*, 10 : *S. singkawang*, 11 : *S. ovalis*, 12 : *S. platyclados*, 13 : *S. curtisii*, 14 : *H. nervosa*, 15 : *H. beccariana*, 16 : *D. aromatica*.

* 佐々木の実験結果より⁹⁾, Survival rate from S. SASAKI⁹⁾.

かった。すなわち (1) ビルマ・タイの雨緑林および半常緑多雨林 (マレイ半島のほぼ中央部, 北緯約 6 度から 10 度の間¹¹⁾) に主として分布している樹種群 (Fig. 8 の A), (2) 半常緑多雨林を北限として, 常緑多雨林 (北緯 6 度以南のマレーシアやボルネオなど) に主に分布している樹種群 (B), (3) 常緑多雨林にのみ分布している樹種群 (C) に分けられた。ただし A 群の *S. assamica* と *V. odorata* はマレイ半島のほぼ全域にも分布している。

これら 3 群の樹種間には, 貯蔵でんぷんと活着率に興味ある関係がみいだされた。A 群の樹種の貯蔵でんぷん蓄積度は +3~+4, 活着率は 75% 以上と共に高く, B 群のそれらは +2~+3 と 50% 以上, C 群では +2 以下と 50% 以下となった。このように樹種の天然分布域が南に下がるほど, 貯蔵でんぷんと根株移植苗の活着率は低下した。

この地域の気象条件 (理科年表, 昭和 51 年版) と降雨型分布¹¹⁾ を Fig. 9 に示した。この図で明らかごとく, この地域の樹種の天然分布を制約する主要な要因は降雨量の年較差の大小, すなわち乾季の有無, 長短である。したがって A 群 (ビルマ・タイ系) の樹種は長い乾季に耐えうる生活型を有していると言える。例えば, ビルマからインドのアッサム地方にまで北上している *S. talura* は乾季に落葉する⁸⁾。ケボンの林業研究所構内でさえ, その成木は 1~2 月の弱い乾燥期に落葉する。このようにビルマ・タイ系の樹種は長い乾季に耐える性質上, 光合成産物をでんぷんとして常に多量に樹体内に貯蔵する性質が強いものと考えられる。またこれらの樹種は耐乾性や萌芽性も高いと思われるので, このような諸性質が裸根苗の根株移植に対して好成績を示した原因となったのであろう。

一方, C 群 (マレーシア・ボルネオ系) の樹種は, その生涯を通じて, 高温多湿な気象条件下で生育するため, 樹体に多量のでんぷんを貯蔵することは少なく, 耐乾性なども低いものと考えられる。こうした

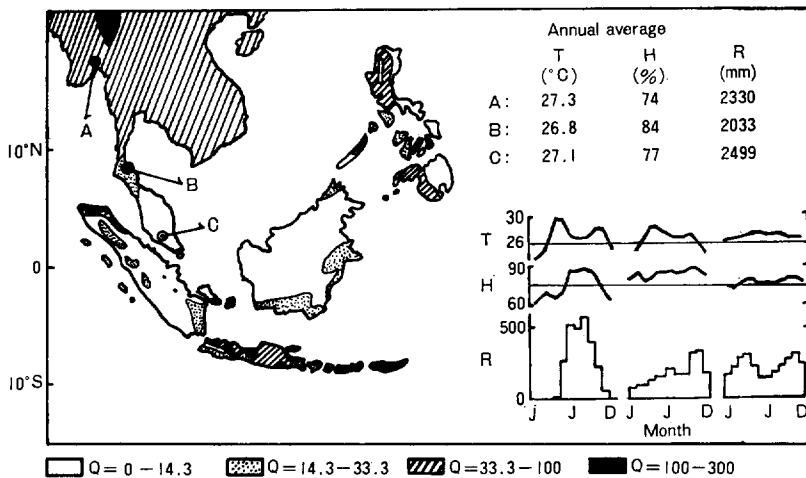


Fig. 9 東南アジアの降雨型¹¹⁾とラングーン (A), チャムホン (B), クアラルンプール (C) の平均気温 (T), 湿度 (H), 雨量 (R)
 Rainfall types of the south-east Asia based on wet/dry period ratios¹¹⁾, and temperature (T), humidity (H), and rainfall (R) in Rangoon (A), Chumphon (B) and Kuala Lumpur (C).

$$Q(\%) = \left(\frac{\text{雨量 60mm 以下の月数}}{\text{雨量 100mm 以上の月数}} \right) \times 100, \quad Q(\%) = \left(\frac{\text{Number of month with less than 60mm of rainfall}}{\text{Number of month with over 100mm of rainfall}} \right) \times 100$$

生理・生態的性質がC群の苗木の裸根苗の移植を困難にしているのであろう。B群に属する樹種は、A、C両群の中間的性質をもっているようである。

貯蔵でんぷん量や耐乾性などは育苗法によってもある程度増加させることが可能であるが、樹種固有の遺伝的性質の枠を越えることは困難である。したがって、ビルマ・タイ系の樹種に対して裸根苗の根株造林法を適用することは比較的容易であると思われる。しかし、マレーシア・ボルネオ系の樹種に対しては、それを適用することは相当に難しいことがわかった。

フタバガキ科の地理的天然分布からみると⁸⁾、*Shorea* 属中 *Eushorea* および *Anthoshorea* グループ、*Parashorea* 属、*Pentachme* 属、*Hopea* 属、*Dipterocarps* 属、*Anisoptera* 属、*Vatica* 属のなかで、雨緑林地帯にも分布している約100種のなかには、裸根苗の根株造林法の適用可能な樹種がかなり含まれているものと推定される。

7. ま と め

根株造林法では、光合成器官である葉が移植苗に全くないために、根株に蓄積されている貯蔵炭水化物、とくにでんぷんを利用して枝葉や根の再生をおこなう。したがって移植苗の活着や初期生長は樹体内の貯蔵でんぷんが多い苗木ほど良好である結果が得られた。この結果は山出し苗木の質的な良否の判断指標として、茎の貯蔵でんぷん蓄積度合が使用できることを示唆した。

苗木の貯蔵でんぷんは生育環境によっても変わる。相対照度が約30%以下の暗い所では、苗木の貯蔵でんぷんは少なくなる。しかし *H. helferi* のように耐陰性の大きい樹種では、10~30%の明るさのところでも、ゆっくりではあるが、貯蔵でんぷんを蓄積した。また無施肥で放置されていた苗木に肥料を与えると、貯蔵でんぷんは施肥後一時的に減る現象がみられた。

季節性のない熱帯地域では、温帯と違って、苗木茎の貯蔵でんぷん量は明らかな季節変化を示さなく、1年を通じてわずかしき変動しなかった。貯蔵でんぷんの蓄積は樹種によっても異なり、でんぷんを多量に蓄積する樹種は1年中高いレベルでそれを含有し、その少ない樹種は常に低レベルであった。

貯蔵でんぷんを蓄積しやすい樹種は、ビルマ・タイ地方の明瞭な雨季・乾季のある雨緑林を中心に天然分布する樹種であった。一方マレーシア・ボルネオなどの常緑多雨林にのみ分布する樹種は、でんぷんを蓄積してもその量は少なかった。前者に属する樹種は裸根苗の根株移植をしても高い活着率を示したが、後者では低かった。これには単に貯蔵でんぷんの多少だけでなく、苗木の萌芽性や耐乾性などを含めた樹種の生理・生態的特性も当然関係しているものと考えられる。いずれにしても、貯蔵でんぷんの多少によって、裸根苗の移植に対する苗木個体や樹種の適性を統一的に理解することができた。

IV 総 合 考 察

裸根苗木の移植においては、苗木の掘取りから植付けまでの間、苗木は根からの吸水が断ち切られることになる。植付け後でさえ、根系の再生が十分でない間は、吸水は十分に行い難い状態に置かれる。したがって移植苗の活着率を高めるためには、掘取りから活着までの間の苗木からの水分の消失を防ぎ、根の再生を早めて吸水を早く再開させることが主な手段となる。

水分の消失を少なくするためには、苗木の枝葉を除去する方法が効率的で、他樹種では実際に古くから行われている。この方法の一種である全枝葉と主軸上半部を除去した苗木を移植することによって（以下根株移植と称する）、いくつかの樹種は裸根でも移植が可能であることがわかった。この根株移植法によ

ると、光合成器官である葉がないために、移植後の苗木の生長停滞期間が長びく可能性がある。しかし究極的には苗木を生き残らせることがまず第一に重要であるから、フタバガキ科の裸根苗の造林には根株苗を用いることが有効な方法であろう。

根株移植が困難であった樹種、例えば *S. curtisii*, *S. ovalis*, *H. beccariana* などは根株からの萌芽性が悪いか、萌芽してもその後枯れる率が高いかのいずれかであった。萌芽後枯れる率の高い樹種では、萌芽枝や根の再生・生長に必要な貯蔵養分、とくに炭水化物が根株に乏しかったことが、萌芽後の高い枯死率を導いた主因と思われる。このことは、(1) 貯蔵でんぷんは移植後の苗木の生長に利用される、(2) 貯蔵でんぷんの多い苗木個体ほど活着・生長が良い、(3) しかし上記の根株移植が困難であった樹種では、苗木の茎に含有される貯蔵でんぷんは少ないという事実から裏付けられよう。要するに貯蔵でんぷんの欠乏は、萌芽枝や根の再生・生長停滞を招き、それが移植苗の養水分の欠乏状態をより長びかせる結果となり活着率の低下につながると結論づけられよう。なお貯蔵養分として無機成分も無視出来ないと思われるが¹⁰⁾、この点についてはこんごの研究に残されている。ただ移植前に施肥を実行して活着率を向上させる試みでは、施肥の効果は認められなかった。

貯蔵でんぷんを樹体に蓄積しやすい樹種は、調べた 16 種の範囲では例外なくビルマ・タイ地方の雨緑林を中心に天然分布している樹種であった。一方マレーシア・ボルネオの常緑多雨林にのみ分布する樹種では貯蔵でんぷんは常に少なかった。このように樹種の天然分布域が南下するほど貯蔵でんぷんは少なくなったが、これはそれぞれの樹種が生育する地域の環境条件に適応した結果であると思われる。すなわち長い乾季に耐えうる生活型を持つ樹種ほど貯蔵でんぷんを多量に蓄積する性質があると言える。

佐々木らはマレーシア・ボルネオのみに分布する樹種に比較して、ビルマ・タイ地方の樹種は耐低温性が高く、長期間の苗木貯蔵に耐え、開花・結実の頻度も高いと報告している⁵⁾⁶⁾。ビルマ・タイ系の樹种群の中には、その生育地の環境条件から考えて、耐乾性が大きく、陽樹的性質の強い樹種が多いと思われる。

フタバガキ科の多くの樹種は一般に一斉林を形成することは少ない上に、現在東南アジア地域で一斉造林が行われている早成樹やマツ類に比較すれば、かなり耐陰性が強く、幼齢時の生長も早いとはいえない²⁾⁴⁾。これらのことを考えると、ビルマ・タイ系の樹種はマレーシア・ボルネオ系に比較して、造林的な取扱いがやさしい樹種が多いと言えるだろう。

次に裸根苗による造林がどのような造林地に適用可能かについて考えてみる。一般にマレーシアのような熱帯多雨地帯でも、裸地では水の蒸発量が降雨量を上回り、一時的に土壤がかなり乾燥するとされている¹¹⁾。また庇陰試験の結果では裸地の苗木は生長がかなり抑制された²⁾。裸地では生長の早い雑草木の繁茂が著しい上に、裸根苗は移植時に苗木が乾燥しやすいので、裸根苗による大面積皆伐造林はビルマ・タイ系の樹種といえども難しいと思われる。

現地では、水分環境が良く、雑草木の侵入の少ない樹下植栽や 3~4 m の線状伐開地にポット苗の造林が行われているが、林冠の疎開がほとんど行われず、光量不足で苗木の生長が抑圧されている場合が非常に多い。以上の諸点を考えると、裸根苗の根株造林は相対照度が 10% 程度以上に保たれたかなり明るい林地でかつ適度の庇陰がある場所、例えば択伐跡地、小面積群状皆伐地、早生樹種、とくに葉量の少ないユーカリやアルビジアの造林地への樹下植栽などに適用するのが望ましいと考える。なおここで報告した全ての実験は、ケボンの林業研究所の苗畑で行った結果であるので、今後山出し植栽試験が必要であ

ろう。

V 謝 辞

この研究はマレーシア国林業研究所所長 Dr. Salleh bin Mohd. Nor, 同副所長 Dr. Francis S. P. Ng をはじめとする同研究所所員一同の理解と協力によって完成された。よってここに深く感謝の意を表わす。また在外研究期間中数々の便宜と支援をして下さった熱帯農業研究センターおよび林業試験場の関係各位に感謝する。

引用文献

- 1) Forestry Department of Peninsular Malaysia : Forest resource base, policy and legislation of Peninsular Malaysia. Malay. Forester, **42** : 328~347, (1979)
- 2) MORI, T. : Physiological studies on some dipterocarp species of Peninsular Malaysia as a basis for artificial regeneration. Research Pamph., **78** : 1~76, For. Res. Inst., Kepong, Malaysia, (1980)
- 3) 森川 靖・井上敏雄・佐々木恵彦 : いろいろな光強度で生育した *Shorea talura* 苗の光 - 光合成曲線, 林試研報, **309**, 109~115, (1980)
- 4) RICHARDS, P. W. 著, 植松眞一・吉良竜夫共訳 : 熱帯多雨林—生態学的研究—, 共立出版, pp. 506, (1978)
- 5) SASAKI, S. : Growth and storage of bare-root planting stock of dipterocarps with particular reference to *Shorea talura*. Malay. Forester, **43** : 144~160, (1980)
- 6) ———, TAN, C. H., and ZULFATAH b. Hj. A. R. : Some observations on unusual flowering and fruiting of dipterocarps. Malay. Forester, **42** : 38~45, (1979)
- 7) 佐藤大七郎 : 植えつけ, 造林ハンドブック, 236~247, 養賢堂, (1965)
- 8) SYMINGTON, C. F. : Foresters' manual of dipterocarps. Malay. For. Rec. No. 16, Univ. Malaya Print. Malaysia, pp. 244, (1943)
- 9) TANG, H. T. and WADLEY, H. E. : Report on the survival and development of areas reforested by line planting in Selangor. Research Pamph., **67**, 1~30, For. Res. Inst., Kepong, Malaysia, (1976)
- 10) 塘 隆男 : わが国の主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究, 林試研報, **137**, 1~158, (1962)
- 11) WHITMORE, T. C. : Tropical rain forests of the far east. Clarendon Press, Oxford, pp. 282, (1975)

Bare-root Planting of Malaysian Dipterocarps*
—Effect of starch reserves in stem on survival
and growth of transplants—

Tokunori MORI⁽¹⁾

Summary

Artificial regeneration with dipterocarp species is likely to play an important role in the reforestation of dipterocarp forests in Peninsular Malaysia in the near future because of the marked reduction of forest resources during the past decade and the difficulty of obtaining adequate natural regeneration in hill forests. Although the artificial planting of dipterocarp seedling stock has been carried out on a small scale using potted seedlings, this method usually entails high cost in the hill forest. If it is possible to carry out a planting of bare-root seedlings, the cost of planting could be substantially reduced and the reforestation area would be expanded.

Planting of bare-root seedlings involves removing the seedlings from the ground and cutting off the water continuity between the soil and plants. Even after the seedlings are reset in the ground, there is most often an excessive water loss by transpiration when their roots grow too slowly to absorb enough water to keep up with the transpirational water loss. In order to minimize the water loss from the transplants, the defoliation and decapitation of the upper half part of the leader stem were effective to increase survival after the transplanting of bare-root seedlings in many dipterocarp species. This planting method, stump planting, appeared to be one of the best methods for the transplanting of bare-root seedlings.

The stump seedlings of *Shorea leprosula* and *S. singkawang* which lost water to a level of below 5% of the initial seedling weight showed the same viability as undesiccated stumps. Since the water loss from the stumps stored in a plastic bag was less than 5% within 2~3 weeks, the stumps could be stored in the plastic bag for the period between their removal and planting in the field.

Some dipterocarp species such as *S. curtisii*, *S. ovali*, *Hopea nervosa*, and *H. beccariana* had high mortality in the stump planting. These species generally showed poor development of axillary buds or high mortality after the bud outgrowth even in decapitated-but untransplanted-seedlings. A trial to stimulate regeneration and growth of roots and shoots by supplying plant growth substances (IBA and a chemical containing a king of cytokinin : Atonik, Asahi Chemical Co.) was unsuccessful in *S. hypochra*, *S. platyclados*, and *Dryobalanops aromatica*. Similar were also obtained by applying fertilizer to *S. curtisii* and *S. platyclados*.

The starch reserves in the inner bark of the stem actually decreased after the bud outgrowth in transplants of *S. talura* and *H. beccariana*. Furthermore, the survival and initial growth of *S. assamica* and *S. ovalis* transplants were related directly to the content of starch reserves before planting. The larger the starch content was, the higher the survival and

Received April 1, 1981

(1) Silviculture Division

* This is part of study which was carried out at the Forest Research Institute, Kepong, Malaysia from 1977 to 1979 under the cooperative research programme between the Forest Research Institute in Malaysia and the Tropical Agriculture Research Center in Japan.

growth were. Therefore, it is clear that the starch reserves stored in the stumps have an important role in the regrowth of the stumps planted. This result also indicates that the content of starch reserves in the stem may serve as a good indicator for plantability of nursery stocks.

The starch content in the stem was generally scanty in the seedlings grown under shade, especially at levels below about 30% in relative light illuminance (RLI). In *H. helferi* which seems to be a shade tolerant species, however, the starch reserves accumulated gradually even at levels below 30% in RLI and after one year of shade treatment the seedlings grown at levels above 10% light conditions were similar in their starch contents. The starch reserves in the seedlings after fertilization decreased slightly and recovered soon in *S. talura*, but in *S. curtisii* their reduction continued at least for 12 weeks. It is suggested that *S. curtisii* does not usually store a large amount of starch when it is growing vigorously.

The content of starch reserves of 5 dipterocarp species was rather constant throughout the year, and species such as *S. talura* and *H. odorata* kept a high level of starch reserves, but *S. ovalis* and *S. curtisii* held a low level. From the starch contents in 16 dipterocarp species, it was found that the species with a natural distribution mainly in the deciduous monsoon forests in Burma and Thailand had a high level of starch, whereas those distributed in the evergreen rain forests around the equator had a low level. A high level of starch reserves in the northern species may be a result of adaptation to the severe and long dry period.

The northern species such as *S. hypochra*, *S. talura*, *H. helferi*, *H. odorata*, and *V. odorata* always showed almost perfect survival in the stump planting, while the southern species such as *S. curtisii*, *S. ovalis*, *S. platyclados*, *H. nervosa*, and *D. aromatica* usually showed a level of less than 50% in their survival rates. The high survival rates in the northern species may not be due solely to their high starch contents, but also to their xerophytic characteristics and high sprouting ability. The southern species which usually inhabit warm and humid climatic conditions during their whole life may not be suited to the stump planting of bare-root seedlings, but many of the northern species may be outplanted in a small logged over area using the stump planting method.