

太陽光のみのもとで日長条件を異にして育てた当年生アカマツ の乾物重量生長に関する研究

永 森 通 雄

(農学部 演習林研究室)

Study on the dry-weight growth in the seedlings of *Pinus densiflora* grown under some day-length, in case of the light in the daily light period is natural day light only.

Michio NAGAMORI

Laboratory of the Kochi University Forests, Faculty of Agriculture

Abstract : This experiment using the seedling of *pinus densiflora* as material was carried on in the faculty of agriculture, Kochi university. The light in the daily light period was limited to the natural day light only as the light condition. The photoperiodic conditions in the experiment (1) were consisted of 7 hours photoperiod (from 9.00 p.m. to 4.00 p.m.) with natural day-length. The photoperiodic conditions in the experiment (2) were consisted of natural day-length with shorter day-length of one hour (from 0.00 p.m. to 1.00 p.m.) a day than natural day-length.

The growth (elongation and dry-weight) of the seedlings (tops and roots) increased in the largest quantity in natural day-length and increased in the smallest quantity in 7 hours photoperiod. In case of this light condition, the quantity of the dry-weight of the seedlings in each photoperiod presumably depended on the difference of the energy of light. It became clear that the dry-weight of the seedlings (tops and roots) exponentially increased concerning integrated hours of the daily light period after the start of photoperiodic treatment. And it became clear that the growth rate of the dry-weight of the tops of the seedlings was the same under every photoperiodic condition until about mid-August.

ま え が き

夜間に人工光線を照明して日長を長くすると、多くの林木稚苗の苗高や地上部重量は増大するが、このことは、一般によく知られている^{1,2,9)}。当年生アカマツでも、日長が長くなるほど、主軸の伸長量や地上部重量も大になるという報告が多い^{2,3,4,5)}。しかし、その逆の場合、たとえば、同一の実験のもとで、16時間日長下の稚苗よりも、これより毎日の日長時間が短い自然日長下(この場合の日長時間は、実験期間が4月20日から11月10日までであり、そのうち、最も長い日長時間が14時間55分、最も短い日長時間が10時間20分であり、16時間長よりも短い)の稚苗の方が、その地上部重量が若干、大になった報告⁸⁾もある。この場合、日長条件としては、自然日長区の日長時間が毎日の日の出から日没まで、すべて太陽光の照射によるものであるのに対して、16時間日長区の日長時間は、毎日午前8時30分から午後4時30分までの8時間を太陽光のもとにおき、その後は、60W白熱電球で残りの8時間を補光したものである。すなわち、日長に関しては、16時間日長区の方が自然日長区よりもかなり長い、稚苗がうける1日あたりの総光エネルギー量は、逆に、自然日長区の方がすべて太陽光であるため、かなり多く、従って、毎日の個体あたりの光合成量に差があらわれ、その結果、自然日長区稚苗の地上部重量が、16時間日長区稚苗よりも、若干ではあるが、より大になったと考えられる。このように、稚苗の重量生長と日長との関係を調べる場合、毎日、毎日、稚苗がうける光の強弱(光エネルギー量のちがいを)を無視することはできないと考えられる。

従来の重量生長に対する日長反応についての報告の多くは、単に、毎日の明期（日長）の長短だけと重量生長との関係を調べた報告が多く、また、人工光線の補光を全く行わず、太陽光のみのもとにおける日長の長短と重量生長との関係については、まだ、報告されていない。

そこで、この報告では、人工光線による補光を全く行わず、明期の光線をすべて太陽光のみに限定した場合の、稚苗の重量生長と日長との関係について検討を加えた。

多くのご助言をいただいた京都大学赤井助教授に心からお礼申し上げる。

材 料 と 方 法

この研究では、高知県産の大道アカマツ種子を発芽させた当年生苗を用いた。種子はまきつける前に穀粒節でふるって種子の短径を2.5~3.0 mm にそろえた後、それらを水中に入れ、沈下したものを供試種子とした。これらの種子を一昼夜、流水中に浸した後、リオゲンダストを種子 1,000 g に対して 1.5 g の割合で種子に塗布して消毒した。その後、川砂を入れ適当に湿めさせたバット (37×30×5 cm) にまきつけ、23~25°C に保った定温器内で発芽させた。発芽した種子のうち、幼根の長さが2~3 mm のものだけを苗畑土壌を満した5万分の1ワグナーポットに、どのポットにも24~26粒ずつ、ほぼ等間隔に円形に移植した。移植後、子葉が展開するまでの間は室内においた。

どの稚苗の子葉もほとんど展開した直後から日長処理を行ったが、その際、どのポットも1ポットあたりの稚苗数を20個体にそろえた。また、日長処理後1週間に1回ずつハイポネクス (N:7%, P₂O₅:6%, K₂O:19%) の0.3%水溶液を1ポットあたり500 cc ずつ与えたほか、土壌の乾燥状態をみて適当にかん水した。このほか、日長処理後4~5週間目ごろまで、稚苗立枯病予防のため、ウスプルン800倍液の散布を数回行った。

日長処理後30日目ごとに各日長処理区とも4ポットを無作為にえらび出し全稚苗を掘りとった。それらを水洗後、生育状態が中程度とみなされる個体を20個体えらび出し、各個体について、主軸長、葉乾量、地上部および地下部乾重などの測定を行った。

実験は2回行い、実験(1)は1969年4月12日に種子をまきつけ、4月20~22日に発芽種子をポットに移植。5月12日から10月9日までの150日間日長処理を行った。実験(2)は1972年5月2日に種子をまきつけ、5月10~12日に発芽種子をポットに移植、5月23日から9月12日までの120日間日長処理を行った。

日長条件は、明期の光線を太陽光のみにしたため、日長条件として最も長い日長は、毎日の日の出から日没までの自然日長となる。この報告では、この自然日長とこれよりも短い2つの日長条件を人為的に作り実験を行った。

実験(1)の日長条件は

- ・自然日長
- ・7時間日長

実験(2)の日長条件は

- ・自然日長
- ・自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長

とした。実験(1)の7時間日長区は、毎日、午前9時から午後4時までの7時間を太陽光のもとにおき、他の時間は暗室内に稚苗を入れた。実験(2)の自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区は、毎日、正午から午後1時までの1時間、暗室内に稚苗を入れ、それ以外は自然日長区と同じ条件下においた。

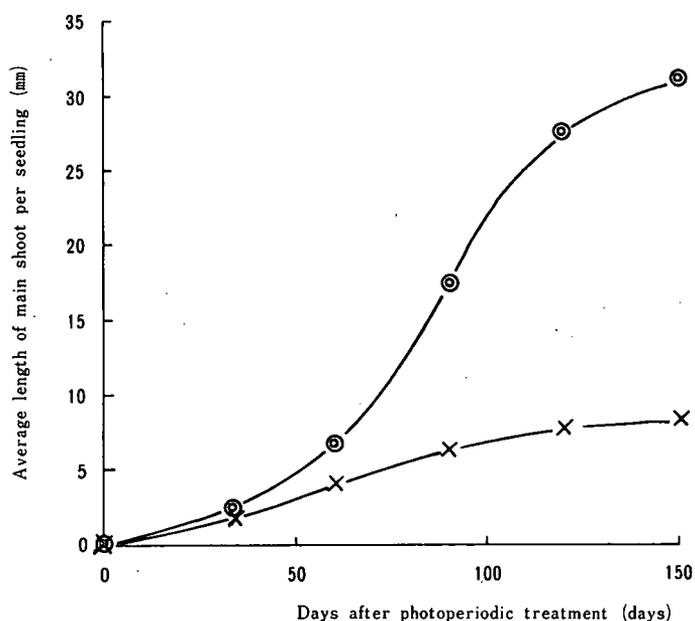
このような日長条件にしたのは、毎日の太陽光線の明るさが常に一定でなく、とくに、毎日の日

の出前後および日没直前の明るさが他の時間帯よりも常に低く、また、逆に、毎日の正午前後の明るさが一般に常に高いことから、実験 (1) では、1日のうち比較的明るい時間帯のみである7時間日長区と自然日長区とを比較し、実験 (2) では、1日のうち最も明るい時間帯が1時間だけとり除かれている日長区と自然日長区とを比較し、実験 (1) と実験 (2) との比較をとおして、太陽光の強弱がどの程度、この場合 (明期の光線が太陽光線のみの場合) に影響をおよぼしているかについても明らかにしようとしたためである。

結果と考察

実験 (1), (2) における日長処理後の稚苗の主軸伸長経過ならびに葉 (子葉, 初生葉, 成葉) の乾物重量増加経過を図一1~4に示す。これらの各図からも分るように、両実験におけるどの日長区でも、日長処理後の日数の経過にともなう主軸の伸長や葉の乾物重量増加は、すべてS字曲線を示し、処理後90日目前後の8月中~下旬まではその増加速度が大きく、その後は次第に低下して行った。各日長区にくらべると、自然日長区に対して7時間日長区では、主軸長、葉乾重量とも著しく小となり、自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区では若干小となった。また、このほか、主軸および胚軸の乾物重量増加経過についても、ほぼ同じようであった。したがって、主軸、胚軸、葉をあわせた稚苗の地上部分の乾物重量増加経過も同様にS字曲線を示す生長をみせ、かつ、その増加量は自然日長区に対して7時間日長区では著しく小となり、自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区では若干小となった。

このような乾物重量の差が生じた原因について検討したところ、この場合、各日長区とも実験期間中に稚苗がうけた光線は、光合成可能な太陽光のみであるから、1日のなかの明期時間が長くな



図一1 自然日長 (⊙) ならびに7時間日長 (×) のもとにおける当年生アカマツの主軸伸長経過

Fig. 1 Growth of main shoot in seedlings of *Pinus densiflora* grown under natural day-length (⊙) and 7 hours photoperiod (×) (These seedlings were exposed to natural day light only)

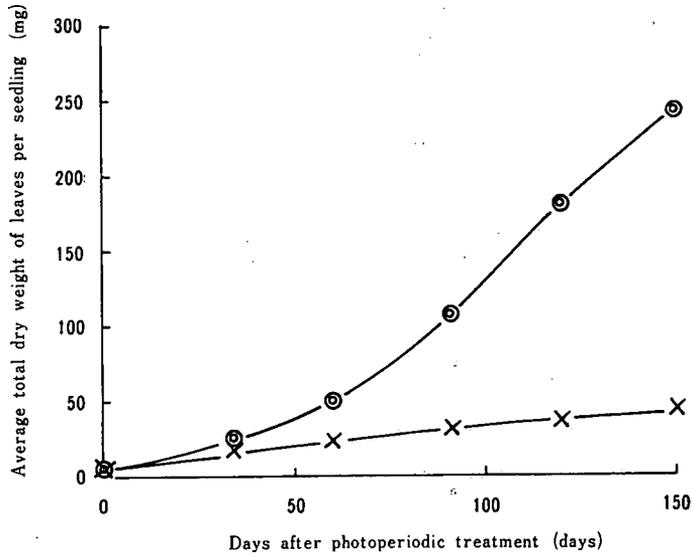


図-2 自然日長(⊙)ならびに7時間日長(×)のもとにおける当年生アカマツの葉乾重量の増加経過

Fig. 2 Increase in total dry-weight of leaves in seedlings of *pinus densiflora* grown under natural day-length (⊙) and 7 hours photoperiod (×)

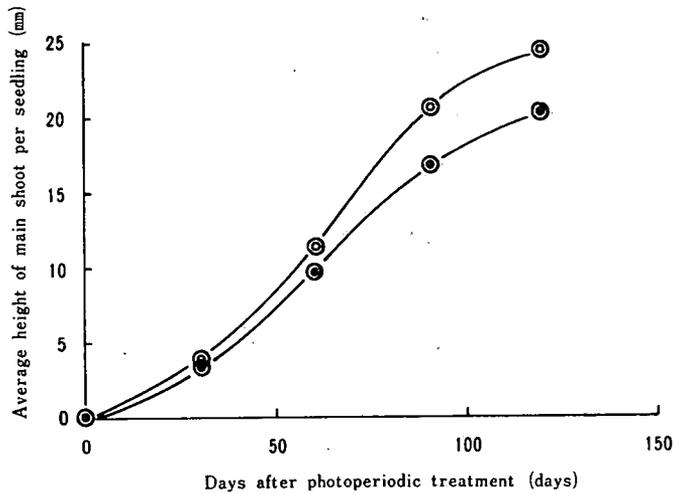


図-3 自然日長(⊙)ならびに自然日よりも毎日1時間だけ短い日長(⊙)のもとにおける当年生アカマツの主軸伸長経過

Fig. 3 Growth of main shoot in seedlings of *pinus densiflora* grown under natural day-length (⊙) and shorter day-length of one hour a day than natural day-length (The seedlings grown under natural day-length, but, for one-hour from 0.00 to 1.00 p.m. placed in the dark) (⊙)

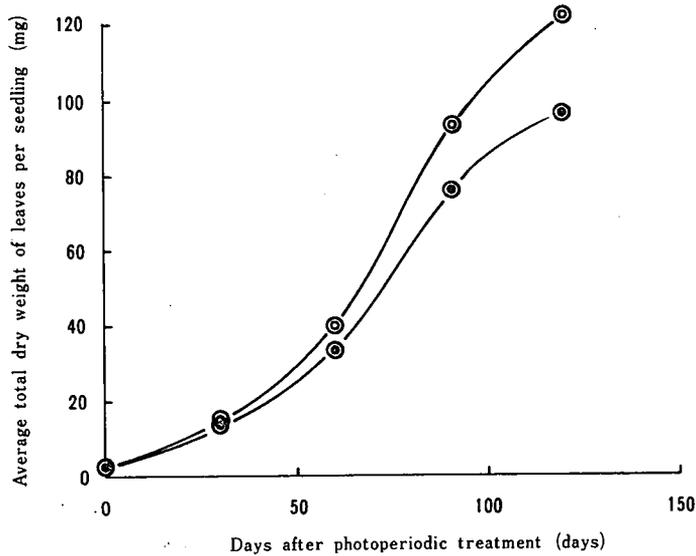


図-4 自然日長(⊙)ならびに自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長(⊙)のもとにおける当年生アカマツの葉乾重量の増加経過
 Fig. 4 Increase in total dry-weight of leaves in seedlings of *Pinus densiflora* grown under natural day-length (⊙) and shorter day-length of one hour a day than natural day-length (⊙)

るほど稚苗の光合成可能時間も長くなり、それにとまって乾物重量もより増加するのではなかろうかと考えられた。すなわち、各日長区における処理後の各時期の乾物重量は、それぞれの日長区における毎日、毎日の明期時間数の総和、つまり、処理開始後からの総受光時間数(ここでは積算日長と仮称する)に対応して増加するのではないかとおもわれた。

そこで、実験(1)、(2)における各日長区稚苗の地上部乾物重量と積算日長との関係について検討したところ、図-5、6を得た。すなわち、実験(1)(図-5)、実験(2)(図-6)とも、日長処理後3カ月目ごろの8月中～下旬までの個体あたりの地上部乾物重量は、日長処理後の積算日長が増加するのにもなって複利法則的に増大し、かつ、自然日長区と7時間日長区との値(図-5)、自然日長区と自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区との値(図-6)は、ともに極めて良好に同じ直線性を満足していることが明らかになった。また、地上部乾物重量のほか、個体あたりの葉乾物重量の増加量についても同じような結果を示した。

これらの常用対数グラフ上から求められた日長処理後3カ月目までの地上部乾物重量についての近似式はつぎのようであった(対数の底は10)。

実験(1) $\log W_T = 0.0007908 t + 1.0984$ (1)

実験(2) $\log W_T = 0.0008946 t + 0.8926$ (2)

W_T : 個体あたりの地上部乾物重量 (mg)

t : 積算日長 (hour)

このように、稚苗が、毎日、光合成可能な太陽光のみをうける場合の地上部乾物重量は、太陽光の受光時間積算値に直接対応して複利法則的に増加し、1日の明期時間数(ただし、7時間以上かか自然日長時間まで)に関係なく、同じ生長率で増加して行くといえる。ただ、8月中旬ごろ以降は、この場合の最も長い日長条件である自然日長下でも、毎日の日長が徐々に短くなることと気温の低下ならびに稚苗の内部要因などがあいまって、次第に生長率も低下して行き、遂には生長を停

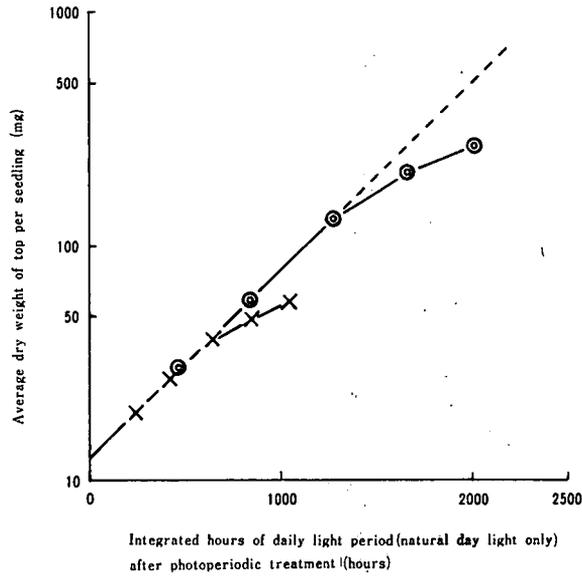


図-5 当年生アカマツの地上部乾物重量の増加量と積算日長との関係 ○: 自然日長
×: 7時間日長

Fig. 5 Relationship between dry-weight of tops and integrated hours of daily light period (natural day light only) after photoperiodic treatment in seedlings of *Pinus densiflora* ○: natural day-length ×: 7 hours photoperiod

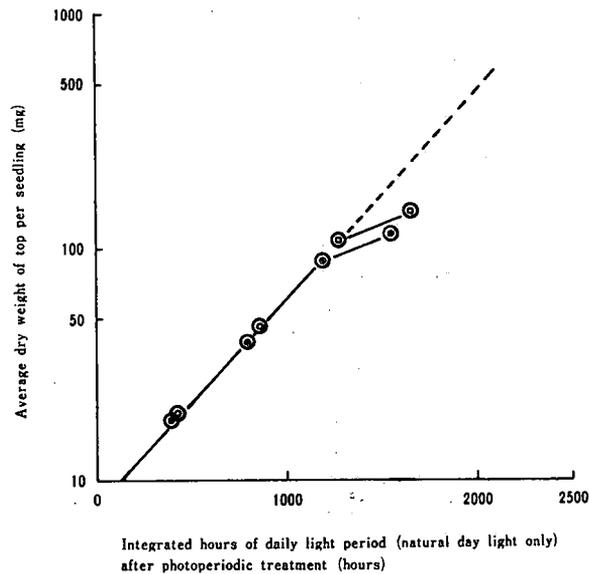


図-6 当年生アカマツの地上部乾物重量の増加量と積算日長との関係 ○: 自然日長
●: 自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長

Fig. 6 Relationship between dry-weight of tops and integrated hours of daily light period (natural day light only) after photoperiodic treatment in seedlings of *Pinus densiflora* ○: natural day-length ●: shorter day-length of one hour a day than natural day-length

止して休眠に入ると考えられる。

制御環境のもとにおける人工光線の積算エネルギーが増加するのにもなって、クロマツ稚苗の伸長生長や直径生長が増大することは森川ら⁶⁾も報告している。

一方、地下部分の乾物重量も積算日長の進行にもなって複利法則的に増加して行く傾向を示したが、その生長率は各日長区ごとに異なり、地上部分におけるようなはっきりした関係は認められなかった。稚苗の光合成生産物の各器官への配分率がこれに関係しているかとおもわれるが、詳しいことは今後の研究にまきたい。

なお、この研究では、実験実施に際してよしずや寒冷紗などで太陽光の明るさをとくに制限しなかったが、前述したように、太陽光の明るさは時間の経過とともに常に変動しているうえ、1日のうち、日没および日の出前後の明るさは最も低く、また、通常正午ごろが最も高い。したがって、太陽光の強弱が乾物生長に影響をおよぼしているのではないかとおもわれる。また、通常、日の出直前および日没直後しばらくの間薄明時間帯があり、この薄明時間が積算日長に関係しているのではないかともおもわれる。しかしながら、実験(1)において、1日の明期のうちで最も明るさの低い時間帯(日の出および日没前後)が除かれている7時間日長区と除かれていない自然日長区とでの地上部乾物重量が、ともに積算日長に対して同じ生長率で増加していること——(1)式、また、実験(2)において、1日の明期のうちで最も明るさの高い時間帯(正午から午後1時)が除かれている自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区と除かれていない自然日長区とでの地上部乾物重量が、ともに積算日長に対して同じ生長率で増加していること——(2)式から、とくに太陽光の明るさが制限されていない条件でさえあれば、稚苗が毎日うける太陽光の受光時間積算値に直接対応して地上部重量が増加して行くと考えられる。

日長処理実験では種々の点で困難性をともなうが、人工光線の補光によって日長を長くして種々の日長条件下での反応を比較する場合、アカマツでは栄養生長と形態形成とが互いに深い関係にあることから、少なくとも7時間以上の太陽光を与えううえで、しかも、太陽光による受光時間をそろえて実験することが妥当であろう。

摘 要

1) 日長処理を行う際、毎日の明期における光線の種類や強弱が、稚苗の光合成に関係して乾物生長にも影響をおよぼしていると考えられるため、稚苗の受光条件を規定して日長処理実験を行った。

2) 当年生アカマツを用い、人工光線の補光を行わない太陽光のみの7時間日長区と自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区を設定し、これらと、この場合の最も長い日長条件である自然日長区とを比較して、稚苗の乾物重量生長と明期の光線が太陽光のみである場合の日長条件との関係を調べた。

3) 稚苗の主軸長ならびに乾物重量(地上部、地下部)は、自然日長区で最も大となり、自然日長よりも毎日1時間だけ短い日長区で、若干小となり、7時間日長区ではかなり小となった。

4) この場合、各栄養器官の乾物重量は、どの日長区でも、毎日、毎日の、太陽光の受光時間積算値(積算日長)に、直接、対応して複利法則的に増加した。

5) 稚苗の葉ならびに地上部乾物重量は、8月中～下旬ごろまでは、どの日長区でも、同じ生長率で増加して行くことが明らかになった。

引用文献

- (1) DOWNS, R. J. : Photocontrol of growth and dormancy in woody plants. In "Tree growth" (Kozlowski, T. T., ed) pp. 133~148, The Ronald Press Company, New York, 1962
- (2) 池本彰夫：長日条件下におけるアカマツ稚苗の栄養生長に関する研究. 群馬県林試特報 2 : 1~77, 1972
- (3) 永森通雄, 牧坂三郎, 石井盛次：アカマツ並びにリュウキュウマツ稚苗の光周性につて. 69回日林講：323~325, 1959
- (4) 永森通雄：アカマツ稚苗の光周性に関する研究 (I) アカマツ稚苗の栄養生長におよぼす日長の影響. 高大演報 2 : 47~57, 1968
- (5) 永田 洋：アカマツ休眠芽の光周性に関する研究 (1) 当年生および1年生アカマツの生長におよぼす日長の影響. 日林誌 49 : 279~285, 1967
- (6) MORIKAWA, Y., ASAKAWA, S. & SASAKI, : Growth of pine and birch seedlings under lights with different spectral compositions and intensities J. Jap. for. Soc. 58 : 174~178, 1976
- (7) NITSCH, J. P. : Photoperiodism in woody plants. Proc. Amer. Soc. Hor. Sci. 70 : 526~544, 1957
- (8) 沢藤雅也：アカマツ並びにリュウキュウマツ稚苗の光周処理試験. 69回日林講：319~321, 1959
- (9) WAREING, P. F. : Photoperiodism in woody plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 7 : 191~214, 1956

(昭和52年8月8日受理)

(昭和52年10月14日分冊発行)