

# マツ属稚苗の生長と形態におよぼす 日長の影響について

薬師寺清雄・赤井龍男・池本彰夫

## はじめに

植物の生育に対する光のはたらきとして、いわゆる光合成作用の外に、日長効果、すなわち24時間週期内における明期と暗期の長さの比率が、植物の生育に大きな影響を与えることを、1920年 Garner などが始めて明らかにした。その後、多くの研究者によって開花現象などの生殖生長や、落葉、休眠、出芽、伸長などの栄養生長に対する日長の影響が検討されてきたが、元来長日、短日なる概念は草本植物の開花に対する効果について与えられたものであって、樹木については、生育期間の長いこと、生育の段階が不明確なこと、個体が大きいことなど、研究対象として取扱いが不便なこともあって、その研究は草本植物に比らべ非常に遅れていた。しかし最近になって、この方面の研究もようやく広く行なわれるようになり、日長条件は単に樹木の生長開花などの生理現象のみならず、形態形成、あるいは樹種の分布、Photoperiodic ecotype など生態学的な面においても重要性が認められるようになってきた。

この報告は、アメリカ合衆国の東南部、サウスカロライナ州からジョージア州、フロリダ州周辺に天然分布するスラッシュマツ、テーダマツが最近わが国の各地で造林され、その生産力の高さが注目されつつある現状にかんがみ、同じマツ属でありながら、アカマツやクロマツと形態的に、あるいは生長経過において著しく異なるこれら外国産マツの特性を、日長条件のちがいにに対する反応から明かにしようとしたものである。

なおこの研究は外国産マツとしてスラッシュマツ、テーダマツと、比較のためにアカマツを対象としたが、材料としてそれぞれの稚苗を用い、日長処理は環境調節箱内で行なったので、自然環境における現象とは多少ことなるかもしれない。しかしここで得られた基礎的な事項がわが国における今後の外国産マツの育成の一つの参考になれば幸いである。

## I 実験材料

実験材料として用いた稚苗は、スラッシュマツ、テーダマツはアメリカ、ジョージア州産、アカマツはオウドウマツの種子から育成した。

当年生の稚苗の生長は種子の大きさによって影響されるといわれているので、節を用い中位の大きさの種子を選び、水選し、一昼夜冷水処理後、石英砂を入れたバットに適度の水分を加えてまきつけ、25°Cの定温器中で発芽させた。

幼根がのびてきた頃、その4~5mmのものを選び出し、内径22cmの素焼鉢に12~13本ずつ移植した。土壌は腐葉土約40%、植壤土約40%、粒径1mm内外の川砂約20%よりなるものを用いた。

移植後20日あまりで子葉が展開しはじめたので、この時期にほぼそろった稚苗を各鉢10本ずつ残し、これを各樹種とも6鉢ずつ計18鉢を日長処理のため環境調節箱に入れた。

## Ⅱ 実験方法

日長を違えた2基の環境調節箱（コイトロン）は、明期8時間と暗期16時間を与える短日処理と、明期16時間と暗期8時間の長日処理の2種に設定し、一樹種3鉢づつ処理を行なった。

両処理区とも、明期8時間は白色蛍光灯40Wを12本と、白熱電灯（フラットランプ）150Wを6本の混合光線によって鉢上で15,000 luxの照射を行ない（強光明期）、長日区ではそのあと白熱電灯（フラットランプ）1灯によって、光補償点以下の250 luxの補光を8時間（弱光明期）行なった。光以外の他の環境要因のうち、温度は両区とも強光明期8時間は23℃に保ち、あとの16時間は18℃になるよう設定した。湿度は両区とも75%前後に調節した。処理は1968年6月にはじめ、生育がほとんど停止した1970年8月に掘取り、初生葉、成葉、主軸、胚軸、根の各器官に分け、初生葉、成葉についてはその枚数を調べ、主軸、胚軸についてはその長さや直径を測定したのち、100℃で乾燥し、絶乾重をもとめた。

なお各処理とも、それぞれ1鉢は途中掘取り分析したので最終の調査結果には含まれていない。

## Ⅲ 各器官の生長量

### 1) 幹の大きさ

約2カ年間、日長処理を行なった後の幹の大きさは表-1のようであった。

表-1 約2カ年間日長処理をした稚苗の幹の大きさ（平均値）

樹種	器官		主軸長	胚軸長	主軸径	胚軸径	枝階数
	処理						
スラッシュマツ	長	日	182	50	2.6	2.8	3.3
	短	日	70	48	2.6	2.6	1.5
テーダマツ	長	日	90	54	2.4	2.7	2.5
	短	日	51	41	2.3	2.4	1.3
アカマツ	長	日	82	29	2.5	2.2	3.1
	短	日	20	31	1.8	1.6	1.1

苗高についてみると、長日区では短日区に比べ、明らかに伸長が促進され、アカマツでは長日区において短日区の約2倍に達したが、スラッシュマツにおいても約2倍、テーダマツでも約1.6倍になった。これを主軸と胚軸に分けて調べると、主軸長ではアカマツが長日区で短日区の4倍以上にも伸長しているが、スラッシュマツでも約2.6倍、テーダマツで約2倍に達した。

これに対して胚軸長ではほとんど差は認められず、長日効果による伸長促進は、その大部分が主軸の伸長によるものであった。これは処理開始前に、すでに胚軸の伸長生長はほぼ完了し、処理の影響をほとんど受けなかったためと思われる。

長日による伸長生長の促進について、アカマツ、テーダマツについては、すでに多くの報告がみられるが、スラッシュマツについてもテーダマツ以上の日長効果が認められた。

肥大生長に対する日長の影響は表-1から明らかのように、伸長生長ほど著しくなかった。すなわちアカマツでは長日区は短日区に比較し、主軸直径、胚軸直径ともにやや大きくなるのが認められた。またスラッシュマツ、テーダマツでは胚軸の根元直径については長日区の方がわずかに大きくなった程度で、主軸直径については両処理間にほとんど差はなかった。

生長のリズムの一つのあらわれである主軸の枝階数は表-1に示したように一般に長日で増加する

傾向が認められ、各樹種とも短日区では平均1枝階あまりであるのに、長日区では平均3枝階前後に達した。これは普通、伸長生長の停止と開始が、長日下においてより多く繰返されたことを意味するものであるが、これらの枝階は個体差があり、生長のリズムはあまり明瞭ではなく、また休止芽形成時も明らかに観察できなかった。

またアカマツは自然環境下で生育する場合には、1生育期間に1枝階のび、スラッシュマツ、テーダマツは2～3枝階のびを行ない、それぞれ特徴のある生育経過をたどるものであるが、長期間一定日長、一定温度という特殊な条件下にあったためか、樹種間において枝階数にはあまり差が認められない結果となった。

しかしこのことは限られた一定条件下ではあるが、1生育期間において、アカマツの枝階は長日において増加し、スラッシュマツ、テーダマツでは長日において増加せず、逆に短日で減少する傾向を示すもので、日長に対する反応が、アカマツと、スラッシュマツ、テーダマツとでは明かに異なるといえよう。またこれらのことは、枝階の形成が必ずしも日長や温度の変化のみに対応してなされるものではなく、なにか他の生理的機作が関与していることを示すものと考えられるが、これらについてはさらに検討を加える必要がある。

## 2) 幹の重量生長量

表-2 幹の乾重量生長量 (平均値)

樹種	器官 処 理		主 軸 重 mg	胚 軸 重 mg	非同化部重 (枝を含む) mg
	長 日	短 日			
スラッシュマツ	長 日		343	129	473
	短 日		82	75	159
テーダマツ	長 日		141	115	259
	短 日		51	56	111
アカマツ	長 日		152	51	207
	短 日		18	19	39

日長が幹の乾重量生長におよぼす影響についてみると、表-2に示したように、主軸の乾重については各樹種とも日長処理によって著しく増加する傾向が認められた。しかしその割合は、アカマツでは短日の約8倍に達したが、スラッシュマツでは約4倍、テーダマツでは約3倍と、アカマツほど顕著ではなかった。

胚軸重についても同様に、各樹種とも長日によって増加したが、主軸重におけるほど著しい影響は認められなかった。

枝を含めた地上部非同化部重についてもまったく同様な傾向が認められ、いずれも長日によって、その重量生長は明らかに促進された。

## 3) 葉と根の生長量

葉の生長量を表-3に示した。着生する葉の数については、各個体間のばらつきがかなり大きかったが、平均値についてみると、初生葉では各樹種とも長日より短日の方が多く、成葉数は逆に各樹種とも長日処理によって増加した。しかしその増加割合はアカマツにおいて非常に大きいものに対して、スラッシュマツ、テーダマツではアカマツほど著しい影響は認められなかった。

したがって全葉数については、測定時において、アカマツでは長日でやや増加するのに対して、スラッシュマツ、テーダマツでは逆に減少する傾向が認められた。これらの現象は、長日条件下では成

表一三 葉の生長量 (平均値)

樹種	器官		初生葉数	成葉数	初生葉重	成葉重	同化部重
	処理						
スラッシュマツ	長	日	13	29	20 <sup>mg</sup>	1015 <sup>mg</sup>	1035 <sup>mg</sup>
	短	日	49	25	58	217	275
テーダマツ	長	日	19	28	20	655	675
	短	日	82	18	68	140	208
アカマツ	長	日	29	52	33	460	493
	短	日	44	17	36	73	109

〔註〕 重量は絶乾重量

葉がより早く出現する結果、初生葉は徐々に落葉するが、短日では成葉の発現が少なく、まだその段階に達していないため、生長段階の差を示しているものと考えられる。

日長が葉数におよぼす影響について、田島<sup>3)</sup>はアカマツにおいて成葉数は長日で増加するが、初生葉数は影響されないとしており、また石井<sup>9)</sup>によれば初生葉数は短日で減少し、成葉数はその原体数で調べたところでは、短日で増加したことが報告されているが、今回の実験は2年以上の長期にわたる処理の後の調査時に、樹体に着葉していたもののみについて測定した結果であるため、これらとは多少異なったものと思われる。

つぎに、葉量を葉乾重として処理の影響をみると、成葉重は各樹種とも長日処理によって著しく増大し、アカマツでは短日の約6倍、スラッシュマツ、テーダマツではいずれも約5倍になった。

全葉重、すなわち同化部重として日長処理の影響をみても、初生葉部分の重さの占める割合は少ないため、各樹種とも長日区で明らかに増加する傾向が認められた。

表一四 地上部と地下部の乾重量生長量 (平均値)

樹種	器官		地上部重	地下部重
	処理			
スラッシュマツ	長	日	1508 <sup>mg</sup>	427 <sup>mg</sup>
	短	日	434	356
テーダマツ	長	日	934	398
	短	日	319	296
アカマツ	長	日	700	263
	短	日	148	169

以上のように地上部の各器官の大きさは、一般に長日処理によって明らかに増加する傾向が認められるのに対し、地下部の乾重量生長は表一四に示すように、各樹種とも長日によって、短日よりいくらか大きくなる傾向がみられるようであるが、その程度は地上各器官に比べ著しく小さく、処理間の差は比較的少なかった。

これらの結果を総合すると、平均個体重はいずれも長日処理によって著しく増加するようであった。

以上、これら日長処理による栄養生長や器官形成に対する影響は、一般に日長に非常に敏感であるといわれているアカマツにおいて、もっとも顕著に現われたが、スラッシュマツ、テーダマツにおいてもほぼ同様の傾向が認められた。したがって一定の生育環境下における各部分の生長量に対する日

長反応は、主として生長のはやさにちがいが現われることのほかは、樹種間にほとんど差が現われな  
いものと思われる。

また短日による生長抑制は2年目には減少するといわれているが、ここではそのような傾向は明か  
でなかった。

#### Ⅳ 形態におよぼす日長処理の影響

生物はその各部分、各器官の間の相対的な大きさを適当に保持して生長を続けるが、このような形  
態におよぼす日長の影響について検討した。

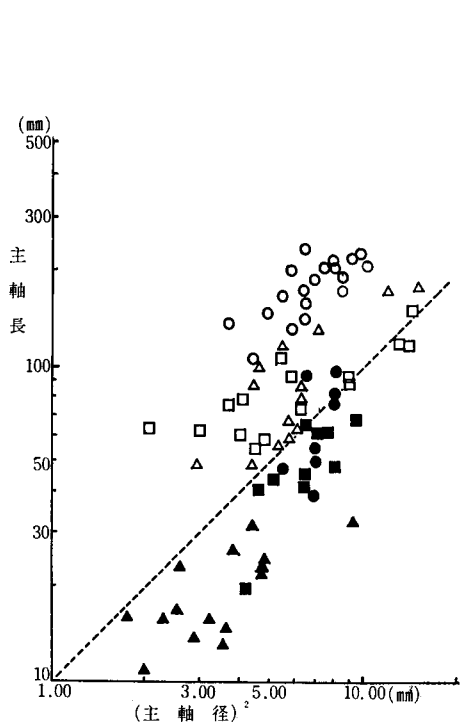


図-1. (主軸径)<sup>2</sup>と主軸長の相対生長関係

○：スラッシュマツ—長日 ●：スラッシュマツ—短日  
□：テードマツ        "   ■：テードマツ        "  
△：アカマツ         "   ▲：アカマツ         "

以後各図ともすべて同じ記号を用いた。

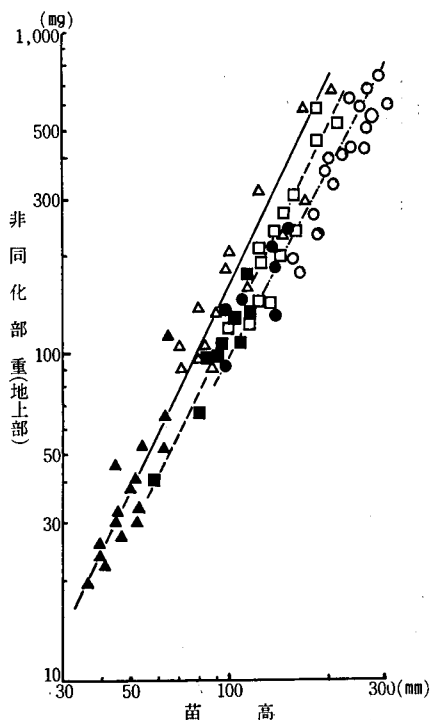


図-2. 苗高と非同化部乾重(地上部)の相対生長関係

まず主軸長と主軸径の関係については、主軸径の変動幅が小さいのでそれを平方し、主軸長—(主  
軸径)<sup>2</sup>の関係をもとめると図-1のようであった。

ばらつきが大きいので確かな相対生長関係はわからないが、かりに原点を通る45°の線をひいてみ  
ると、長日区と短日区はその両側に分離するようで、長日処理によって伸長がより促進され、細長に  
なる傾向が認められた。この傾向は苗高—胚軸根元直径の間でもほぼ同様であった。

つぎに苗高に対する非同化部乾重の相対生長関係は、図-2に示したように樹種間に特徴があるが、  
日長間の差はいずれも認められなかった。主軸長に対する主軸乾重の相対生長関係も図-3のとおり  
で、苗高—非同化部乾重の関係とはほぼ同様の傾向が認められた。

苗高と葉乾重の相対生長関係は図-4のとおりで、樹種間では明らかに分離が認められ、同一苗高

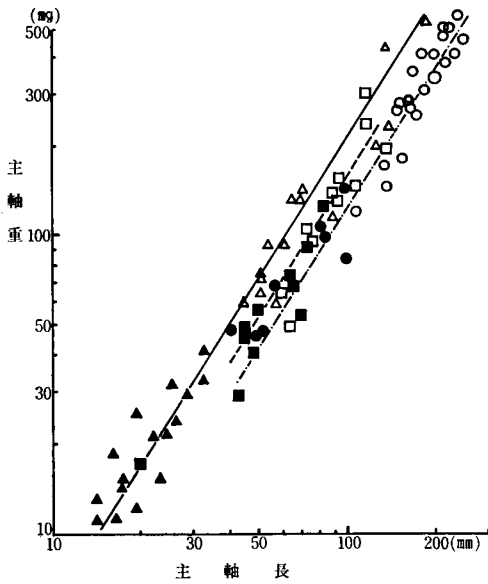


図-3. 主軸長と主軸乾重の相対生長関係

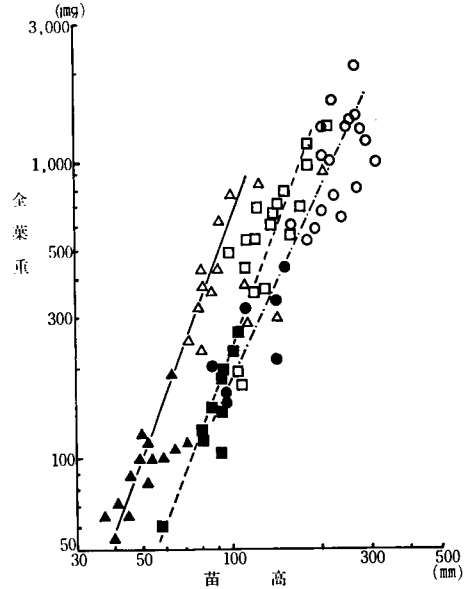


図-4. 苗高と全葉重の相対生長関係

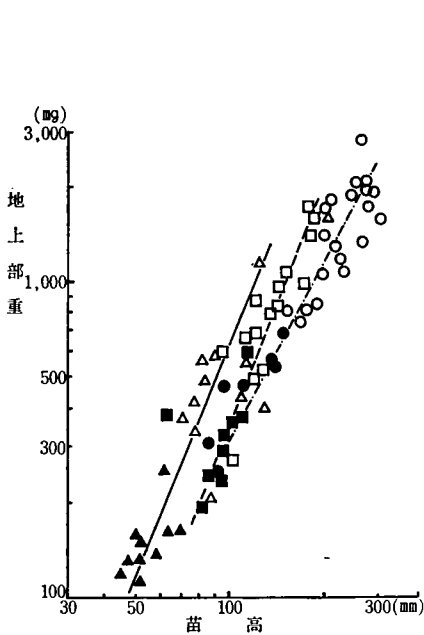


図-5. 苗高と地上部乾重の相対生長関係

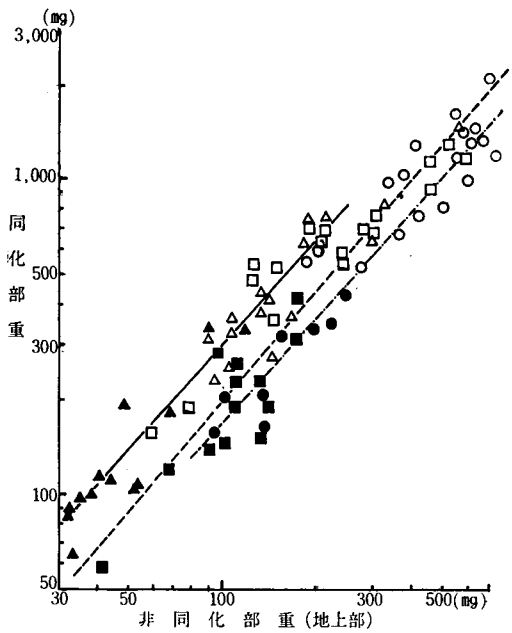


図-6. 非同化部乾重(地上部)と同化部乾重の相対生長関係

に対する葉重はアカマツがもっとも多かったが、日長処理の間では明らかな分離は認められなかった。苗高に対する地上部全乾重の相対生長関係は図-5に示すとおりで、処理間に明らかな分離は認められなかった。一方これを単位苗高当りの地上部重、いわゆる弱さ指数としてみると、表-1、表-2から明らかなように、各樹種とも長日の方が短日の約2倍となり、長日処理によって弱さ指数が増加する傾向が認められた。しかし相対生長関係に差が認められないことから、これは生長段階のちが

いによるものといえよう。

同化部乾重と地上部非同化部乾重の相対生長関係は図-6に示すとおりであった。図-6から明らかなように、樹種間において明らかな分離が認められ、同一非同化部乾重に対する同化部乾重はアカマツにおいてもっとも大きく、スラッシュマツ、テーダマツでは相対的に少なかった。一方日長処理間には明らかな分離は認められなかった。池本によればアカマツの生育初期には、同化部重が長日処理によって相対的に多くなる傾向が認められているが、生育段階が進むに従って、落葉などによって調整されていくものと思われる。

地上部乾重と地下部乾重の相対生長関係は、図-7に示すとおり、長日処理と短日処理の間で明らかに分離し、長日条件によって、地上部の生長が相対的に著しく促進されることが認められた。この分離は各部分間の多くの相対生長関係の中でもとくに明確なもので、日長が稚苗の形態におよぼす影響のうち、もっとも特徴的なものと考えられる。また樹種間においては、テーダマツとアカマツとの間の分離は、あまり明らかではなかったが、スラッシュマツは、これらと明らかに分離し、同一地下部重に対する地上部重は、長日、短日も明らかに大きかった。

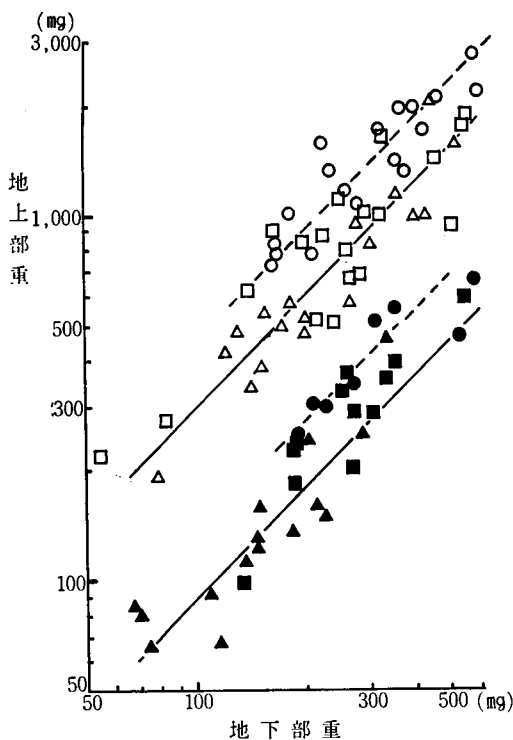


図-7. 地下部乾重と地上部乾重の相対生長関係

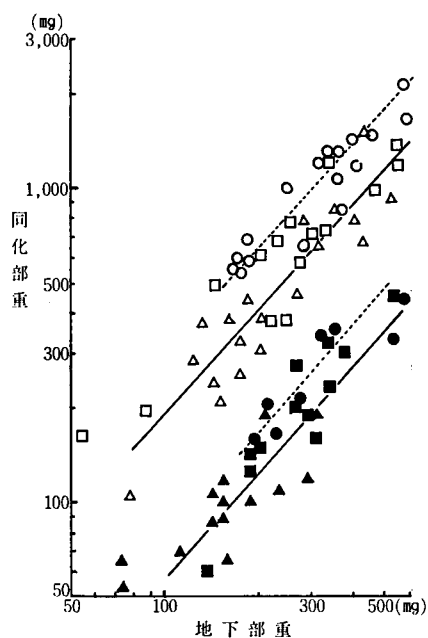
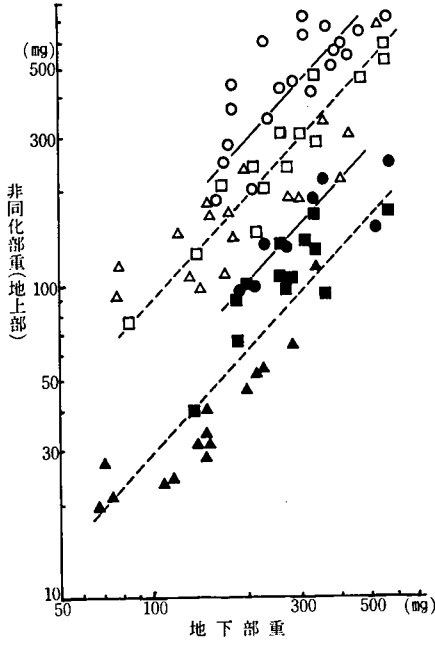


図-8. 地下部乾重と同化部乾重の関係

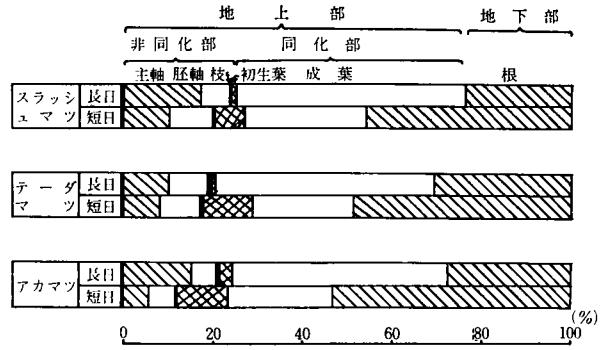
なお地上部乾重を、同化部乾重、非同化部乾重に分けて、それぞれ地下部乾重との相対生長関係をもとめると、図-8、図-9のようになり、いずれも長日区において地上部重が相対的に大きくなる傾向がみられた。

これらのことは、日長の影響が主として地上部分の生長量にあらわれ、地下部の生長には比較的あらわれにくいことを示すものであろう。

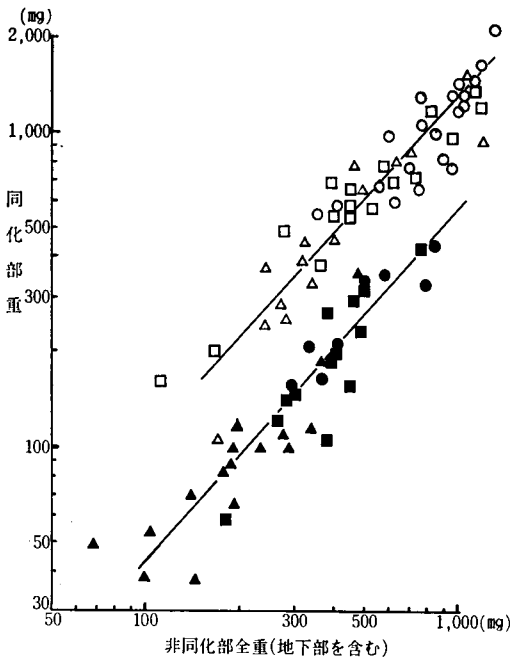
つぎに各器官の重量配分割合は図-10のとおりであった。すなわち各樹種とも長日区において主軸重、成葉重の占める構成割合が短日区に比較して多く、反対に初生葉重、地下部重の割合は長日区で



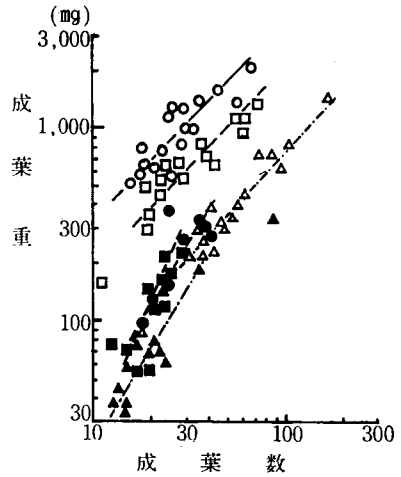
図一9. 地下部乾重と非同化部乾重(地上部)の相対生長関係



図一10. 各器官の占める重量割合



図一11. 地下部を含む非同化部全乾重と同化部乾重の相対生長関係



図一12. 成葉数と成葉乾重の関係



少なくなっている。胚軸重の割合は両処理区ともほぼ同様であった。

また地下部も含めた非同化部乾重と同化部乾重の相対生長関係は、図-11に示すように長日と短日とは明かに分離し、各樹種とも長日区において、同化部重が著しく増大する傾向が認められた。このことは長日処理によって同化能力が相対的に高まることを示すものといえよう。なおこの関係については、樹種間にほとんど分離は認められなかった。

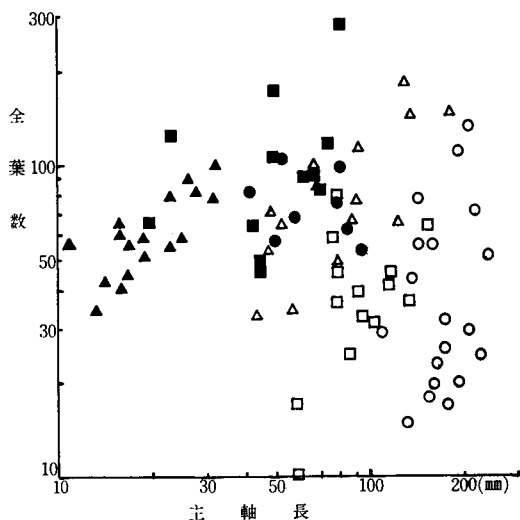


図-13. 主軸長と全葉数との関係

において栄養生長が促進される一因となっているものと考えられる。

## ま と め

これまでのべてきたように、日長処理のちがいでによって、これらの稚苗の相対生長関係や形態形成にいろいろな影響のあらわれることが認められた。とくに地上部重—地下部重の相対生長関係については明らかな分離が認められ、長日処理によって地上部重が相対的に著しく増加した。しかし苗高と同化部重、非同化部重、地上部重との関係、あるいは同化部重と地上部非同化部重などの関係においては、いずれもその比率において処理間に差が認められたが、相対生長関係においては明らかな分離は認められなかった。このことは、いずれも長日条件と短日条件によって生育段階に差があり、長日条件下では生育が早く、その段階がより進んでいるが、その形態に本質的なちがいはないことを示すものであろう。

一方樹種間においては、日長に対する反応の傾向としては3樹種ともあまり差は認められなかった。しかし各相対生長関係は一般に分離する傾向が認められ、とくにスラッシュマツ、テーダマツとアカマツとの分離は明らかで、これら外国産マツがアカマツと異なった形態的特性を持っているといえよう。

以上のとおり日長のちがいでによって、各稚苗は種々の反応を示すことが認められたが、日長の効果は、与える光の強さや時間のみでなく、その質とくに波長とその分布状態によって大きく左右されるといわれている。たとえばフィトクロームの存在によって赤色光と近赤外光とが形態形成に対してたがいに拮抗すること、あるいは赤色光と青色光とが生長や形態形成において、まったく異なった影響を与える例なども報告されており、日長効果の考察に際しては照射光の波長とその分布との関連につ

つぎに各個体あたりの成葉数(束数)と、その重量との関係を調べると図-12のとおりで、スラッシュマツ、テーダマツでは長日と短日によって明らかに分離し、長日条件下では成葉個々の発育も著しく促進された。

主軸長に対する葉数の割合は図-13に示したようであった。すなわち個体間にはばらつきが多いが、全般的にみて、3樹種とも長日区において相対的に葉数が少なくなる傾向が認められた。このことは長日処理によって節間長が長くなることを意味している。しかし一方、表-1、表-3から明らかのように、単位苗高当りの葉重が各樹種とも長日によって増加することを考え合わせると、長日処理によって単位樹高当りの光合成空間が広くなることを示すものと考えられ、長日条件下に

いても、さらに検討を加える必要があろうと思われる。

### 参 考 文 献

- 1) KRAMER, P. J. : Effect of variation in length of day on growth and dormancy of trees, *Plant Physiol.*, **11**, 127~137, (1937)
- 2) PHILLIPS, J. E. : Effect of day length on dormancy in tree seedlings, *Jour. For.*, **39**, 55~59, (1941)
- 3) 田島良雄 : 松類其他針葉樹幼植物に対する日長効果, *鹿児島学報*, **4**, 127~129, (1955)
- 4) 石井盛次, 吉本 源 : アカマツ稚苗の光過反応, 第64回日林講, 191~193, (1955)
- 5) 沢藤雅也 : アカマツ並びにリュウキュウマツ稚苗の光過処理試験, 第69回日林講, 319~321, (1959)
- 6) 永森通雄, 石井盛次, 牧坂三郎 : アカマツ並びにリュウキュウマツ稚苗の光過性について, 第69回日林講, 323~325, (1959)
- 7) 池本彰夫 : アカマツおよびリュウキュウマツ稚苗の主軸伸長に関する日長と温度との影響, *日林誌*, **42**, 172~175, (1960)
- 8) 永森通雄, 石井盛次, 牧坂三郎 : アカマツ, リュウキュウマツならびにベンゲットマツ稚苗の栄養生長に対する光周性の差異について, 第70回日林講, 237~239, (1960)
- 9) MCGREGOR, Wm. H. D., R. M. ALLEN and P. J. KRAMER : The effect of photoperiod on growth, photosynthesis, and respiration of loblolly pine seedlings from two geographic sources, *For. Sci.*, **7**, 342~348, (1961)
- 10) 永森通雄, 有馬 功 : アカマツ稚苗の生育に及ぼす各種日長の影響(2), 第75回日林講, 237~239, (1964)
- 11) 永森通雄 : アカマツの光周性に関する研究(1), *高知大演報*, **2**, 47~59, (1968)
- 12) 池本彰夫, 四手井綱英 : 樹木の光周性に関する研究(9), *日林関西支講*, **18**, 311~312, (1968)
- 13) 花房 尚, 森田健次郎, 永田 洋 : 林木の生長と日長の関係, 第80回日林講, 184~186, (1969)
- 14) 和田正三, 古谷雅樹 : ホウライシダ原糸体細胞の分裂軸の光制御, 第11回日植生理講, **24**, (1770)
- 15) 永森通雄 : アカマツの光周性に関する研究 (II), *高知大演報*, **3**, 76~105, (1971)