

マツ属の幼令期における生育について

中 井 勇・大 畠 誠 一

は じ め に

昨今、わが国におけるマツクイムシによる被害は10万ヘクタール以上にも達していて、その対策が急がれている。この対策の一つとして育種学上の見知からマツクイムシに対して抵抗性をもつと言われる外国産マツ属の再導入と、それらのマツ属の遺伝子導入への期待が強まりつつある。このためにはそれぞれのマツ属についてのマツクイムシに対する抵抗性の研究が必要であることは当然であるが、それと同時にそれぞれのマツ属のわが国における生育状態を詳しく調べる必要がある。

わが国に外国産マツ属が導入育成され始めたのは明治の中頃であったといわれ、¹⁾ ほぼ1世紀が経過しようとしている。しかし、当時は導入種数も少なく、広域的に導入育成されていなかった。ところが戦後になって木材の需要の増加にともない数多くの外国産マツ属の導入育成が試みられ、わが国での適応性を調べると共に導入育成への多面的な研究が行なわれてきた。¹⁻⁸⁾ その結果、わが国で適応できるであろう外国産マツ属は地域性を考慮する限りにおいていくつかの種類が見い出されている。しかしながら、これらのマツ属の造林の歴史は浅く、実用化の段階にいたっていないのが現状であろう。

筆者らはすでにいくつかの外国産マツ属の生育に関する調査を行ってきたが、これらの調査は主として造林後の比較的若い年令での生育状態を調べたものであり、幼苗時における生育状況を知ることができなかった。

過去の報告によると、¹⁵⁾ 導入育成された外国産マツ属の中には幼苗時に良好な生育を示すいくつかの種類があり、こうした種類の生育状態を調べることにより、種類の生育上の特性を知るとともに再導入のための基礎資料を得ることになる。そのため、本調査では *Haploxydon*, *Diploxydon* に属するマツ属¹⁶⁾ 22種類について播種後5カ年間の生育状態を比較検討し、幼令期における各種マツ属の生育上の諸特性を明らかにし、導入育成の基礎資料を得ようとした。なお、それぞれのマツ属の生産能率などに関する検討は機会をあらためて報告したい。

本論に先立ち、本調査の試験設定時からとりまとめまで終始ご指導賜わった本学演習林の古野東洲助教授、試験設定時においてご指導を得た現京都府立大学農学部¹⁶⁾の齊藤秀樹助教授、とりまとめの段階で適切なお助言を得た本学演習林の赤井龍男助教授に感謝したい。また、世界の気象資料については大阪市立大学の吉良竜夫教授のご厚意により資料をお借りし、マツ属の原産地の温度条件を検討することができた。ここに併せて深謝する次第である。さらに、調査、管理等常に協力を得た当試験地の諸氏に感謝したい。

材 料 及 び 方 法

本調査は京都大学上賀茂試験地で行なわれ、用いた材料は表一1に示すとおり、*Haploxydon* に属するマツ属7種類と *Diploxydon* に属するマツ属¹⁶⁾ 15種類合わせて22種類のマツ属について播種後5カ年間の生育状態が調べられた。本調査に用いたマツ属の種子は *P. densiflora*, *P. thunbergii* は当試験地で、他は商社を通じて入手したものであり、これらの種子は原産地域で集収されたものである。

表-1 調査に用いたマツ属

区 分	新梢の伸長様式	種	類	分 布 域	平均温 量指数 (WI)
HAPLOXYLON	UNI-NODAL	<i>Pinus armandi</i> Franch		East and Southeast Asia	96.3
		<i>Pinus excelsa</i> Wall.		East and Southeast Asia	71.0
		<i>Pinus flexilis</i> James		Western America	43.6
		<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. & Zucc.		East and Southeast Asia	42.8
		<i>Pinus monticola</i> Dougl.		Western America	46.6
		<i>Pinus strobus</i> Linn.		Eastern America	62.2
		<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.		Mexico and Central America	91.6
DIPLOXYLON	UNI-NODAL	<i>Pinus densiflora</i> Siev. & Zucc.		East and Southeast Asia	86.4
		<i>Pinus halepensis</i> Mill		Mediterranean	135.2
		<i>Pinus massoniana</i> Lamb.		East and Southeast Asia	113.9
		<i>Pinus nigra</i> Arnold		Mediterranean	81.2
		<i>Pinus pinaster</i> Ait.		Mediterranean	111.9
		<i>Pinus pinea</i> Linn.		Mediterranean	120.1
		<i>Pinus sylvestris</i> Linn.		North Eurasia	33.8
		<i>Pinus thunbergii</i> Parl.		East and Southeast Asia	100.9
	MULTI-NODAL	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.		Eastern America	37.9
		<i>Pinus echinata</i> Mill.		Eastern America	127.7
		<i>Pinus elliottii</i> Engelm.		Eastern America	165.3
		<i>Pinus greggii</i> Engelm.		Mexico and Central America	113.7
		<i>Pinus patula</i> Schl. & Cham.		Mexico and Central America	100.7
		<i>Pinus taeda</i> Linn.		Eastern America	146.9
		<i>Pinus virginiana</i> Mill.		Eastern America	111.3

種類の分類は ¹⁶⁾ SHAW による。分布域は ¹⁷⁾ CRITCHFIELD and ¹⁸⁾ LITTLE, MIROV を参考にした。

播種は1971年4月に *Diploxylon*, 1972年4月に *Haploxylon* に属するマツ属の種子を苗畑にまきつけた。苗畑は表土が深く、比較的肥沃地であり、日当りの良い場所を選んだ。床替は *Diploxylon* に属するマツ属では播種翌年の4月、*Haploxylon* に属するマツ属では播種翌々年の4月、1種類につき5m×5mの床に、苗間20cmとしてm²当り25本ずつ植え付けた。植え付けに際し5年のすえ置きを目的としていることから、5年後の苗木の生長量を予測し、相互日陰が起らないように実験区を配置設定した。また、本調査では密度効果が現われないように苗間を管理し、床替翌年には苗間40cm、翌々年には80cm、その翌年には160cmとし、苗高倍の苗間を保つよう間引きを行なった。

調査は掘り取り調査を原則としたが、苗木が大きくなった時点での掘り取りは周囲の苗木に与える影響が大きいため、地際から伐倒し地上部のみ調査した。そのため根量については調査最終時の翌年、残った全個体の掘り取り調査資料によって推定した。

調査は苗木の生長が終了した時点で行なわれ、1971年から1976年まで毎年苗高、地際直径および地上部重などの各器官について測定された。苗高や地際直径については健全な全個体について測定されたが、各器官の調査では健全な10個体をサンプリングし測定した。

調査期間中の気象資料は図-1のとおりであって、月平均気温、月最高温度極値、月最低温度極値および月降雨量の変化を示した。温度の変化は例年よく似た傾向であったが、月降雨量では1973、1975年では他の年度より少ないことが示された。

調査期間中を通じて特別な管理は行なわれなかったが、強風時に大苗となったマツは倒伏、または地際がかなり損傷を受けたため、支柱によって復旧させ、地際は土盛りを施し踏み固めた。

地下部の測定

Diploxylon に属するマツ属は *Haploxylon* に属するマツ属に比べて生長が早く、3年生時までは掘り取り調査を行なっても周囲の個体が受ける影響は少ないと考えられたが、4、5年生時では掘り取ることによって周囲の個体の生長に影響を与えるものと考えられたので、6年生時まで残された個体（各種類につき5～10個体）を掘り取り、推定により根量を求めた。また、*Haploxylon* に属するマツ属では5年生のみ根量が欠測となったため、6年生時で *Diploxylon* に属するマツ属と同様に根量を求めた。6年生時における根量の測定は地上部を伐倒調査したのち、ウインチによって掘り取った。掘り取られた根は先端部が切断され、とくに大苗ほど切断部分が多かった。そのため切断された根端の直径を測定し、切断されなかった根の直径と重さの関係から切断された部分の根量を推定した。欠測となった年次の根量は1～3、4年生時の根量および6年生時の根量と地上部との相対生長関係により種類ごとに推定した。

図-2は *P. excelsa*, *P. densiflora*, *P. echinata* の3種類について、苗木の地上部重量に対する地下部重量の相対生長関係を各年生ごとに測定された値をプロットしたものである。図でみられるように、地上部分、地下部分の量的関係は種ごとにバラツキの少ない関係が得られた。このため、4、5年生時の根量の推定はかなり精度のよい値が得られたものと思われる。

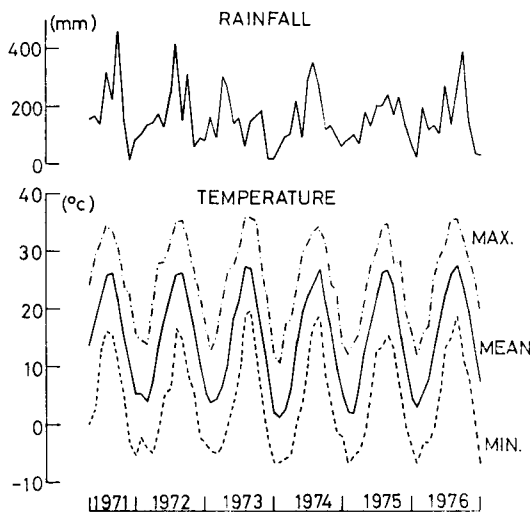


図-1 調査期間中の上賀茂試験地の気象状況

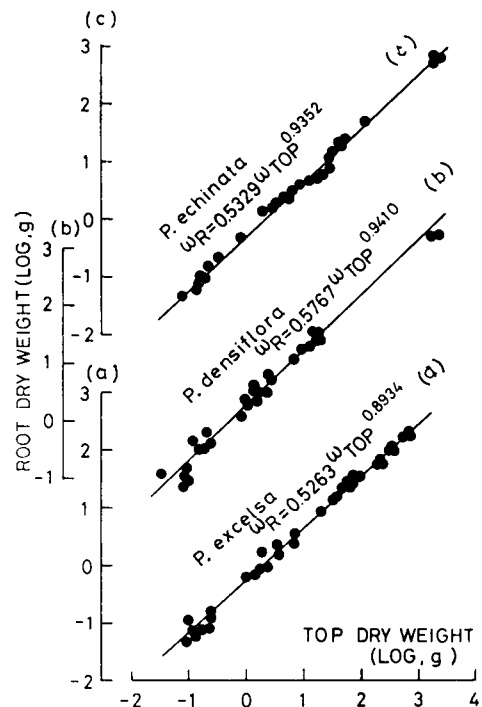


図-2 マツ属の苗木における地上部乾重量に対する地下部乾重量の関係

結 果 と 検 討

I 生育経過と生長

1 生育経過

播種したマツ属の発芽はそれぞれの種類とも70%前後の発芽率であったが、発芽所要日数では種子の大粒の種類は小粒の種類に比べ長日数を要し、とりわけ種皮の厚い *P. koraiensis*, *P. pinaster*, *P. halepensis* などの種類では長日数を要した。しかし、本調査で用いた種類の中でもっとも種皮率のたかい、いいかえれば種皮の厚い *P. pinea* では他の種類の発芽とやや異なり、種皮が割れて発芽し、比較的短日数で発芽した。

発芽した稚苗は子葉を展開するが、比較的大粒の種子をもつ種類からの子葉は巾が広く、しかも厚い。また、胚軸長では種子の大小による種類のちがいはみられず、*P. taeda*, *P. elliotii*, *P. pinaster*, *P. pinea* などの種類では他の種類より長く、概して *Haploxylon* に属するマツ属では短い傾向にあった。

幼葉は発芽後間もない時期に発現するが、一般に成葉の発現時までの短期間に展開するものであり、成葉の発現の遅れる種類では幼葉の展開期間が長く、種類によっては幼葉の展開が4年生まで続くものがある。

成葉は大部分の種類では2年生時に全葉量の90%以上の展開がみられ、葉令は2生育期間まで着葉する種類と4生育期間まで着葉する種類がみられる。落葉時期については初冬から翌春にかけてほとんど終える種類や、春に落葉し始め生育期間内に終える種類などがみられた。

一方、幹の伸長経過では新梢の伸長様式が単節型を示すマツ属では一般に1生育期間に1枝階を形成して伸長するが、*Diploxylon* に属するマツ属では2年生以後しばしば夏芽の伸長する個体がみられ、とりわけ *P. pinaster*, *P. halepensis* では2枝階をつくる個体が多くみられた。また、*P. massoniana* でもわずかに2枝階をつくる個体がみられ、幼令時の伸長生長は安定した生長を示さないようである。多節型に属するマツ属の新梢の伸長は1生育期間に枝階をつくりながら伸長する *P. taeda*, *P. elliotii*, *P. greggii*, *P. patula* と冬芽の中にすでに枝芽を形成し、節間を伸長させながら生長する *P. banksiana*, *P. virginiana* がある。これらの多節型の伸長様式をもつマツ属では1年生時では枝階を形成することはまずなく、2年生以後に2枝階から4、5枝階をつくる。

枝は1年生時ではほとんどなく、2年生以後に形成されるが、枝の大きさは種類によって異なり、枝量が多い種類や枝数が多い種類などがある。

根量についての詳しい結果は後でふれるが、地上部との関係において年令が経過するに従ってほぼ比例的に増加する種類と、根量の発達に比べ地上部がよく発達して年々増加しバランスのくずれる種類などがある。

播種後5年間を通じて虫による被害は3年生時頃から現われ始め、とくに *P. pinaster* ではマツノシンマダラメイガ^{5,20)}によって主軸、枝条等比較的太くなった部分で加害され、枝の枯損、主軸の交代などが年を経過するに従って増加した。その他 *P. sylvestris*, *P. banksiana* もこの虫の加害を受けたが、*P. pinaster* に比べ被害は少なかった。また、*Haploxylon* に属する *P. excelsa* でもマツノシンマダラメイガ⁸⁾の加害を受け、主軸の枯損する個体が年々増加した。さらに、*P. massoniana* ではマツノモグリカイガラによる加害、他の種類でもみられるマツバノタマバエによる加害によって、生育途上で落葉する個体がみられたが、大きな被害にはいたらなかった。また、大苗となった時点では強風による被害が現われ、とくに *P. taeda*, *P. elliotii*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. pinaster*, *P. massoniana* の種類で4、5年生時に被害を受けた個体もみられた。

2 生 長

苗木のごく初期における生長量は種子の大小や重さのちがいによって影響されることが知られている。すなわち、種子のもつ胚乳量は発芽した稚苗の栄養源として重要な働きをするもので、胚乳量の多少によって稚苗に生長差が生ずる。しかし、この結果は種内で調べられた結果であり、種間において同様の結果となる保証はない。そこで、筆者らが先に調べたマツ属の種子に含まれている胚乳量と1年生時の生長量との関係を図-3に示した。図-3は各種類ごとの胚乳量に対する1年生時の苗木の全重量を対数値として表わし、*Haploxyton* および *Diploxyton* の単、多節型に属するマツ属に分けて示されてある。これによってもわかるように *Haploxyton* に属するマツ属の胚乳量は *Diploxyton*

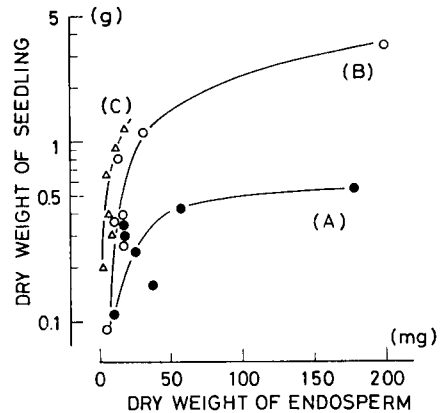


図-3 マツ属の種子がもつ胚乳乾重量に対する1年生苗木の全乾重量〔(A): *Haploxyton*, (B): *Diploxyton* の単節型, (C): *Diploxyton* の多節型に属するマツ属, 以下の各図で示されている記号はこれに準ずる。〕

に属するマツ属の胚乳量に比べ多い傾向がみられ、全般的には胚乳量の多い種類程1年生時の生長量が大きくなる傾向にある。しかし、*Haploxyton* と *Diploxyton* に属するマツ属では異なった傾向がみられる。すなわち、ほぼ3本の曲線で各グループが区別され、*Haploxyton* と *Diploxyton* に属する種類では、ほぼ同じ胚乳量をもつ種類でも1年生時の苗木の大きさはほぼ10倍のちがいがみられた。このことはグループごとに異なった生長を展開する性質のちがいであろうと推測される。胚乳量の多少が発芽後しばらくの間の生長に影響がみられても、1年生時の生長量全体に影響するとは考えられない。*P. taeda* や *P. elliotii* などの種類では胚乳量の多少に関係なく、発芽した稚苗自身が発芽後急速に生長を展開する性質によるちがいであろう。

マツ属の新梢の伸長様式は単節型 (UNI-NODAL TYPE) と多節型 (MULTI-NODAL TYPE) に分けられることは先にのべたが、同じ単節型の伸長様式をもつ種類でも *Haploxyton* と *Diploxyton* に属するマツ属では生長量に明らかなちがいがみられた。こうしたことから本報告では調べた結果を *Haploxyton* と *Diploxyton* に分け、*Diploxyton* では新梢の伸長型から単、多節型に分けて苗木の生長量のちがいや諸特性についてとりまとめた。生長量に関する調査結果は付表に示した。

まず、それぞれのマツ属の苗高について1年生時から5年生時まで、個体の平均生長量を5年生時の苗高の低い種類から順次整理し図化すると図-4のとおりである。5年生時での苗高を比較すると、*Haploxyton* に属するマツ属は *Diploxyton* に属するマツ属より低く、*Diploxyton* の多節型に属するマツ属は全般的に高い傾向がみられ、とくに生長しつつ枝階をつくる *P. taeda* や *P. elliotii* では他の種類よりも大きい生長を示した。

Haploxyton に属するマツ属では年生ごとに生長の順位の異なっている種類も一部あるが、全体的にはほぼ5年生時の順位と同じである。5年生時での苗高は *P. flexilis* がもっとも低く20 cm 未満であり、苗高50 cm を越える種類には *P. strobilus*, *P. armandi*, *P. excelsa* があり、他の種類では25~40 cm 程度であった。

Diploxyton の単節型に属するマツ属の苗高生長は年次ごとに順位の変動がみられる。例えば、1年生時で *P. pinea* は他の種類よりはるかに高い苗高を示したが、5年生時では中間の高さであった。このグループでの5年生時における苗高は *P. pinaster*, *P. massoniana* は共に200 cm 以上の大き

さを示し、100 cm 以下の苗高を示す種類は *P. sylvestris*, *P. halepensis*, *P. nigra* であり、とりわけ *P. nigra* はこのグループ内でもっとも小さく 70 cm 程度であった。

Diploxylon の多節型に属するマツ属の苗高生長は *P. echinata* を除けば5年生時の大きさの順位とほとんど変わらない経過をたどった。このグループには同じ多節型であっても、伸長様式の異なる種類が含まれており、枝階をつくりながら伸長する *P. taeda* タイプのマツ属では共に 200 cm 以上の大きさに達しているが、節間枝を伸長させながら生長する *P. banksiana* タイプのマツ属では

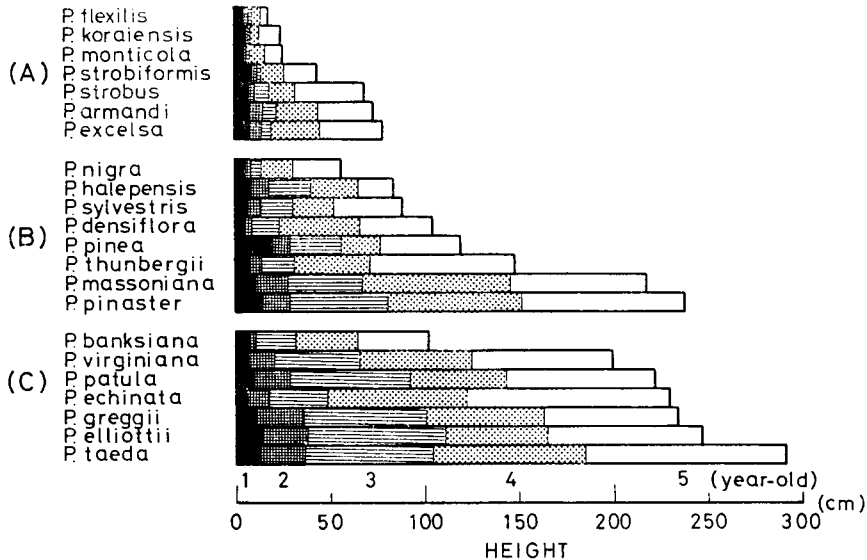


図-4 マツ属の苗高生長量

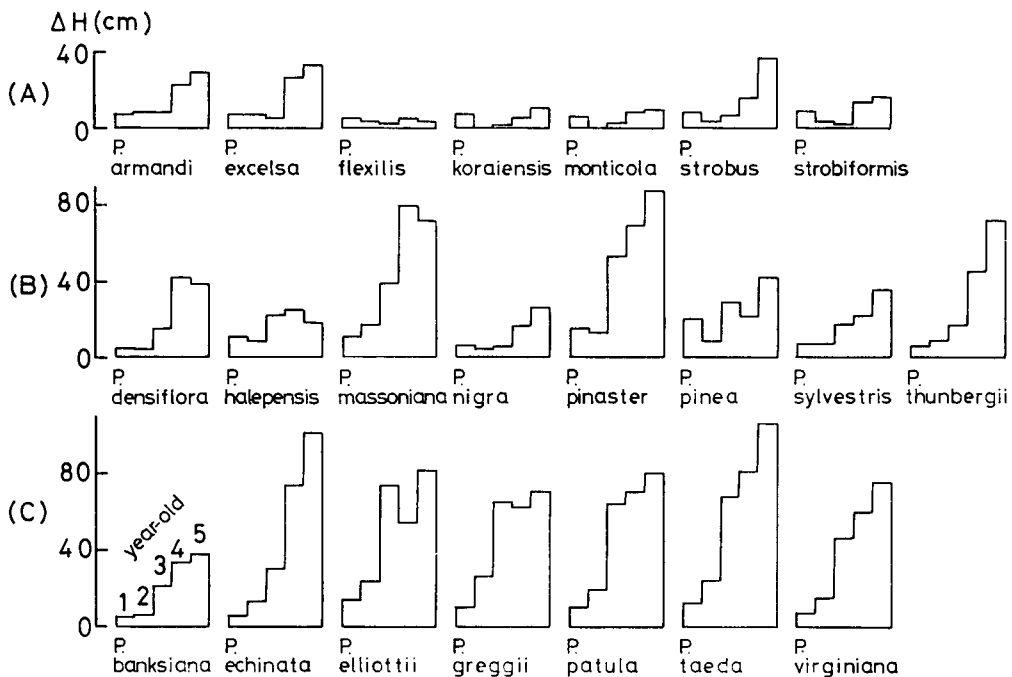


図-5 マツ属の苗高連年生長量 (ΔH)

200 cm 以下の大きさを示し、両タイプのマツ属での生長差が見られた。

苗高生長について、連年生長量を各種類ごとに整理すると図-5のとおりである。*Diploxylon* に属するマツ属は播種翌年に、また、*Haploxylon* に属するマツ属は播種翌々年に床替えを行なっていて、その影響が全般的に現われているように思われる。とくに、*Haploxylon* に属するマツ属では3年生時の生長量の低下がみられる。また、*Diploxylon* の多節型に属するマツ属では床替えによる大きな低下はみられず順調な生長を展開したものとみてよからう。いいかえれば、床替えによる影響は生長量の小さい種類では顕著に現われ、生長量の大きい種類では影響はあったとしても回復力が大きいと考えられる。

図-5の(A)で示されたグループでは *P. flexilis* を除く他の種類の床替え後の生長量は年令の経過と共に生長量にちがいはあるものの、いずれにしても増加している。(B)グループでも *P. halepensis* を除く他の種類についても同様の傾向がみられた。しかし、*P. densiflora* や *P. massoniana* では5年生時でやや生長低下がみられ、*P. pinea* では生長リズムが他の種類と異なり、隔年ごとに生長量の増加する傾向がみられたことは興味深い現象である。ただし、この現象については個体の平均値でなく、1個体を継続して測定することや長期にわたる調査が必要であろう。(C)グループでは *P. elliotii* や *P. greggii* の4年生時で生長低下がみられたほかは各種類とも年令の経過とともに増大している。*P. elliotii* や *P. greggii* の生長量が4年生時で低下したことはサンプリングによる誤差だけでなく、気象害、とくに風による被害が大きかったことによるものと推測された。

ついで、苗木の重量生長について5年生時の苗木の重量の小さい種類から順次並べると図-6に示すとおりである。苗高生長で示された順位と重量生長で示される順位はやや異なっているが、全般的には苗高の大きい種類程重量の大きくなる傾向を示している。苗木の重量生長の種間によるちがいは苗高でみられた差に比べ大きな差となって表わされる。調査したマツ属の中で *P. flexilis* は 20 g 以下でもっとも小さく、*P. taeda* は 2,700 g 以上でもっとも大きく、その差は 100倍以上もの値となっている。

(A)グループでもっとも大きかった *P. armandi* は 400 g、ついで *P. excelsa* の 260 g、*P. strobus* の 160 g であり、他の種類では 60 g 以下であった。(B)グループでは *P. pinaster* が 2,400 g でもっ

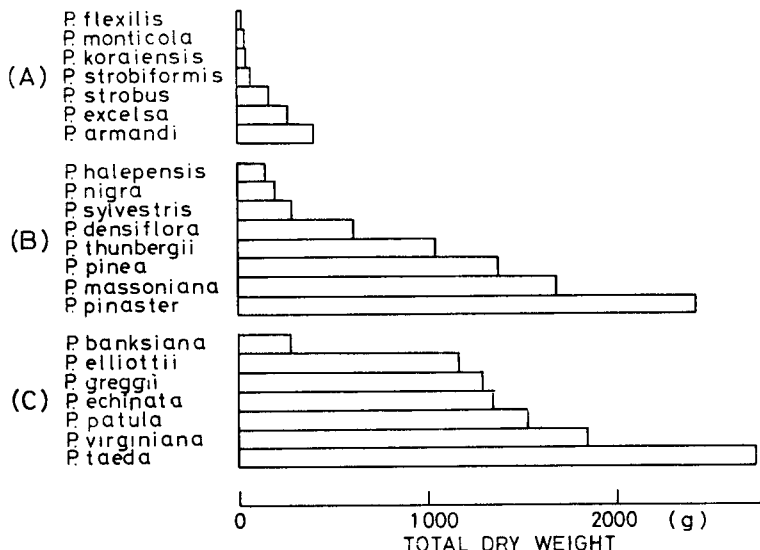


図-6 マツ属苗木の5年生時における重量生長量

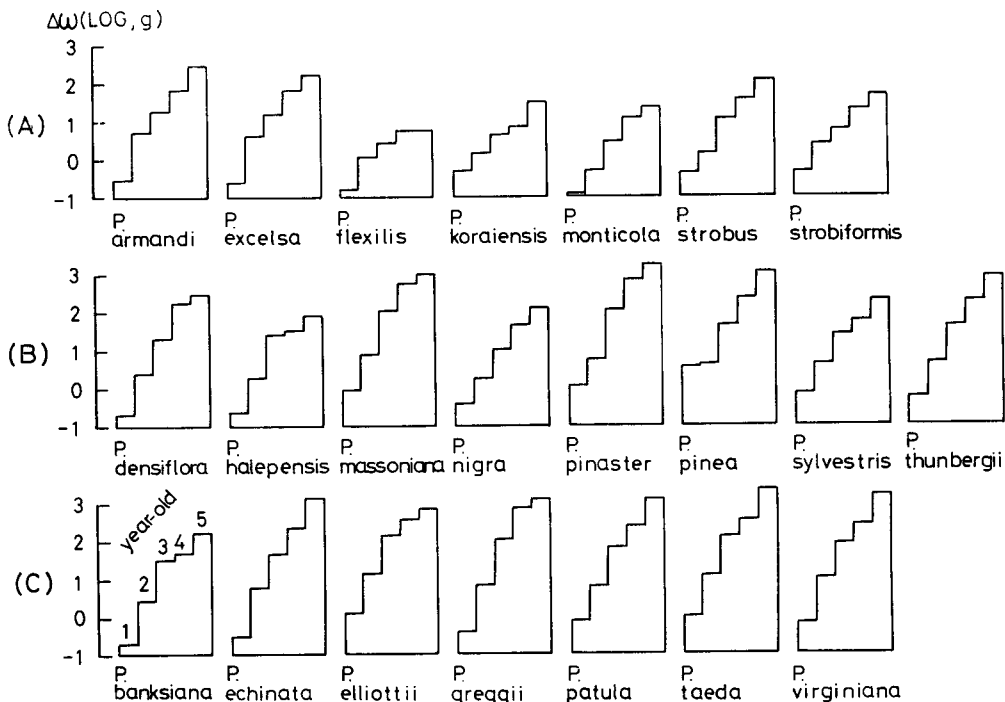
とも大きく、*P. halepensis* はこのグループ中もっとも小さく 140 g を示し、(A)グループより小さい結果となった。このグループ内で 1,000 g 以上の大きさを示した種類は *P. densiflora*, *P. thunbergii*, *P. pinea*, *P. massoniana*, *P. pinaster* であり、他の種類は 600 g 以下であった。(C)グループでは *P. banksiana* を除くと 1,000 g 以上を示し *P. taeda* は 2,700 g にも達した。とくにこのグループでは枝の多少や大小によって苗高生長で示された順位と異なり、*P. elliotii* は苗高生長で *P. taeda* について大きい値を示したが、重量生長では *P. banksiana* につぐ大きさで、逆に *P. virginiana* は *P. taeda* について 2 番目に大きい重量生長を示した。

各種類の重量生長量を年次ごとに常用対数値で求め図示したのが図一 7 である。重量生長量は年令の経過にともなってほぼ指数関数的に増大する種類が多い。グループ(A)では *P. flexilis* を除く他の種類、(B)、(C)グループでの種類などでは順調な生長増加とみなされる。

マツ属 22 種類の幼令期における生育経過から将来生育が可能な種類を予測することは困難であるが、5 年生時の段階ですでに生育が期待出来ないと考えられるいくつかの種類が上げられる。例えば、*P. flexilis*, *P. halepensis* では共に年々の生長量が低下していることから、まず期待出来ない種類であろう。また、この他にも虫による被害を受けやすい *P. pinaster* も大きな期待はできないであろう。さらに、*P. monticola*, *P. strobiformis*, *P. sylvestris*, *P. massoniana* にあっても気象害や虫害を受けていて、適切な管理を行わない限り将来樹型の整わない種類となろう。

II 各器官の相対生長関係

それぞれのマツ属の生育上の諸特性は相対生長関係を検討することによって、ある程度明らかにできるものと思われる。本調査で測定されたそれぞれのマツ属の 1 年生時から 5 年生時までの苗木の平均生長量を地上部重量に対する幹重量、葉重量、葉重量に対する幹重量および根重量に対する地上部重量（いずれも乾重量）についての相対生長関係を各グループごとに検討した。



図一 7 マツ属苗木の重量連年生長量 (Δw)

図-8の(A), (B), (C)に示された苗木の地上部重量に対する幹重量の相対生長関係は各グループ内での種間による分離は明かでなく、グループごとでみると *Haploxyton* と *Diploxyton* の単節型に属するマツ属では地上部重量の増加にともなって幹重量の増加が比例的に増大したが、切片でやや異なり(A)グループでは0.316, (B)グループでは0.282を示し、同じ地上部重量であっても幹重量は *Haploxyton* に属するマツ属で大きいことを示した。 *Diploxyton* の多節型に属するマツ属(C)では $w_s = 0.2411 w_{TOP}^{1.0686}$ で回帰され、地上部重量の増加にともなって幹重量の増加割合は前2グループより大きいことを示した。この結果から、単節型と多節型に属するマツ属とで分離がみられ、多節型に属するマツ属は単節型に属するマツ属よりもその割合が年々増加することを示した。

地上部重量に対する葉重量の相対生長関係は図-9の(A), (B), (C)に示したとおりである。各

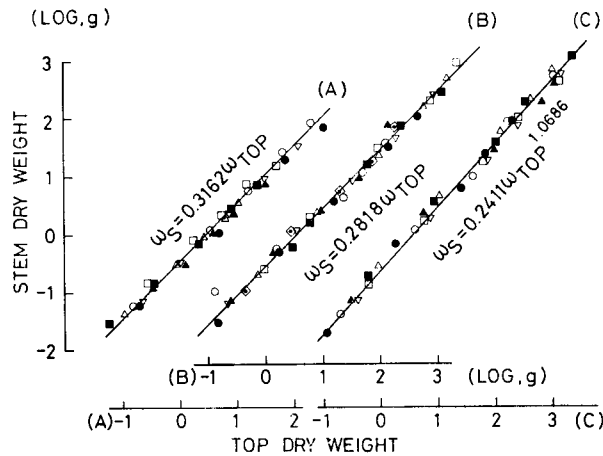


図-8 マツ属苗木の地上部乾重量に対する幹乾重量の相対生長関係 [(A): *P. armandi* (●), *P. excelsa* (○), *P. flexilis* (△), *P. koraiensis* (▲), *P. monticola* (■), *P. strobus* (▽), *P. strobiformis* (□), (B): *P. densiflora* (●), *P. halepensis* (○), *P. massoniana* (△), *P. nigra* (▲), *P. pinaster* (□), *P. pinea* (■), *P. sylvestris* (•), *P. thunbergii* (▽), (C): *P. banksiana* (●), *P. echinata* (○), *P. elliotii* (△), *P. greggii* (▲), *P. patula* (□), *P. taeda* (■), *P. virginiana* (▽), 以下の各図で示されているマークはこれに準ずる。]

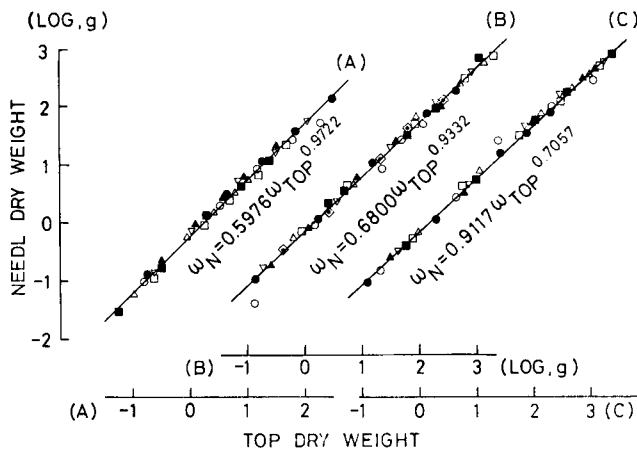


図-9 マツ属苗木の地上部乾重量に対する葉乾重量の相対生長関係

グループ共点のバラツキは少なく、種類による分離は明かではなかった。求められた各グループごとの関係は次式のとおりであった。

$$\text{Haploxyton UNI-NODAL TYPE } w_L = 0.5976 \ w_{TOP}^{0.9722}$$

$$\text{Diploxyton UNI-NODAL TYPE } w_L = 0.6800 \ w_{TOP}^{0.9332}$$

$$\text{MULTI-NODAL TYPE } w_L = 0.9117 \ w_{TOP}^{0.7057}$$

単節型に属するマツ属では比較的良好な生長関係を示したが、多節型に属するマツ属では前2グループに比べて勾配はゆるやかであり、切片もたかく明らかに異なった生長関係を示した。すなわち、地上部重量の年々の増加に対して葉重量の増加割合が単節型と多節型に属するマツ属とは異なり、1, 2年生時における同じ地上部重量での葉重量の絶対量は多節型に属するマツ属では多いが、4, 5年生時にはその逆の関係がみられた。多節型に属するマツ属では単節型に属するマツ属よりも年令の経過とともに葉量が地上部量に対して減少する傾向がみられた。また、グループ(C)のマツ属では単節型のマツ属に比べて葉令が短かく、前述のグループ間での葉量のちがいはこの性質の現われであろう。

生産器官である葉で生産される幹量の関係についてみると〔図-10, (A), (B), (C)〕, やや点のバラツキをとまうがグループごとの種間による分離は困難であり、各グループごとに求められた相対生長関係式は次のとおりであった。

$$\text{Haploxyton UNI-NODAL TYPE } w_S = 0.5281 \ w_L^{1.0151}$$

$$\text{Diploxyton UNI-NODAL TYPE } w_S = 0.3597 \ w_L^{1.0977}$$

$$\text{MULTI-NODAL TYPE } w_S = 0.3761 \ w_L^{1.1710}$$

それぞれのグループごとに回帰された関係ではややちがいがみられ、一定葉量が生産する幹量は多節型に属するマツ属ではやや多く、幹の生産効率のたかいことを示した。また、単節型に属するマツ属でも *Haploxyton* よりも *Diploxyton* に属するマツ属で生産される幹量の多いことを示した。しかしながら、こうした結果は非常におおまかであり、とくに後でのべる葉の着生年数、あるいは2, 3, 5葉など葉の形態上のちがいがから、厳密には生産器官そのものについての検討が必要である。

外国産マツ属の中には地上部が地下部に比べてよく発達する種類があるため、風による倒木被害、あるいは冠雪による被害などが現われている。そのため、それぞれのマツ属についての根量に対する

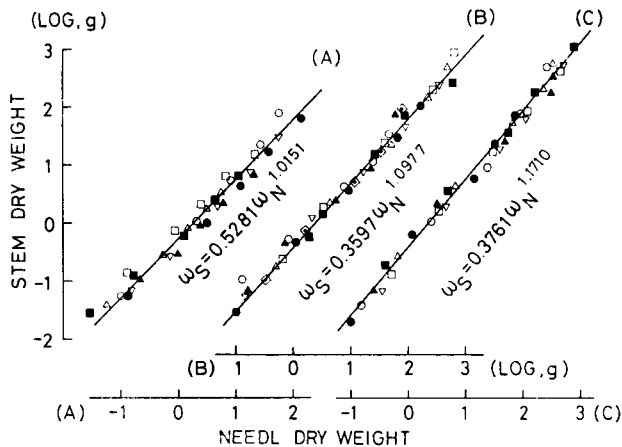


図-10 マツ属苗木の葉乾重量に対する幹乾重量の相対生長関係

地上部量の相対生長関係をみることにより種間によるちがいが見い出されると共に、被害を受けやすい種類が明かにされる(図-11)。

図-11の(A)は *Haploxyton* に属するマツ属についての根重量に対する地上部重量の関係を示したが、種間による分離はみられず、ほぼ

$$w_{TOP}=1.9819 w_R^{1.0731}$$

で回帰された。しかし、図-11の(B)、(C)で示された *Diploxyton* に属するマツ属では種間による分離がみられ、(B)、(C)のグループでそれぞれ2つのグループ分けがみとめられる。すなわち、グループ(B)では

$$w_{TOP}=4.3903 w_R^{1.0500}$$

で近似される *P. halepensis*, *P. massoniana*, *P. pinaster*, *P. pinea* の種類と

$$w_{TOP}=2.1503 w_R^{1.0500}$$

で近似される *P. densiflora*, *P. nigra*, *P. sylvestris* の種類に分けられた。またグループ(C)では

$$w_{TOP}=4.6061 w_R^{1.0842}$$

で近似される *P. elliotii*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. taeda* の種類と

$$w_{TOP}=1.8690 w_R^{1.0842}$$

で近似される *P. banksiana*, *P. echinata* の種類に分けられ、グループ(B)、(C)で示された前グループは後グループに比べて、同じ根量に対して地上部量の多い種類であった。

根量に対して地上部量の多い種類は多節型に属する *P. elliotii*, *P. taeda*, *P. patula*, *P. greggii* でみられ、日本の *P. thunbergii* や *P. densiflora* と比較すると、ほぼ同じ根量に対して地上部量は約2倍の値となっている。わが国に導入された *P. elliotii* や *P. taeda* が風、冠雪害に弱い性質をもつと指摘されているが、すでに苗木の段階からこの性質が現われていると推察される。

苗木の健全度は T/R 比で表現²³⁾されるが、苗木の地上部と地下部の量的関係から、それぞれのマツ属の経年的な T/R 比の変化についてみると図-12に示すとおりである。全般的に T/R 比の変化は年令の経過にともない高い値を示す傾向がみられるが、いくつかの種類では5年間の生育途中で低下し、のち上昇する種類がみられた。 T/R 比の経年変化で比較的ゆるやかに

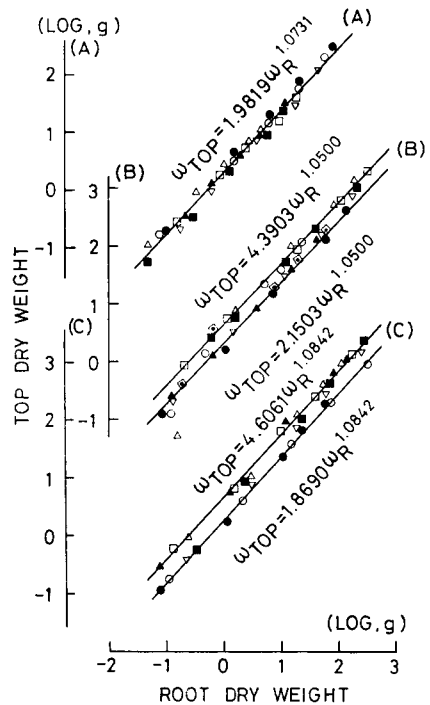


図-11 マツ属苗木の地下部重量に対する地上部乾重量の相対生長関係

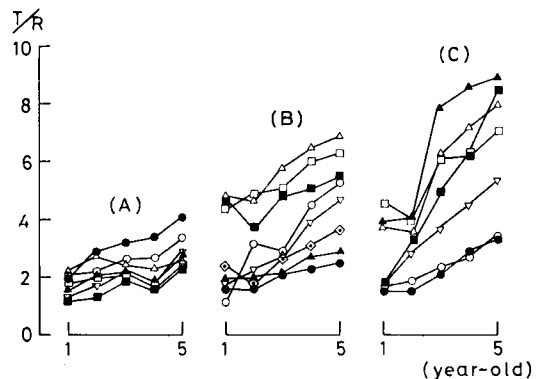


図-12 マツ属の苗木の T/R 比の経年変化

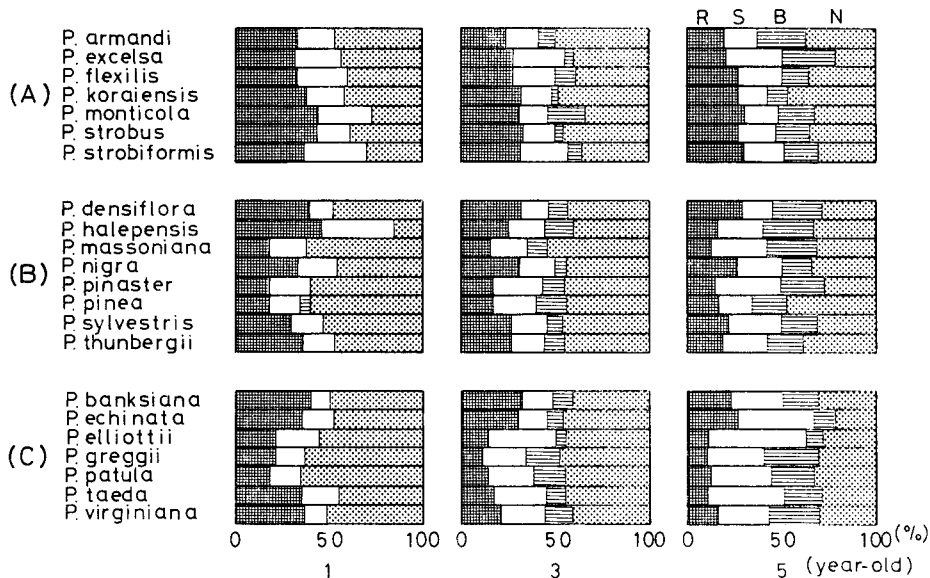
上昇する種類は *Haploxyton* や *Diploxyton* の単節型に属するマツ属の中で *P. halepensis* を除く種類であり、多節型に属するマツ属では *P. banksiana*, *P. echinata* であった。また、*Diploxyton* の単節型に属する *P. pinaster*, *P. massoniana*, *P. pinea* などでは1年生時から高い T/R 比を示していることも注目される。一方、多節型のマツ属の中で *P. banksiana*, *P. echinata* を除く他の種類では T/R 比の経年変化が急速に上昇する傾向にあった。とくに急上昇のみられた *P. greggii*, *P. taeda*, *P. elliotii*, *P. patula* などでは地上部量と地下部量のバランスが年令の経過とともにくずれる種類である。

Ⅲ 各器官の配分

それぞれのマツ属の示す生長器官の配分比は苗木の状態を知る上で重要な指標となる。図—13は、1, 3, 5年生時でみられる各生長器官の配分状態を種類ごとに示したものである。

生長器官は幹、枝、根などの非同化部分と葉の同化部分に分けられる。1年生時の苗木では大部分の種類で枝は発現しない。しかし、本調査での種類の中で *P. pinea* は1年生時から発現し、全体の5%の量を示し、他の種類とは明かに異った性質をもつ。非同化部分は年令の経過とともに蓄積されるが、葉は一定の生育期間を過ぎると落葉するため、幹、枝量などと同じ意味では比較できない。

1年生時における各マツ属の生長器官の配分比をみると、葉の占める割合では *Haploxyton* に属するマツ属は26~46%を示し、種間によるちがいは比較的小さかったが、*Diploxyton* に属するマツ属では種間差が明かに認められた。すなわち、*P. massoniana*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. sylvestris*, *P. elliotii*, *P. greggii*, *P. patula* などでは葉の占める割合が50%以上であって、中でも *P. massoniana* は62%を示し、*P. halepensis* ではこれらの種類とは逆に16%を示しきわめて小さい値となった。幹の占める割合では *Haploxyton* の *P. strobus* は17%を示して低く、*P. strobiformis* は33%でたかく、他の種類では20%前後を示した。一方 *Diploxyton* に属するマツ属では *P. densiflora*, *P. banksiana*, *P. echinata*, *P. virginiana* では10%前後を示して低く、*P. halepensis* は39%でもっとも高く、他



図—13 マツ属苗木の1, 3, 5年生時における各生長器官の配分比
(R: 根, S: 幹, B: 枝, N: 葉)

の種類は20数%を示した。

この結果、いくつかの異った性質が見い出され、*P. halepensis* では他のマツ属に類を見ない配分比を示し、葉の占める割合がきわめて小さく、幹の占める割合が大きかったこと、また、*P. pinea* では枝が1年生時点で発現したこと、さらに、多節型のマツ属では全般的に幹の占める割合の小さいことなどは日本産マツ属に認められない興味ある性質である。

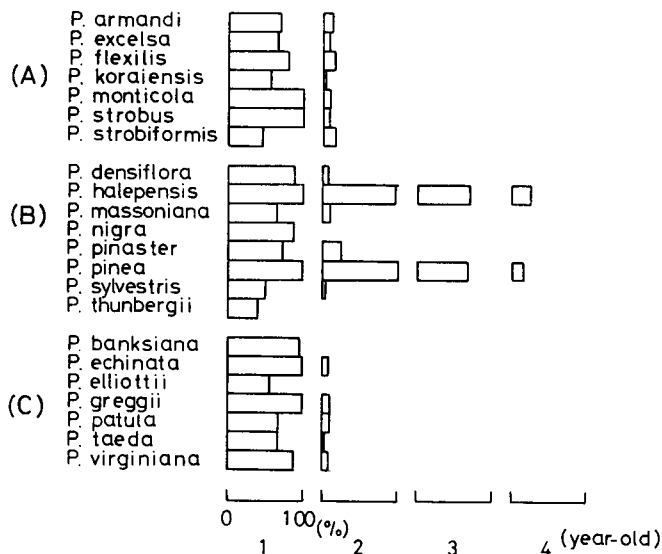
3年生時における各器官の配分比は1年生時にみられたような種間による異なった性質は明らかでなかった。しかし、*P. massoniana*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. elliotii*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. taeda*, *P. virginiana* などでは根の占める割合が小さく、概して多節型のマツ属では小さかった。また、*P. nigra* や *P. elliotii* などでは枝の占める割合が小さい値を示した。

5年生時では3年生時でみられたような配分比とはほぼ同じ傾向を示し、全般的には単節型のマツ属に比べ多節型に属するマツ属は根の占める割合が小さく、幹の占める割合が大きい特徴を示した。とくに、種間差を顕著に現わしたのは枝の占める割合であり、*P. koraiensis*, *P. elliotii* などではきわめて小さい値を示した。また、幹の占める割合の大きかった種類は *P. elliotii* と *P. echinata* であった。

IV マツ属の生育上の2, 3の性質

マツ属の苗木の生育上の特徴については生長、相対生長関係および生長器官の配分比などの項でふれてきたが、とくに生育上のちがいが明確であった葉の展開および枝の展開などについて検討した。

図一14はそれぞれの種類ごとに幼葉の発現年限と全葉量に対する幼葉の比を示したものである。幼葉は発芽後間もない時期に発現し、大部分の種類では1年生時のみに展開し終える。しかし、苗木が何らかの障害を受け折損した場合には不定芽をつけ、しばしば幼葉が展開する場合もある。1年生時の全葉量に対する幼葉量の比でみると、100%を示した種類、いかえれば幼葉のみの展開した種類は *P. koraiensis*, *P. monticola*, *P. halepensis*, *P. pinea*, *P. echinata*, *P. greggii* であり、50%以下を示した種類には *P. strobiformis*, *P. sylvestris*, *P. thunbergii* で、これらの種類では成葉の展開が50%以上であることがわかる。2年生時にはほとんどの種類では幼葉の占める割合が10%未満で



図一14 マツ属苗木の幼葉発現年数と全葉量に対する幼葉量比率

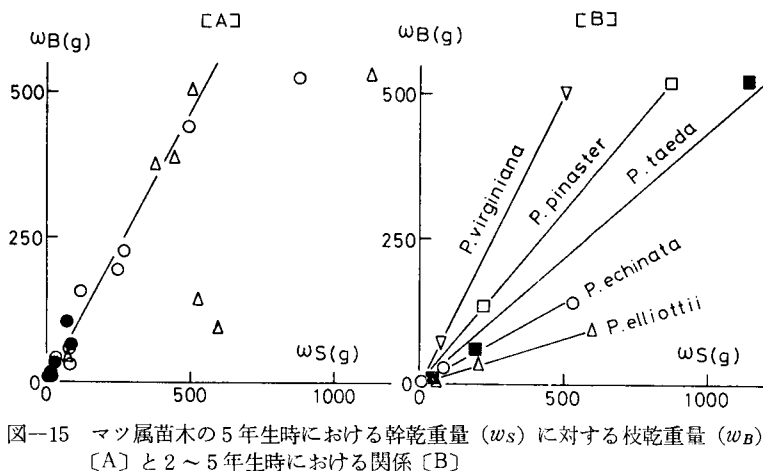
あったが、*P. halepensis* や *P. pinea* ではそれぞれ100%を示し成葉の展開はまったくみられなかった。一方、成葉の展開が100%となった種類は *P. nigra*, *P. thunbergii*, *P. banksiana*, *P. elliotii* などであった。さらに、3年生時では *P. halepensis* (28%), *P. pinea* (27%) の種類では幼葉が展開し、4年生時でもこれらの種類は10%程度の幼葉が展開した。

幼葉はほとんどの種類では1生育期間を経て枯死することから考えると、幼葉の展開が長期にわたる種類 (*P. halepensis*, *P. pinea*)、短期間に終る種類 (*P. koraiensis*, *P. nigra*, *P. thunbergii*, *P. elliotii*, *P. taeda*) など種間によるちがいは明らかであり苗木の生育上興味ある性質である。

成葉の展開は新梢がある程度伸長したのち、新梢の基部から始まり、新梢の伸長が休止したのちにも葉は展開し伸長する。展開した葉はそれぞれの種類ごとにほぼ一定の大きさを示すが、一般に苗木の段階で展開する葉長は成木時に展開する葉に比べ短い傾向にある。しかしながら、*P. banksiana* では1、2年生で展開される葉は成木時の葉の長さに比べ2～3倍の長さを示した。こうした性質は他の種類ではみられない *P. banksiana* 特有の性質である。

成葉の着生年限は種類によって異なるが、長期にわたる種類は *P. koraiensis*, *P. thunbergii*, *P. nigra* などであり、4生育期間まで着葉がみられた。また、着生年限の短い種類では *P. halepensis* であり、1生育期間内で早くも落葉し始める個体がみられ、この他の種類では2生育期間着葉し、ごくわずかな葉は3生育期間まで着葉している。

種類により葉の展開や着葉年数にちがいがみられると同様に枝の着生量にもちがいがみられる。図一15の〔A〕は5年生時におけるそれぞれのマツ属について、地上部の非同化器官の幹重量に対する枝重量を *Haploxyton*, *Diploxyton* の単、多節型でグループ分けし図示したものである。この図からわかるように、大部分の種類では幹重量と枝重量の関係はほぼ一本の直線関係となっている。しかし、*P. elliotii*, *P. echinata*, *P. pinaster*, *P. taeda* などはこの関係からはずれ、幹重量に対して枝重量の少ない性質がみられた。とくに *P. elliotii* では *P. virginiana* のほぼ1/5弱の枝量であった。枝量の少ない種類について、2、3、4、5年生時の経年的変化の関係を示すと図一15の〔B〕のとおりである。枝量の少ない種類でも、種内で調べると枝と幹の量的関係はほぼ比例的関係にある。*P. virginiana* などの種類で示された比例定数は1.0であつたが、*P. pinaster* で0.6, *P. taeda* 0.44, *P. echinata* 0.28, *P. elliotii* 0.16を示し、多節型のマツ属では枝量が少ない性質が認められるようである。



V 考 察

外国産樹種の導入は、それぞれの樹種が本来生育している環境から異なる環境の地域での生育を強いていることを意味する。そのため、生育のみこまれない樹種の現われは当然のことである。外国産マツ属においても同様であって、導入育成されたマツ属の幼令期における生育状態はかなり期待のもてる種類がみられていたが、造林後の気象、病虫害などによる被害を受け生育の困難な種類がみられた。そこで、苗木の生育良好な種類とあまりよくない種類とでは原産地域の気象環境や分布地域の関係でどのような対応がみられるかについて検討した。

マツ属が分布生育している原産地付近の気象資料とそれぞれの種類の原産地の海拔高の記録から、¹⁸⁾ 温度の定減率 ($0.55^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) によって換算し、各種類ごとに平均温量指数を算出し(表-1)、この温量指数をベースとしてマツ属の生長量、 T/R 比などを調べた。

5年生時の苗木の全個体重量とその種類の原産地の温量指数との関係は温量指数のたかくなる程苗木の大きさが大きい傾向がみられた。両者の数値間の相関を単純に求めると、相関係数 $r=0.6814$ となり、かなりバラツキが大きいものの暖かい地域のマツ属で生長のよい傾向はあるようである(図-16)。ただし、当試験地の温量指数が117程度であり、今回生長量を調べた種類で原産地の温量指数がこの値より大きい種類が少ないのでマツ属全体の苗木の生長と原産地の温量指数との間に単純に正の相関が得られるとは思われない。図-16の結果は原産地の温度条件が当試験地の条件に似た地域を原産地とするマツ属で生長量が多いと考えた方がよいであろう。

当試験地で原産地の異なるマツ属を育成したが、それぞれの種類の生育が原産地の生育と比較してすぐれているか、劣っているかを調べることは出来ない。このため、図-16に示した結果が具体的にどのような意味をもつものか明確ではない。しかし、高緯度地域のマツ属では夏の温度が高すぎて生長が悪く、低緯度地域を原産地とするマツ属では冬の寒さが葉の枯死、さらには個体の枯死などによって生長に悪い影響を与えることは予想される。図-16で示したように当試験地とほぼ同じ温量指数をもつ気候区に分布するマツ属でよい生長を示した結果は、その原因は明かでないものの、いろいろな地域からマツ属を導入育成する際のよい資料となるであろう。原産地の温量指数がほぼ同等の種類でも、大陸の西側と東側では温度較差が異なり、気候区は異なる。世界各地を原産とするマツ属を当

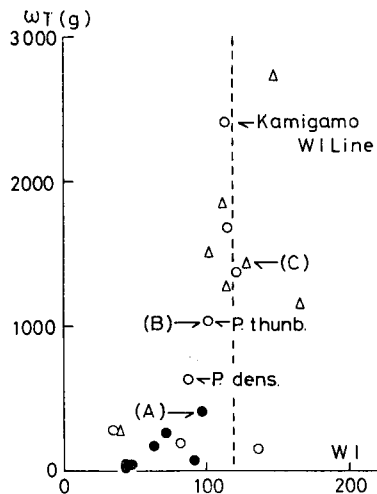


図-16 マツ属の分布域における平均温量指数(WI)と5年生苗木の全乾重量(w_T)との関係

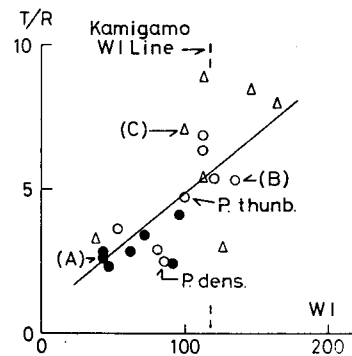


図-17 マツ属の分布域における平均温量指数(WI)と5年生苗木の T/R (地上部/地下部) 比の関係

試験地で育成した場合、ヨーロッパ、アメリカ西部の地域のマツ属の生育は一般によくはない傾向がある。今回の結果でも *P. halepensis*, *P. flexilis* などにその性質が現われているようである。

マツ属の生育上、不安定な要素としてくりかえしのべてきた T/R 比は、5年生時点で温量指数との関係を調べると正の相関が認められた。相関係数は $r=0.7204^{**}$ で、この関係は多節型、単節型の区別なく成立するとみてよい (図-17)。いいかえれば、*P. taeda*, *P. elliotii* に限らず、暖かい地域から導入したマツ属は単、多節型など、主軸の伸長型に無関係に T/R 比が大きくなり、不安定な形態をもっていたことになる。このような T/R 比が大きくなる性質が、5年生以後も引き続いて増大すれば、当然 *P. taeda*, *P. elliotii* などでみられたように風、冠雪害に弱い性質となるであろう。しかし、暖かい地域のマツ属がもつ本来の性質として T/R 比が大きいとは考えられない。当試験地で導入し育成したために現われた性質であろうと考えられる。

*P. densiflora*²⁵⁾, *P. thunbergii*²⁶⁾, *P. resinosa*²⁷⁾ などの根の伸長速度を季節的に調べた報告によれば、これらのマツ属の地下部の伸長は早春の地上部が伸長する前と、地上部の伸長がほぼ停止した秋以後にピークをもつとされている。低緯度地域のマツ属で T/R 比が大きい現象は温度、日長などの当試験地の気象条件のリズムがこれらの種類の生育に適していないために現われるものと思われる。低緯度地域のマツ属でも *P. densiflora*, *P. thunbergii* などのように地下部の伸長期が主に地上部の生長停止期に起るものとすれば、原産地の気候に比べて当試験地の冬季の気温が低くすぎ、また、春、秋の季節が短かいなどの影響によって地下部が十分に発達できないのかもしれない。原因はいずれにしても、原産地における T/R 比の資料が得られていない現段階では図-17に示された生育上の特徴をくわしく検討することは困難であろう。

当試験地に生育されている20~30年生の低緯度地域のマツ属の生育状態を観察する限りでは、*P. taeda*, *P. elliotii*, *P. palustris* など、*Subsect. Australes*¹³⁾ に属する種類に冠雪害、風害などの気象害が現われている。このグループの種類でも *P. echinata* やメキシコを原産とする種類ではこれらの気象害を受けていない種類もある。

今回の調査では生育段階が若い5年生時までの生育状態について検討し、種類ごとにいくつかの生育上の特性が明らかにされた。しかし、導入育種の問題点を明かにするためには生育段階の進んだ時点で、より詳しい検討が必要であろう。

引用文献

- 1) 森林資源総合対策協議会編：早期育成林業，167~262，産業図書，(1958)
- 2) 赤井龍男・上田晋之助・古野東洲：スラツシュマツ幼令林の物質生産機構，京大演報，**41**，56~79，(1970)
- 3) 赤井龍男・古野東洲：テードマツ幼令林の落葉量と被食量について，京大演報，**42**，83~95，(1971)
- 4) 赤井龍男・上田晋之助・古野東洲：ストローブマツ幼令林の物質生産機構，京大演報，**42**，143~162，(1971)
- 5) 古野東洲・渡辺弘之：フランスカイガンショウ林のマツノシンマダラメイガの被害と雪害について，京大演報，**41**，41~55，(1970)
- 6) 赤井龍男・上田晋之助・古野東洲・斎藤秀樹：テードマツ壮令林の物質生産機構，京大演報，**43**，85~105，(1972)
- 7) 大迫靖雄・加藤弘之・野淵 正：林木の生長にともなう自然わん曲現象を示す木材の特性に関する研究 (1)，京大演報，**45**，238~251 (1973)
- 8) 徳重陽山・森本 桂：マツの枝曲り病，九州支部論文集，**23**，183，(1969)
- 9) 渡辺政俊・中井 勇・橋本英二：テードマツの造林学的研究(1)，京大演報，**36**，133~142，(1965)
- 10) 中井 勇・伊佐義朗・橋本英二：京都大学上賀茂試験地における外国産マツ類の生育について，京大演集報，**8**，1~34，(1965)

- 11) 大島誠一・中井 勇・古村弘美・赤井龍男：タイワンアカマツの樹形異常木の生長について，京大演集報，**11**，31～37，1976
- 12) 田中弘之・大島誠一・赤井龍男：外国産マツ属の新梢の伸長と形態，京大演集報，**11**，38～49，(1976)
- 13) 大島誠一・中井 勇・赤井龍男：マツ属の針葉伸長について，京大演集報，**11**，58～68，(1976)
- 14) 赤井龍男・大島誠一・中井 勇：テーダマツ・アカマツ混交林の物質生産について，第89回日林講，51，(1978)
- 15) 橋本英二・伊佐義朗：外国産マツ属，京大演習林，(1958)
- 16) SHAW, R. D.: The genus pinus, Cambridge Printed at the Riverside Press, (1914)
- 17) CRITCHFIELD, W. B. and LITTLE, E. L. JR.: Geographic distribution of pines of the world. U. S. Dept. Agr. For. Serv. (1966)
- 18) MIROV, N. T.: The Genus Pinus. The Ronald Press Company. New York, (1967)
- 19) 四手井綱英・佐野宗一編：松と人生，明玄書房，(1973)
- 20) 古野東洲・岡本憲和・四手井綱英：外国産マツ属の虫害に関する研究，京大演報，**34**，107～126，1963
- 21) 橋本英二・中井 勇：アイグロマツ種子の重さのちがいが発芽およびその後の成長に及ぼす影響，京大演報，**28**，85～89，(1959)
- 22) 中井 勇・古野東洲：マツ属の種子の大きさについて，日林関西支講，**23**，123～124，(1972)
- 23) 宮崎 榊・佐藤 亨：苗木の育て方，地球出版，(1959)
- 24) 伊佐義朗編：京都大学上賀茂試験地に導入された外国産樹種とその生育状況，京大演集報，**9**，1～84，(1970)
- 25) 金子 章・辻田昭夫：造林作業の適期に関する研究(Ⅱ)，第70回日林講，247～250，(1960)
- 26) 金子 章・辻田昭夫：造林作業の適期に関する研究(Ⅸ)，第78回日林講，90～93，(1968)
- 27) KIENHOLZ, R.: Leader, needle, cambial and root growth of certain conifers and their interrelations, Bot. GZ., **96**, 73～92, (1934)

5 年間の苗木の平均諸量

HAPLOXYLON UNI-NODAL TYPE

種名	年生	苗高 (cm)	地際直径 (cm)	幹乾重 (g)	枝乾重 (g)	葉乾重 (g)	地上部 乾重 (g)	根乾重 (g)	全乾重 (g)
<i>Pinus armandi</i> Franch	1	6.99	0.14	0.06	0	0.14	0.20	0.10	0.30
	2	15.03	0.49	1.03	0.28	3.37	4.68	1.63	6.31
	3	21.80	1.00	4.54	2.41	13.28	20.23	6.32	26.55
	4	44.00	1.70	19.00	14.00	42.00	75.00	22.00	97.00
	5	73.20	2.54	70.58	101.31	152.64	324.53	79.06	396.59
<i>Pinus excelsa</i> Wall.	1	7.14	0.14	0.06	0	0.11	0.17	0.08	0.25
	2	13.66	0.50	1.15	0.09	2.19	3.43	1.53	4.96
	3	18.70	1.17	5.67	1.13	8.54	15.34	6.01	21.35
	4	45.20	1.77	24.94	12.23	28.76	65.93	24.21	90.14
	5	78.25	2.49	83.33	61.09	57.46	201.88	59.78	261.66
<i>Pinus flexilis</i> James	1	4.87	0.12	0.04	0	0.06	0.11	0.05	0.15
	2	7.72	0.30	0.30	0.06	0.57	0.93	0.34	1.27
	3	9.30	0.48	0.87	0.43	1.56	2.86	1.13	3.99
	4	14.23	0.64	1.93	1.48	3.50	6.91	2.97	9.88
	5	17.39	0.81	3.45	2.28	5.70	11.43	4.36	15.79
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. & Zucc.	1	7.27	0.20	0.11	0	0.23	0.34	0.21	0.55
	2	7.33	0.35	0.29	0.01	1.02	1.32	0.62	1.94
	3	8.60	0.60	0.99	0.16	2.99	4.14	1.92	6.06
	4	13.74	0.60	2.21	0.51	6.16	8.88	4.61	13.49
	5	24.06	1.13	7.01	4.90	21.47	33.38	12.02	45.40
<i>Pinus monticola</i> Dougl.	1	5.54	0.10	0.03	0	0.03	0.06	0.05	0.11
	2	6.11	0.24	0.13	0.01	0.18	0.32	0.28	0.60
	3	8.20	0.45	0.66	0.87	1.44	2.97	1.32	4.29
	4	16.12	0.73	2.68	1.60	4.80	9.08	5.72	14.80
	5	25.22	1.10	6.85	7.08	12.21	26.14	11.38	37.52
<i>Pinus strobus</i> Linn.	1	7.53	0.15	0.07	0	0.16	0.23	0.18	0.41
	2	10.68	0.28	0.30	0.01	0.80	1.11	0.66	1.77
	3	17.10	0.73	2.12	0.52	5.63	8.27	4.05	12.32
	4	32.40	1.17	8.02	5.15	19.06	32.23	18.14	50.37
	5	68.42	2.02	33.12	30.91	60.04	124.07	44.67	168.74
<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	1	9.38	0.17	0.14	0	0.13	0.27	0.16	0.43
	2	12.23	0.46	0.76	0.13	0.96	1.85	0.96	2.81
	3	13.70	0.76	2.05	0.61	2.95	5.61	2.64	8.25
	4	26.58	1.04	6.51	2.74	7.00	16.25	9.86	26.11
	5	43.20	1.43	15.39	13.16	22.57	51.12	21.40	72.52

DIPLOXYLON UNI-NODAL TYPE

種	名	年生	苗 高 (cm)	地際直径 (cm)	幹乾重 (g)	枝乾重 (g)	葉乾重 (g)	地上部 乾重 (g)	根乾重 (g)	全乾重 (g)
<i>Pinus densiflora</i> Sieb. & Zucc.		1	4.83	0.21	0.03	0	0.11	0.14	0.09	0.23
		2	8.65	0.41	0.50	0.07	1.19	1.76	1.09	2.85
		3	23.90	0.90	3.68	2.28	10.35	16.31	7.75	24.06
		4	66.25	2.09	30.98	39.77	70.11	140.86	60.42	201.28
		5	104.25	3.51	108.07	157.95	184.38	450.40	180.85	631.25
<i>Pinus halepensis</i> Mill.		1	9.89	0.17	0.10	0	0.04	0.14	0.12	0.26
		2	18.07	0.35	0.53	0.14	0.89	1.56	0.49	2.05
		3	40.45	0.79	4.30	3.17	8.49	15.96	5.44	21.40
		4	65.06	1.11	11.69	11.12	27.18	49.99	11.09	61.08
		5	83.05	1.59	35.82	37.38	48.74	121.94	22.91	144.85
<i>Pinus massoniana</i> Lamb.		1	11.32	0.22	0.19	0	0.56	0.75	0.16	0.91
		2	28.07	0.67	2.39	0.21	4.74	7.34	1.55	8.89
		3	66.79	1.64	22.83	12.65	60.40	95.88	16.60	112.48
		4	145.92	2.22	153.95	179.66	256.52	590.13	91.13	681.26
		5	217.40	4.74	489.50	443.51	538.60	1471.61	212.41	1684.02
<i>Pinus nigra</i> Arnold		1	5.51	0.14	0.07	0	0.18	0.25	0.13	0.38
		2	9.01	0.33	0.48	0.05	0.83	1.36	0.67	2.03
		3	14.28	0.80	2.43	0.68	5.60	8.71	4.04	12.75
		4	31.34	1.34	9.50	8.62	25.99	44.11	16.23	60.34
		5	56.05	2.22	76.29	29.45	65.18	170.92	47.76	218.68
<i>Pinus Pinaster</i> Ait		1	15.33	0.12	0.24	0	0.68	0.92	0.21	1.13
		2	28.60	0.53	1.96	0.21	3.82	5.99	1.24	7.23
		3	81.49	1.53	29.53	13.17	50.16	92.86	18.64	111.50
		4	150.80	3.43	213.03	142.84	306.49	662.36	110.57	772.93
		5	238.00	6.04	877.64	527.68	678.15	2083.47	331.76	2415.23
<i>Pinus pinea</i> Linn.		1	19.86	0.35	0.59	0.19	2.10	2.88	0.61	3.49
		2	28.68	0.56	1.58	0.66	3.69	5.93	1.60	7.53
		3	56.13	1.30	16.16	10.83	30.26	57.25	12.05	69.30
		4	76.80	2.23	75.95	54.12	89.86	219.92	43.55	263.48
		5	118.57	3.31	268.17	227.27	662.91	1158.35	214.54	1372.89
<i>Pinus sylvestris</i> Linn.		1	7.20	0.19	0.11	0	0.34	0.45	0.19	0.64
		2	14.10	0.55	1.25	0.12	1.79	3.16	1.74	4.90
		3	30.60	0.91	5.50	2.30	13.49	21.29	7.99	29.28
		4	52.45	1.38	17.97	10.21	37.18	65.36	20.89	86.25
		5	88.25	2.64	77.81	54.75	88.38	220.94	61.52	282.46
<i>Pinus thunbergii</i> Pari.		1	5.49	0.14	0.06	0	0.17	0.23	0.13	0.36
		2	14.17	0.52	1.22	0.03	2.30	3.55	1.52	5.07
		3	30.85	1.12	8.38	4.96	20.90	34.24	12.74	46.98
		4	75.46	1.94	45.86	36.51	104.37	186.74	48.11	234.85
		5	147.63	4.03	249.45	195.60	408.06	853.11	183.22	1036.33

DIPLOXYLON MULTI-NODAL TYPE

種	名	年生	苗 高 (cm)	地際直径 (cm)	幹乾重 (g)	枝乾重 (g)	葉乾重 (g)	地上部 乾重 (g)	根乾重 (g)	全乾重 (g)
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.		1	4.53	0.11	0.02	0	0.10	0.12	0.08	0.20
		2	10.90	0.40	0.69	0.04	1.18	1.89	1.26	3.15
		3	31.55	1.06	6.10	4.24	15.36	25.70	11.99	37.69
		4	64.50	1.59	23.66	15.40	34.57	73.63	24.63	98.26
		5	102.60	2.55	78.04	49.24	82.57	209.85	62.26	272.11
<i>Pinus echinata</i> Mill.		1	6.17	0.16	0.04	0	0.15	0.19	0.11	0.30
		2	18.72	0.64	1.17	0.22	2.72	4.11	2.19	6.30
		3	49.08	1.27	9.47	4.45	26.38	40.30	16.94	57.24
		4	122.75	2.45	77.72	29.38	97.89	204.99	76.82	281.81
		5	222.88	5.06	529.88	145.59	295.48	970.95	365.02	1335.97
<i>Pinus elliotii</i> Engelm.		1	13.98	0.31	0.27	0	0.67	0.94	0.25	1.19
		2	38.24	0.94	4.39	0.23	6.80	11.42	3.14	14.56
		3	111.97	1.98	55.91	8.43	70.88	135.22	21.49	156.71
		4	165.70	3.47	206.02	37.25	201.61	444.88	61.57	506.45
		5	247.00	4.79	602.09	97.15	333.96	1033.20	128.74	1161.94
<i>Pinus greggii</i> Engelm.		1	10.46	0.17	0.07	0	0.25	0.32	0.08	0.40
		2	36.24	0.65	2.22	0.18	3.42	5.82	1.43	7.25
		3	101.35	1.62	27.96	19.45	55.92	103.33	13.10	116.43
		4	162.50	3.61	185.61	229.92	334.98	750.51	87.30	837.81
		5	234.34	4.50	384.54	377.98	397.68	1160.20	129.67	1289.87
<i>Pinus patula</i> Schl. & Cham.		1	10.35	0.19	0.13	0	0.51	0.64	0.14	0.78
		2	28.87	0.56	1.60	0.50	3.45	5.55	1.40	6.95
		3	92.87	1.40	17.64	12.18	33.13	62.95	10.29	73.24
		4	142.90	2.48	79.32	55.00	123.74	258.06	40.76	298.82
		5	222.43	5.22	445.30	390.60	497.77	1333.67	188.17	1521.84
<i>Pinus taeda</i> Linn.		1	12.37	0.25	0.19	0	0.42	0.61	0.33	0.94
		2	36.73	0.83	3.82	0.40	5.32	9.54	2.86	12.40
		3	104.10	1.79	37.85	12.63	60.16	110.64	22.20	132.87
		4	185.13	3.45	185.03	61.01	181.09	426.13	67.74	493.84
		5	291.30	6.77	1140.61	534.10	804.52	2479.23	290.14	2769.39
<i>Pinus virginiana</i> Mill.		1	6.94	0.15	0.07	0	0.34	0.41	0.24	0.65
		2	21.46	0.61	1.99	1.04	4.95	7.98	2.81	10.79
		3	65.50	1.28	20.11	14.23	37.95	72.29	19.55	91.84
		4	124.83	2.60	77.63	70.59	137.80	286.02	64.17	350.19
		5	199.50	5.04	505.41	505.68	552.17	1563.26	290.88	1854.14