

摘葉，摘芽，輪截，光の遮斷等の處理が
常緑針葉樹の成長
特に肥大成長に及ぼす影響

故 尾 中 文 彦

The Effects of Defoliation, Disbudding,
Girdling and other Treatments upon Growth,
especially Radial Growth in Evergreen Conifers

By

Late Fumihiko ONAKA

目 次

	頁
緒 言	56
第1節 正常なる場合の成長經過	56
第2節 摘葉及び摘芽の影響	58
第3節 輪 截 の 影 響	63
第4節 枝の摘葉及び摘芽が幹の成長に及ぼす影響	69
第5節 摘葉，摘芽，輪截及び光の遮斷の影響	71
第6節 花及び毬果が軸の肥大成長に及ぼす影響	79
第7節 芽の数が軸の肥大成長に及ぼす影響	80
第8節 葉の量及び位置が軸の肥大成長に及ぼす影響	81
第9節 マツに於ける成長素	82
第10節 合成成長素が肥大成長に及ぼす影響	88
摘 要	89
文 献	92
Résumé	64

緒 言

本報告は針葉の除去、摘芽、輪截、光の遮断等の處理が常緑針葉樹の成長、特に肥大成長に對し如何なる影響を與えるかに就て實驗した結果をとりまとめたものである。

此種の實驗は古くから種々の意味に於て行われており、例えば DUHAMEL DE MONCEAU (1756) は輪截によつて皮部を通じて下降する液が遮られ、其處に癒傷組織及び不定根の發生が起るとの記載を残し、⁴⁰⁾ TH. HARTIG (1862), JOST (1893) 及び WIELER (1897) は芽及び葉の摘去が樹木の成長に及ぼす影響に就て實驗を行い、CURTIS (1920) は無機養分の通路を明かにするために樹木に輪截を行い、MÜNCH (1931, 1937, 1938) もまた樹體內に於ける物質轉流の理を説明せんとし、輪截、摘葉、摘芽等の處理を繰返している。摘葉の實驗は葉の蝕害を受けた場合の影響を明確にするためにも屢々行われ、HARPER (1913, 1914), CREIGHEAD (1940) 等の報告がある。筆者 (1941, 1944) は此處に主としてクロマツを材料として種々の實驗を試み、之等の處理が肥大成長の経過と速度に及ぼす影響を求め、形成層活動に對する要件に就て考察し、特に成長素の關係を追及した。

第1節 正常なる場合の成長経過

先ず、種々なる處理の影響を述べるに先立ち、無處理の標準木に就て正常なる場合の成長経過に就て述べておく事とする。供試木は互に枝の接せざる程度の間隔を以て植栽されたクロマツの幼齡木であつて、昭和16~19年の3年間に互り京都大學農學部演習林本部試驗地にて行つた觀測の結果によると凡そ次の如くである。

主軸頂芽の伸長開始の兆は年によつて稀に2月下旬又は3月上旬に既に認められるものもあるが3月下旬迄は概ね休止し、4月上旬に入つて漸く顯著となる。其後急に成長の速さを増して5月10日前後に最高に達し、6月中旬に一應停止する。而して軸頂の新しい芽は4月下旬に既に認められ次第に大いさを増すが夫が主として成長するのは7月中旬以後である。個體によつては夏芽として其芽が伸長し針葉を伸す事もある。側軸頂芽の伸長も主軸に略々準ぜられる経過をとり、只伸長量が劣るのみである。

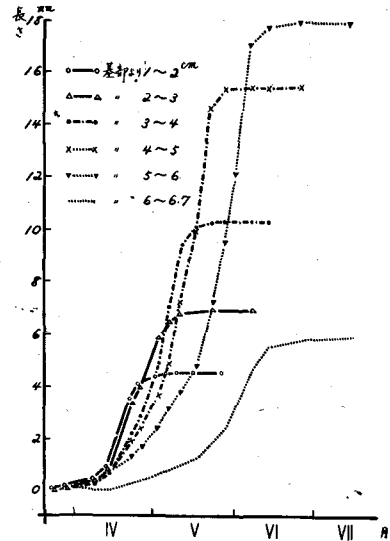
伸長成長の最大期は上述の如く5月上旬にあるが、芽全體が平等に伸びるものではないから其部分によつて最大期を異にする。早春成長開始前に芽を等間隔に區分して記號を附け、其記號間の伸長量を見ると初暫くは各部一様に伸長するが、やがて最大伸長帶が基部に現れ、夫が次第に頂部へ向い移行するのが認められる。すなわち芽の基部は4月下旬に伸長最大であり、頂部は5月下旬に

入つて最大となる。而して結局伸長する量の最大なる部分は芽の頂端より少々下方にある。(第1圖参照)

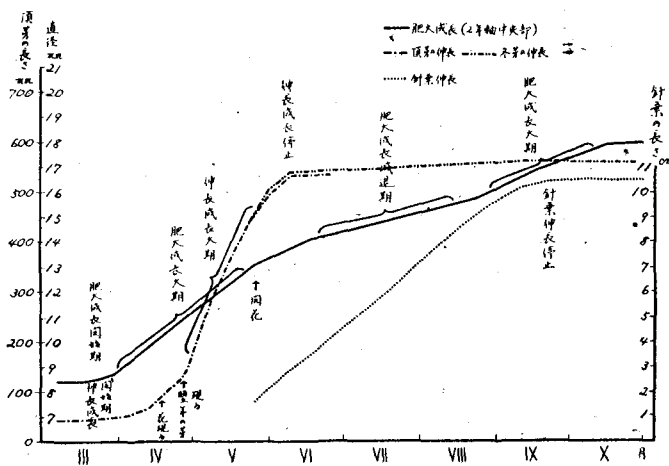
針葉の伸長は軸の伸長の略々終れる部分より急に著しくなるもので、従て芽に於けるその位置によつて相違するが、大體5月下旬より9月上旬迄の間直線的に進行し、9月中旬に終る。雄花は4月中旬芽の伸長と共にふくらみ、軸頂の雌花は開花前急に成長して何れも5月下旬に開花する。

幹の直径は3月下旬より増加の傾向を認めるものがあるが、多くは4月上旬に初まる。4月5日に切斷鏡檢した例では形成層帯が廣くなり、其處の細胞の膜のうすくなつたものが多く、之に沿うて剥ぎ易くなるが春材假導管の分化は未だ進行していない。4月15日に鏡檢したところでは明かに春材假導管と認められる細胞の中葉が木化せるのを見る。その細胞層數は、幹の2年軸、3年軸上部、上位の側枝の先端等にて3、4層を數え、基部に向つて少く、根には存在しない。尤も之等の數は個體によつて相違するが、兎も角肥大成長は幹及枝に夫々獨立に頂部より初まり基部に向つて波及し、根に至り更に根端の方へ及ぶ事が認められる。従て部分によつても開始期を相違するが、幹の上部に於ける肥大成長は其後急に速さを増し、伸長成長の最大期より少々早く4月下旬に最高に達し、それより次第に低下して6、7月は寧ろ低調の成長を續け、8月

第1圖
クロマツ芽條各部の伸長成長經過



第2圖 クロマツ幼齡木(7年生)の成長經過



中旬を過ぎる頃再び上昇して8、9月の中に第二の最高が現れ10月中旬より急に減じ、同月下旬に鏡檢すると頂部には全く成長中の假導管がなく、基部に若干が存するのみで根端にも見當らない。即ち肥大成長の休止も軸頂部より起り基部に向つて波及し、根にては先端より休止して基部に向い

結局根際附近の形成層が最もおそく迄活動を續けると認められる。只之等の期日は其年の氣候により遅速がある。

第2圖は昭和19年、7年生、樹高 1.5mのものに就て測定した例により2年軸中央部の肥大成長と芽及び葉の伸長成長の経過を對比したものである。此傾向は鎬木氏(1919)の結果に類似し、森川氏(1925)の夫と合わぬところがある。

第2節 摘葉及び摘芽の影響

此實驗は第1表に示す如き組合せによつて行つた。

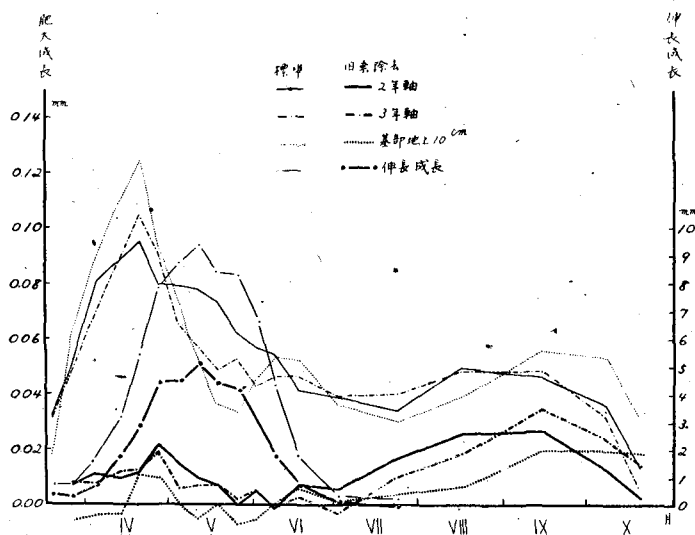
第 1 表

實 驗 番 號	舊葉 (前年迄の葉)	新葉 (當年伸長する葉)	芽
標 準	+	+	+
I	-	+	+
II	+	-	+
III	-	-	+
IV	+		-
V	-		-

供試木は前節第2圖に示した材料と同様の大きいさのもの、各組3本宛とし、肥大成長は2年軸及び3年軸中央部と地上10cm附近の3箇所にて測定した。

A. 成長開始前に處理した場合

第3圖 舊葉を除去した場合と無處理
標準木との成長経過の比較 (日平均成長量)



之は全く成長の兆なき
2月下旬に處理した場合
である。

I. 舊葉を除去した場合

處理直後多少直徑の減少を見るが、4月に入つて徐々に増加し来る。併し成長経過は正常よりおくれ、成長量は著しく劣り、成長期の後半8~10月の中に稍々恢復するが

全體として標準の約17%に過ぎぬ。

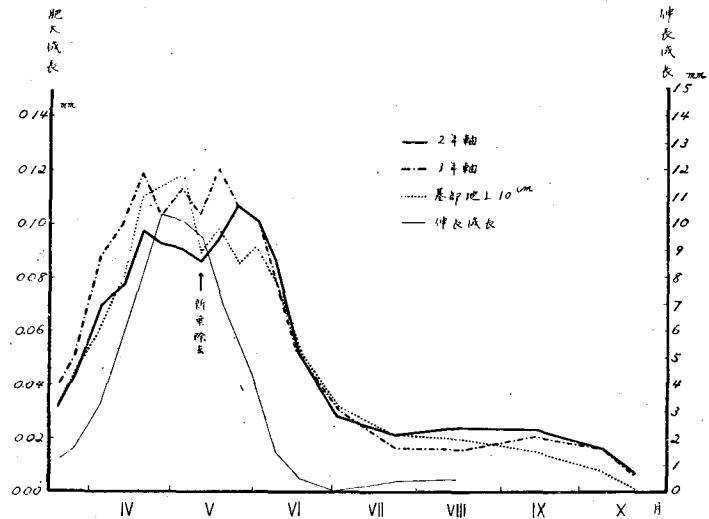
芽の伸長も著しく劣り、節間短く、針葉は芽の下部では正常に近く伸びるが上部に於ては短小にて止む。第3圖は此場合の成長経過を無處理標準のものに對比したものである。曲線は毎週觀測日平均成長量の3點平均による。

Ⅱ. 新葉を除去した場合

之は新葉の伸び初める頃、5月9～16日の間に其すべてを除去したものである。肥大成長は此頃既に低下期にあるが此處理

第4圖 新葉を除去した場合の成長経過（日平均成長量）

により成長低下が一時止まりむしろ上昇の傾向が見られる。併しやがてはそれも次第に低下し、其儘8、9月の後期の成長大期を現さない。従て結局の成長量は標準に對してその約76%に過ぎないが、前の舊葉を除去した場合に比較すれば大である。



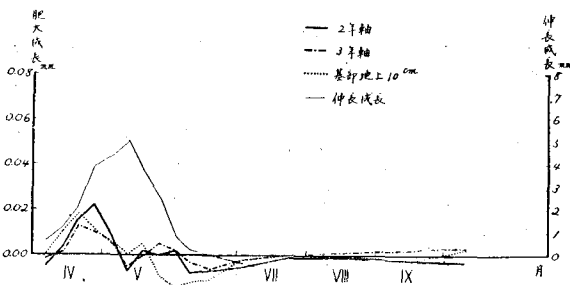
伸長成長は夫が略々完了

する頃に此處理を行うものであるから當年の成長量に關係しないが、新軸頂の新しい芽が夏の中に伸長を初め葉を伸ばす傾向が現れ、翌年の伸長は著しく劣る。（第4圖参照）

Ⅲ. 舊葉及び新葉を除去した場合

成長開始前に舊葉を除去しても肥大成長が起る事は實驗Ⅰにて認められたが、5月下旬更に其芽

第5圖 舊葉及び新葉を除去した場合の成長経過（日平均成長量）



に生ずる新葉を除くと肥大成長急に停止し、更に幾分直徑の減少を來たす。鏡檢すると第2表に示す如く少量の材部の細胞を新生せるのみで、しかも其數は基部に向つて少い。又其細胞は形扁平であり細胞膜は薄い。芽は摘葉後間もなく凋れ枯れる。（第5圖参照）

第2表 各部新生仮導管の細胞層及び幅

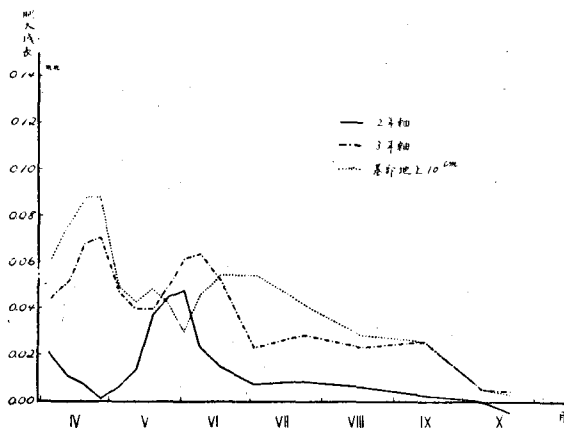
供試木	2年軸	3年軸	4年軸	基部
1	5層 (150 μ)	7層 (200 μ)	3層 (50 μ)	0層 (0 μ)
2	18〃 (520〃)	12〃 (310〃)	8〃 (120〃)	3〃 (40〃)
3	14〃 (380〃)	8〃 (165〃)	2〃 (20〃)	0〃 (0〃)

IV. 芽を除去した場合

此場合肥大成長の開始は標準より稍々おくれるか、或は殆んど差がない。成長経過は基部にて4

第6圖

芽を除去した場合の成長経過 (日平均成長量)



月下旬最高を示し、8月以降低下せるまゝとなり、2年軸では初より成長遅滞し、5、6月に最高、其後減退する。成長量を標準木に比較すると頂部にて著しく劣り、基部にて大差がない。7月上旬迄は基部にて寧ろ標準以上のものがある。第3表は各部の成長量の標準に對する比である。(第6圖参照)

此處理により短枝が伸長する傾向を現すが、それは常に注意して取除

第3表

供試木	2年軸		3年軸		基部	
	7月12日迄	全年	7月12日迄	全年	7月12日迄	全年
1	34.5%	23.4%	86.0%	68.8%	100.0%	82.7%
2	59.5	43.6	106.0	60.5	103.4	76.0

いた。普通クロマツの針葉は3年目に大部分脱落するが此處理を行うときは4年目以上にも生活し、肥大成長も處理後2年目になお繼續する。尤も成長量は2年目に於て著しく低下する。

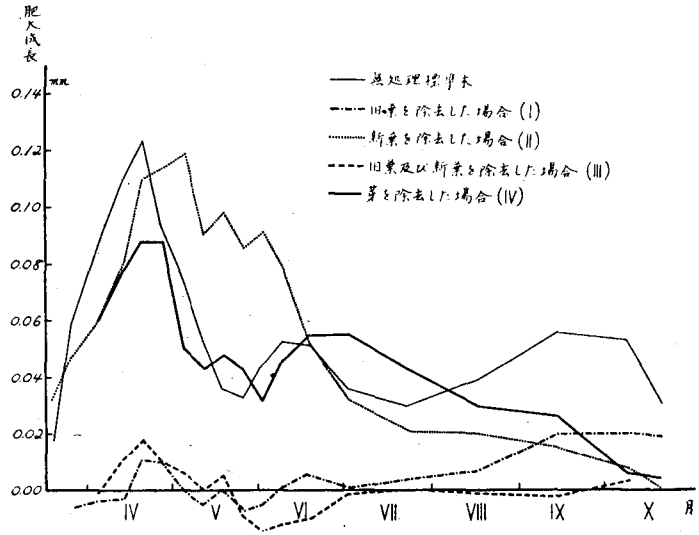
V. 芽及び舊葉を除去した場合

此處理によつて同化器官が失われ、たゞ皮層に若干の葉綠素があるのみである。幹の直径は一時多少増加する事もあるが更に收縮し、夏の中に全く枯死する。鏡檢すると材部の細胞新生は殆んど認められず、僅に根際に數層の薄膜扁平の假導管を見る程度である。(第4表参照)

第4表 各部新生假導管細胞層

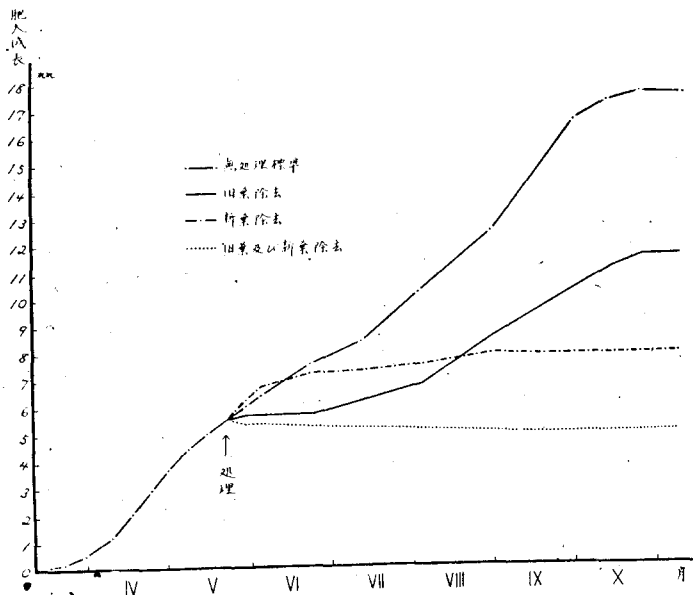
供試木	2年軸	3年軸	基部	主根地下10cm
1	3層	5層	6層	0層
2	0	0	5	0
3	0	0	0	0

以上の諸實驗に於て、
舊葉を除去した場合(I)
には成長期前半の肥大成
長が制限され、新葉を除
去した場合(II)には後
期の肥大成長が減じ、兩
者を除去した場合(III)
には成長は全く止む。又芽
を除いた場合(IV)と新葉
を除いた場合(II)とは結
果略々同様であるから芽の
存在による影響は結局葉の

第7圖 クロマツ摘葉摘芽による地上10cmの部分の
肥大成長経過の比較(日平均成長量)

第8圖

成長期中(5月下旬)に摘葉した場合の成長経過(總成長量)



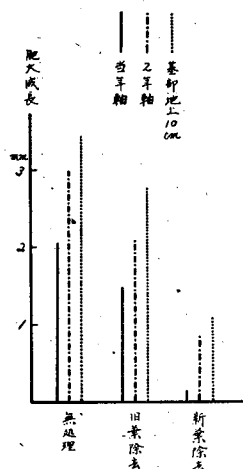
存在に基づくと見る事が
出来、軸のみの存在は下
方の幹の肥大成長に關與
しないと言う事が出来る。

之等の關係を見易くす
るために各々の場合の成
長曲線を重ねて描くと第
7圖の如くなる。

B. 成長期中に處理し た場合

前述の如き處理を成長
開始後に行うと、其時期
によつて影響を異にす

第 9 圖
秋季の摘葉による成長量比較
(9月10日處理後、秋末迄の
成長)



る。即ち成長期の初期、5月下旬に摘葉及び摘芽すると第8圖に示す如く旬日を出でずして前述Aの場合と同様の傾向の影響を認めるが、9月上旬新葉の成長略々完成せる頃に處理すると第9圖に示す如く舊葉を除去しても其後の肥大成長に大した影響なく、新葉を除いたものに著しい成長減退が起る。

之等の結果によつて見ると、肥大成長は前半期に於ては主として前年の葉の同化作用によつて支えられており、當年の新葉は9月上旬迄伸長を續けるものであるから、假令其間多少の同化作用を行つとしても少くとも初期の成長は前年葉の同化産物に依存するものと考えられ、言わば成長中の芽乃至葉は寄生的な存在とも見る事が出来よう。芽又は新葉を除いた場合(Ⅳ, Ⅱ)に於て、幹の初期の肥大成長が寧ろ増加するのは、伸長成長に要する物質

の負擔が減じ、之が肥大成長に充當されるからであると目される。

肥大成長の後期になると芽又は新葉を除去した場合著しく成長率を低下するが、之は前年葉が残存してもその同化能力が衰え、肥大成長は主として新葉の同化産物によつて支えられているからであらう。STÅLFELT は Spruce に就て針葉の同化能力は2年目に増加し、後急に衰えるとしているが、前記實驗Bにて9月新葉の伸長完了せる後に舊葉を除去しても其後の肥大成長に殆んど影響しないと言う事はクロマツの葉の同化能力が2年目の後半次第に低下する事を思わしめるものである。

只此處に注意すべきは貯藏物質の存在である。針葉樹は一般に材部に柔組織の率が少く、貯藏は主として皮部の柔組織によつて行われるが、マツに於て如何程の貯藏物質があるかは明かでない。RAMANN 及び BAUER (1912) によると春季成長に伴い3月11日より5月22日迄の間に2, 3年生の Kiefer の乾物量が19.9%減少したと述べているが、之は新生組織の乾物量と一致せるわけではなく、貯藏物質は生活のためにも相當消費されるものとせねばならぬ。

貯藏物質の蓄積状態は部分により、樹種により、更に立地によつても相違すべく、從來の報告に一致を缺く點があるが、京都に於て石部氏(1935)がアカマツに就き調査せるところを見ると、貯藏澱粉は主に皮部に存在し、冬季1~2月に最も少く、3月初より急に増加して4月中旬に最多を示し、其後靱皮の内部より外部へ順次減少し、夏季8月頃最小となつてゐる。之を成長の経過と對照するとあまり密接な關係が認められぬ。伸長成長の最大期は前述の如く5月10日頃であり、肥大

成長の最大は4月下旬頃に見られるが此頃貯藏澱粉の減少は夫程著しくない。しかし之は貯藏物質が春の成長に用いられないからではなく、舊葉の同化能力がなお旺盛であつて其産物が成長に充當され、貯藏物質の消費を制限するによるのであらうと見られる。

9月に入ると貯藏澱粉は再び徐々に増加し、11月に最高を示し、其後地上部は冬に向つて減少する。従て後期の肥大成長と澱粉の蓄積は寧ろ平行し、脂肪に就ても同様である。従て新葉の同化作用は後期の肥大成長を支えてさらに餘裕あるものとせねばならぬ。

然るに實驗Ⅴに於て、成長開始前芽及び葉を除去した場合、貯藏物質は存在するにも拘らず殆んど肥大成長を起さない。同様の實驗は古く TH. HARTIG (1862) 及び R. HARTIG (1885) によつて行われているが、兩者の結果は一致せず、すなわち前者は Weymouthskiefer に就て枝葉及び芽を全く除いた幹には肥大成長は起らなかつたとし、後者は同様の處理にて110年生の Weisstanne は前年の年輪幅の36%、95年の Kiefer は25%の成長を見たと言う。同様の實驗は其後 WIELER (1897) 其他によつても繰返されたが、後者に一致するような報告を見ない。只實驗Ⅰの如く芽を残すか、或は後に萌芽を生じて葉を伸ばしたものには若干の肥大成長が認められる。而して此場合には芽の伸長も肥大成長も少くとも初期に於て専ら貯藏物質の消費によつた事は明かである。JOST (1893) は挿木にて芽の伸びたもののみ肥大成長の起るを認め、R. HARTIG の實驗では萌芽が直ちに除かれたか否かと疑問とされた。しかしマツは普通萌芽を生じ難いものであるから、或は大木に於ては何等かの別の理由があるかもしれない。筆者は此關係を検討するために30年前後のアカマツ及びヒノキにて全く枝葉を除いてみたが、其結果は別報にも述べる通り肥大成長全く停止し、たゞ根際附近に少數の假導管が生ぜるのみであつた。要するに貯藏物質は肥大成長に用いられるが、それには先ず葉の存在を條件とすると言う様に考えられる。

第3節 輪 截 の 影 響

輪截によつて上下に篩管の連絡を斷つ時は處理部の上下に種々の變調が起る事は既に多くの報告に見られる。例えば TH. HARTIG (1858) は輪截の下部にて成長は減するが、貯藏物質の減少も起るとし、日比野氏 (1916) は輪截上部に有機及び無機物質の異常増加が現れると述べ、SWARBLICK (1926) はリンゴの枝にて輪截上部の貯藏澱粉は5月初に1度消失し、6月より再び蓄積するが、下部ではおくれで6月に消失し、其まゝ増加を見ないと述べ、此澱粉消失が此部に萌芽の發達を促すと想像している。又上下二重に輪截した場合其間の部分では澱粉は減少せず、恰も孤立せる如き状態にあると言う。同化物質の移轉は篩管を通じて行わるゝ事は一般に認められているところであるが、CURTIS (1920) は更に根より吸収した窒素及び灰分の上昇も輪截によつて妨げられるとした。

之に對し CLEMENTS (1938) は窒素と灰分は從來言われている通り材部を上昇するもので、輪截によつて制限されないとし、CRAFT (1938) は窒素は根に吸収されて後アミド又はアミノ化合物の形に變り、導管又は假導管を通じて上昇し、葉に入つて同化物質と結合して後篩管を通じて下降すると述べ、CURTIS の説の如く同一の篩管を窒素は上昇し、炭水化物は下降すると言ふ様な事は考えられないとした。併し篩管液は常に下降するのみとは限らない。成長に要する構成物質は消費部分の關係によつて篩管中を上昇もし、下降もする事は MÜNCH (1930) の強調するところである。例えば *Fraxinus* の芽の伸長開始前に頂芽の直下にて輪截すると其芽は成長を起さずに枯死すると言ふ實驗があるが、之は輪截によつて下部の軸にある貯藏物質が上昇し得ないからであると述べている。彼は篩管の構造を篩孔を通じて細胞相互に Symplast の状態にあると考え、其中の篩管液は成長點、形成層等盛に同化物質を消費する方に向つて濃度差に基づく壓力の相違によつて流動を起すものであるとし、所謂 Druckstromtheorie を樹てた。此説に就ては PALMQUIST (1938)、CRAFT (1939) 等反對もあるが、兎も角此處には種々の輪截によつて肥大成長に如何なる影響を生ずるかに就て觀測する事とする。供試木は前節同様クロマツである。

A. 單 一 輪 截

I. 幹の基部にて輪截した場合

成長開始前幹の地上 15cm 附近にて輪截を行い、其後注意して癒合を防いだのに、輪截上部の肥大成長は標準と略々同時に開始し、4 月中、下旬の間に最高に達した。其後も 8 月中、下旬迄著しい低下もなく成長を續け、8 月下旬に至つて急に減退を示し、葉色赤味を帯び來り 10 月乃至 11 月の間に枯死するものが多い。

成長量は輪截直上部にて特に膨大し、其組織は樹脂道に富み、假導管の細胞の徑は大、細胞膜は薄くなる。かゝる局所的異常を別にしても一般に肥大成長は基部に向つて偏る傾向がある。

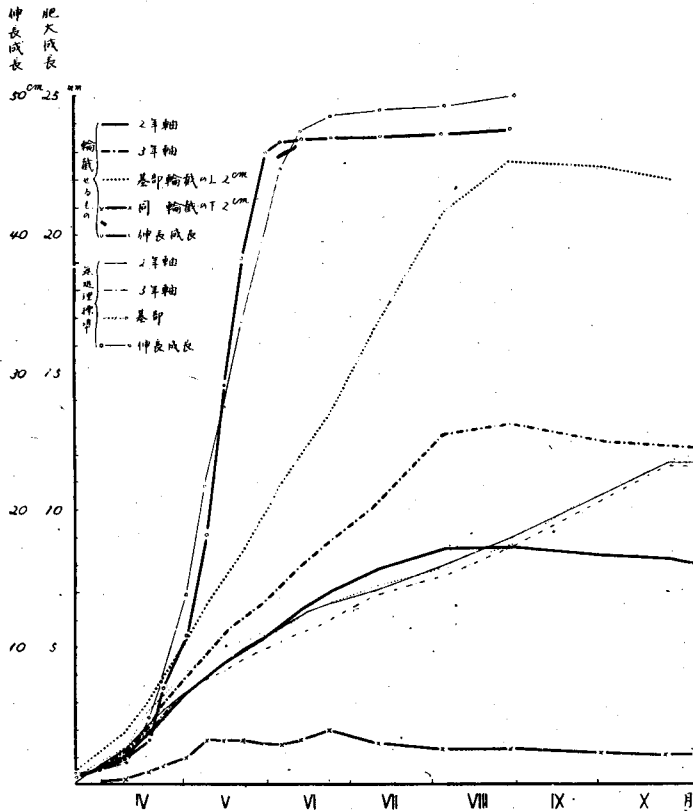
伸長成長は標準と同様の経過をとり、伸長量も殆んど差がない。只針葉の伸長が著しく劣り、標準平均 15cm に對し輪截せる場合は 10cm 内外に過ぎぬ。

輪截の下部には殆んど肥大成長を起さないが、鏡檢すると根際、太い根等に 2, 3 層の薄膜な假導管を見る事がある。(第 10 圖参照)

以上は幼齡木に就てであるが、30 年内外のアカマツにて地上 1.3m 附近に輪截した例に就て見ても結果は同様であつて、輪截上部の肥大成長は初め正常以上であるが、成長期の後半にて減退し枯死した。後期の成長の衰える結果秋材の形成は不良である。輪截下部には殆んど成長を見ないが、基部附近にのみ若干の新生細胞が現れる事は幼齡木と同じである。

成長開始後、5 月 23 日に輪截した場合は處理後間もなく其反應が現れ、前述と同様の傾向が認め

第10圖 樹幹の基部にて輪載した場合と無處理標準木との成長經過(總成長量)の比較(輪載部は地上15cm)



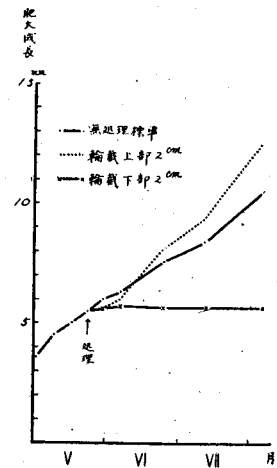
の成長は處理當年の中殆んど正常と變るところがないか、或は少々大となる。其後も2, 3年間成長を續けるが、成長量は次第に減じ、特に葉の伸長不良となる。第12圖は處理當年の成長經過を標準に比較したものである。

輪載の下部に於ては處理部直下に局所的に肥大

られる様になる。(第11圖参照)

第 11 圖

成長期中に輪載した場合の成長經過(クロマツ3年軸中央部にて5月23日處理)



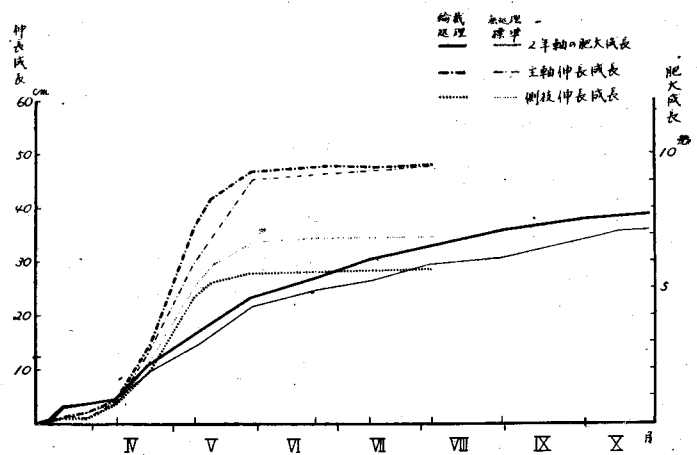
Ⅱ. 3年軸の上部にて

輪載した場合

此場合輪載上部の主軸

第 12 圖

3年軸の頂部に於て輪載した場合の輪載上部と無處理標準の場合との成長經過の比較



成長が停止するから、成長に伴う上部の荷重を支え難くなり遂に倒伏するに至る。側枝の存する部分より下は肥大成長の減退少く、枝に背地性が現れ、其枝の成長は異常に大となる。

以上二つの場合に於ける主要なる相違は輪截下部に葉があるか否かにある。下部に葉のない場合（Ⅰ）は下部の肥大成長停止し、上部も初め正常以上の成長を示すが、やがて衰え年内に枯死するに對し、下部に葉のある場合、（Ⅱ）は長期に亙り正常に近い成長を持続する。

Ⅰ. 2年軸にて輪截した場合

2年軸の上部にて輪截した場合は其上の芽は僅に伸びるが葉の伸長を見ずして枯死し、輪截下部の成長は摘芽した場合に準ぜられ、成長は僅少である。

2年軸の中部にて輪截した場合は輪截上部に存する葉の量により夫が或程度以上にあれば成長は損なわれない。

2年軸の基部にて輪截した場合は處理當年の上部の伸長、肥大共に略々正常と同様である。（第5表参照）

第5表 2年軸に於ける輪截の部分と肥大成長

輪 截 の 部 分	頂 芽 の 伸 長	肥 大 成 長
頂 部	10	年軸中央部にて 4.0cm
中 央 部	43	輪截上半の中央にて 14.2 同 下半の中央にて 3.4
基 部	47	年軸中央部にて 14.1
無 處 理 標 準	54	同 上 12.0

B. 重 複 輪 截

1個の年軸の上下2箇所輪截した場合、上部輪截の上と下部輪截の下の成長は前項に述べたと同様である。兩輪截の間に於ける成長状態を次の如き諸種の場合に分けて實驗した。

Ⅰ. 2年軸にて輪截間に葉の存する場合

此場合輪截間の上部は肥大成長少く下方に向つて次第に増加し正常以上となる。（第13圖Ⅰ参照）

Ⅱ. 2年軸にて輪截間の葉を除去した場合

此場合は輪截間全部の肥大成長が停止する。只下端の附近に少許の假導管を新生するものがある。（第13圖Ⅱ）

Ⅲ. 3年軸にて輪截間に3年葉を有する場合

輪截間上部の肥大成長は殆んど停止し、下方に向つて次第に増加するが2年軸の場合の如く著しくない。（第13圖Ⅲ）

Ⅳ. 3年軸にて輪截間の葉を除去した場合

此結果はⅡの場合と同様輪截間は全く成長を停止する。

V. 葉のない古い年軸の場合

此結果も前の場合と同様、成長全く停止する。

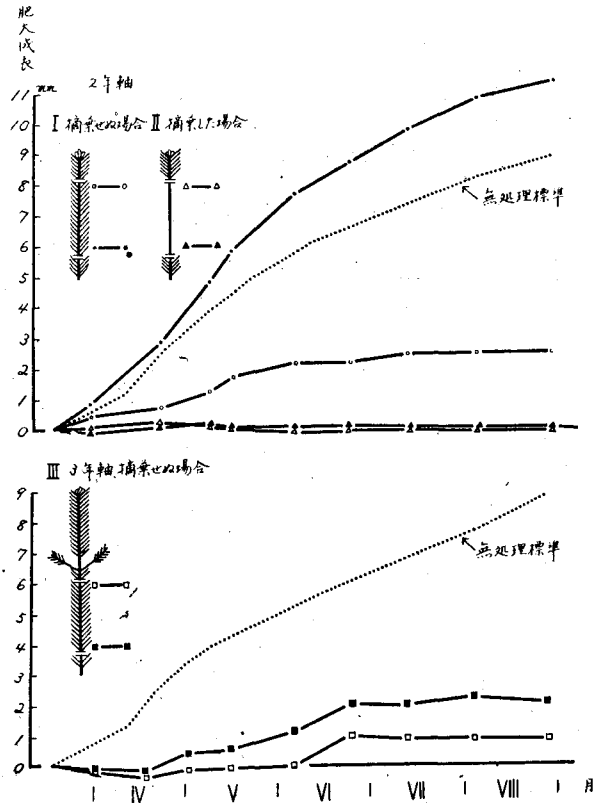
之等の結果を要するに輪截間に葉のある時は肥大成長が起り葉のない時は起らない。而して成長の起る時は上部に少く下方に向つて大となる傾向がある。

以上の諸實驗を通じて見ると輪截が成長に及ぼす影響は、其施行部分によつて相違するのが認められる。すなわち輪截上部に於て葉のある場合は伸長成長も肥大成長も起るが、肥大成長の量は葉の量に支配され、葉の

量の少い時はそれも少く、或程度以上に葉があれば正常以上となる。之前者の場合は輪截によつて他よりの構成物質の補給が断たれるからと考えられ、後者の場合は他の部分へ同化物質の轉流する事が阻止されるによると判断される。

斯の如く輪截上部にて正常以上に肥大成長の大となる場合があるところよりすれば、成長に要する土壤養分及び水分は輪截部を通じて上昇し得るものとせねばならぬ。併し輪截により伸長成長、特に葉の伸長が不良となる事は著しい事實であつて、之に要する何等かの因子が缺乏する事が想像される。輪截に際し材の表面は空氣に曝露するものであるから、傷面を如何に被覆しても一部の通導組織が機能を失う事は免れない。且輪截部には新に材部組織が増加しないから、次第に水分通導に支障を來す事は想像されるがそれが處理當年の葉の伸長を害する程に著しいものであるとは考えられない。CURTIS (1920) は輪截の上部に窒素の減少する事を報告し、LOOMIS (1935) も *Pyrus*, *Acer*, *Populus* 等に就て輪截によつて窒素化合物の移轉が遮られる事を認めている。即ち彼によると窒素は無機物の形で根に吸収されるが、吸収後炭水化合物の存在の下に可溶性の有機態となつて、

第 13 圖
重複輪截の間に於ける肥大成長經過

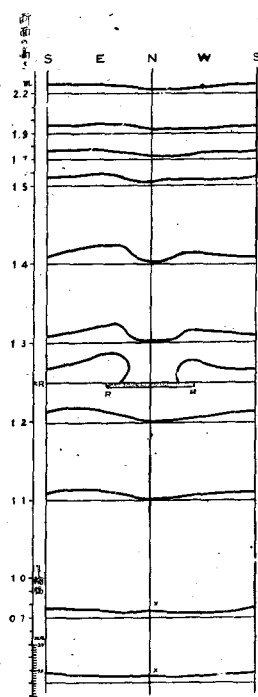


篩管を通じて上昇するものであり、輪截によつて此移動が遮げられると、輪截下部には此窒素を増すが、上部には缺乏を來すと言う。窒素の上昇が此様にして起るものであるかどうかは別として、兎も角輪截の上部に窒素の減少が起る事は事實と認められる。然らばそれが輪截上部の葉の成長を制限する事は容易に想像し得るであらう。

輪截の上部に葉の存在しない時は肥大成長は殆んど停止する。春季多量の糖分を含む通導水が材部を上昇する事は潤葉樹に就て廣く知られているが、針葉樹に於ても量的の差こそあれ同様の現象が起ると思われる。しかし之等の材を通じて傳達される養分のみにては十分成長は起らないものとせねばならぬ。

輪截の下部に葉の存在しない時にも肥大成長は停止する。要するに肥大成長は葉の存在する部分より下へ、しかも皮部の連りのある部分にのみ起ると言う事が出来る。貯藏物質のみによつて肥大成長の起り得ない事は前節の實驗により認められたと同様である。LOOMIS は前述した通り根にて吸収され簡単な有機態として篩管を上昇する窒素は葉に到達して蛋白質態となり、之が初めて形成層の活動に利用されると稱し、葉と篩管を通じて連絡のない輪截下部は此形の窒素に缺乏する結果

第 14 圖
半周の剥皮によつて生ぜる年輪
(R~Rは剥皮部、各斷面の
年軸を展開して示す)



如何に他の形の窒素が増加しても肥大成長を起し得ないのであると説明し、必ずしも葉のホルモ的な作用を考える必要はないと述べているが之に關しては後に述べる。

輪截の直上部は局所的に膨大し、異常の組織を生ずる事は一般に知られているが、なお輪截の下部にても、二箇の輪截の間に於ても下方に向い成長の偏る傾向があり、同様の事は前節の實驗にて摘芽せるものにも認められたところである。

C. 幹の半周を輪截した場合

之は輪截を半周に止めた場合である。供試木は20年内外の直立せるスギとし、地上1.25m附近にて幅2cm程の皮部を半周に互つて成長開始前に除いた。1成長期の後各高さに於ける年輪を展開して示したのが第14圖である。圖にて見られる如く輪截部の上方へ約10cm、下方へ約20cmに互り肥大成長停止し輪截の横兩側は異常に肥大する。而して此肥大は上方へ遠く1mにも及び認められ、又輪截側の下方には秋材様の厚膜の假導管が多く現れる。(第14圖中×印の部分)

此結果を普通の輪截と比較して異なる點は輪截直上部にて

肥大成長停止し、處理部の横側へ成長の偏る事である。又輪截下部は葉がないが成長停止は普通の輪截の場合の如く遠く迄達しない。勿論此處理によつて樹木は枯死する事なく、只開花の多くなる傾向が認められる。

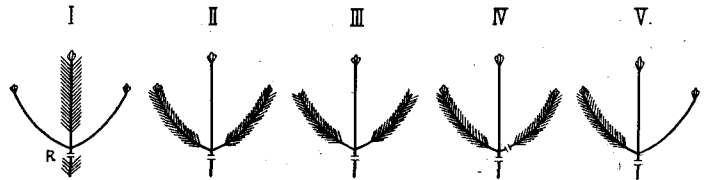
第4節 枝の摘葉及び摘芽が幹の成長に及ぼす影響

前節の實驗AⅡに於て3年軸の上部に輪截した場合、それより上の部分の成長状態は處理當年の間略々正常と同様である

と見られたが、此部分に就て更に第15圖に示す様な處理を加え、主軸の成長に及ぼす影響を調査した。

第 15 圖

側枝の摘葉摘芽が主軸の成長に及ぼす影響の實驗模型圖

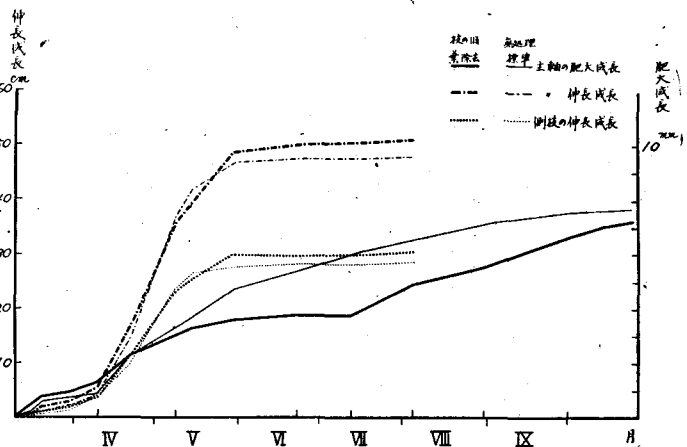


I. 枝の舊葉を除去した場合

此場合主軸中央部の肥大成長に就て見ると、7月上旬迄は標準よりも稍々劣るが、後期には殆んど差がなくなる。第16圖は其經過を無處理の場合と比較したものである。

第 16 圖

側枝の舊葉を除去した場合と無處理標準木との成長經過の比較



Ⅱ. 幹の舊葉を除去した場合

此場合幹の肥大成長は前期に於て前の場合より劣るが、後期に於て優る様になる。又幹の頂芽の伸長成長は前の場合より少いが枝に於ては大となる。第17圖は前實驗と對照したものである。

上記の兩者を比較すると、後者は幹の葉を除くのみであるが、前者では數本の枝の葉が除かれるから輪截上部の葉の量は勿論前者に少い。初期の成長は主として舊葉の同化産物に依存する事は第2節の實驗によつて明かであるから當然前者に成長劣ると考えられるにも拘らず幹の成長に關して

は6月中旬迄前者に優り枝の成長に於ては後者に大である。之、葉は特に其屬する軸の成長に關係する事を物語るものであろう。尤も枝の葉が幹の成長に與らないと言うわけではなく、後者に於て幹は當初全く葉を除かれるが、伸長成長も肥大成長も行われるから、之に要せる構成物質は枝の同化産物が轉流して使用されたと見るの他はない。

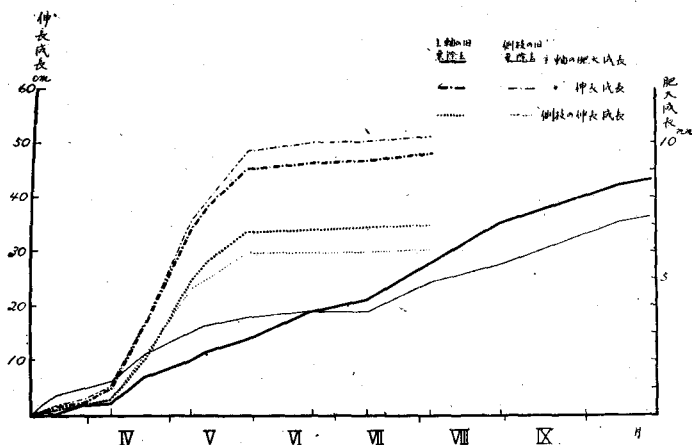
Ⅲ. 幹の舊葉及び枝の芽を除去した場合

此場合幹の成長は肥大、伸長共に前の實驗Ⅱに比較して優る。之は枝の芽が除去されたために其成長に用いられる構成物質が幹の成長に充てられるからであると見られる。第18圖は之を實驗Ⅱの成長経過と對照したものである。

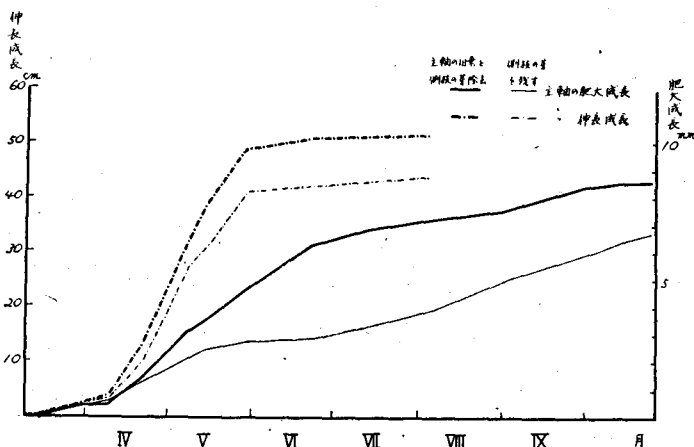
Ⅳ. 幹の舊葉を除去し1部の枝の基部に輪截した場合

此結果を實驗Ⅱと比較する

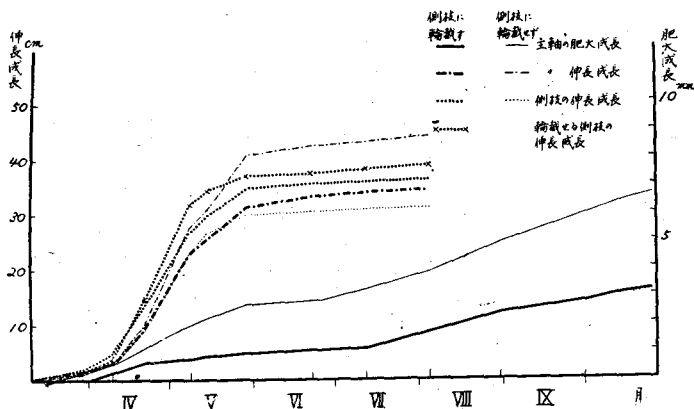
第17圖 主軸の舊葉を除去した場合と側枝の舊葉を除去した場合との成長経過の比較



第18圖 主軸の舊葉と側枝の芽を除去した場合と側枝の芽を残した場合との成長経過の比較



第19圖 主軸の舊葉を除去し側枝の一部を輪截した場合と輪截せざる場合との成長経過の比較



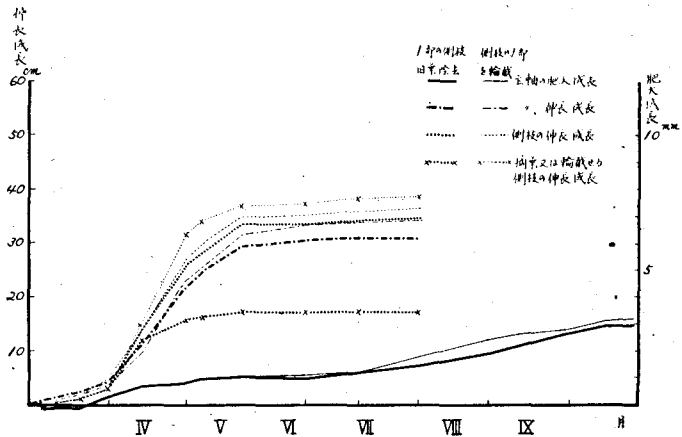
と幹の成長は伸長肥大共に劣る。之は葉の一部が輪截によつて隔てられ同化産物の移轉がなくなるからであるとする事が出来る。而して輪截せる枝自身の成長は正常以上となる。第19圖は之を輪截せざる場合實驗Ⅱと對照したものである。

V. 幹及び1部の枝の舊葉を除去した場合

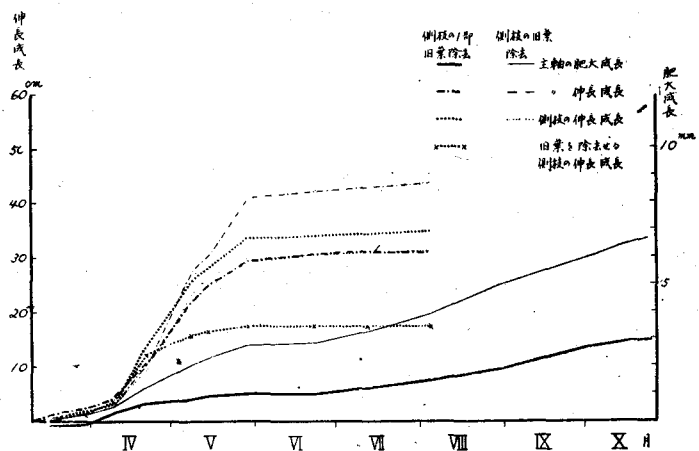
此結果を前實驗と比較すると幹の成長は僅乍ら劣る。幹の成長に關與する葉の量は前の場合と同様であるが、同化産物を消費する芽の量が此場合に多いからであろう。又之を實驗Ⅱと比較すると幹に於ても葉を除いた枝に於ても成長劣る。之は葉の量と分布の關係によつて前述來の理により首肯し得るところである。第20圖は此結果を實驗Ⅳと對照したもの、第21圖は實驗Ⅱと比較して示したものである。

之等の諸實驗によつて葉の同化産物は幹と枝と相互に交流して其成長を支える事が出来るが、距離に於て近いもの程其軸の成長に利用される事が多いと言う傾向を見る事が出来る。

第20圖 主軸及び一部の側枝の舊葉を除去した場合と一部の側枝を輪截した場合との成長經過の比較



第21圖 主軸及び一部の側枝の舊葉を除去した場合と側枝の舊葉を除去せざる場合との成長經過の比較



第5節 摘葉、摘芽、輪截及び光の遮斷の影響

上述來の實驗に於て葉の減少に伴い肥大成長の減退する事が認められたが、之は同化物質の生産

が減ずる結果として當然の事である。然し乍ら葉は又一面形成層の活動にホルモ的な作用を有するものと言われている。此考えは古く Jost (1893) が闇所においた Salix の挿木に於て葉を伸したものにのみ肥大成長が起れる事を見、葉は同化作用の他に、其伸長と共に導管の形成に關與する何等かの作用があると想像した事に始まる。

筆者は針葉樹の葉に就て之等の關係を検討せんとし、光を遮斷し更に輪截、摘葉、摘芽の處理を組合せて第 6 表に示した様な種々の場合に就て實驗を繰返した。供試材料は 5 年生のクロマツの主幹 2 年軸にて長さ 40cm、中央部の徑 10cm 内外のものを選び、成長開始前 2 月下旬に處理し、2 年軸中央に於ける肥大成長を測定した。

第 6 表

番 號	處 理	摘 葉	摘 芽	輪 截	舊葉に光を遮斷	芽に光を遮斷
標 準		—	—	—	—	—
A	I	+	—	—	—	—
	II	—	+	—	—	
	III	+	+	—		
B	IV	—	—	+	—	—
	V	+	—	+		—
	VI	—	+	+	—	
	VII	+	+	+		
C	VIII	—	—	—	+	+
	IX	—	—	—	—	+
	X	—	—	—	+	—
	XI	+	—	—		+
	XII	—	+	—	+	
D	XIII	—	—	+	+	+
	XIV	—	—	+	—	+
	XV	—	—	+	+	—
	XVI	+	—	+		+
	XVII	—	+	+	+	

A. 摘葉及び摘芽

I. 舊葉を除去した場合

幹の 2 年軸にて舊葉を除去した場合、其軸の肥大成長は初期の中稍々劣るが後期に於て恢復する。

第 7 表

	直徑成長(6月24日迄)	同 (10月27日迄)	伸 長 成 長
標 準 無 處 理	7.10mm	12.15mm	547cm
實 驗 I 平 均	4.60	10.35	510

6月下旬を界として成長を前期と後期に分ち、各期末に於ける成長量を無處理の標準木と比較すると第7表の如くである。

Ⅱ. 芽を除去した場合

此場合軸頂部の肥大成長が減じ、特に後期に夫が著しい事は第2節實驗Ⅳにて見られたと同様である。(第8表)

第 8 表

	直 徑 成 長 (6月24日迄)	同 (10月27日迄)
實 驗 Ⅱ 平 均	2.20mm	2.20mm

Ⅲ. 舊葉及び芽を除去した場合

此處理の結果肥大成長は起るに至らず、僅に軸の基部附近に1, 2層の薄膜扁平の假導管新生を見るに止り、軸はやがて枯死する事第2節實驗Ⅴの結果と同様である。

之等の場合は何れも處理した軸の下部に葉を存し、夫と篩管の連りがあるのであるが、芽及葉を除いた軸頂部にて其同化産物は利用されず、肥大成長の停止を見る事は、處理部に於て第2節の全個體に就て實驗したところと結局同じであるのが認められる。

B. 摘葉、摘芽及び輪截

Ⅳ. 2年軸の基部にて輪截した場合

幹の2年軸の基部にて輪截すると輪截部より上の芽の伸長は處理當年の間略々無處理と同等であり、肥大成長は少々正常以上となるが、葉の伸長は劣り標準の約80%位に止る。之は第3節實驗Aの結果と同斷である。

Ⅴ. 輪截し、舊葉を除去した場合

此結果肥大成長は著しく少く、2年軸頂部にて平均5層 90μ 、中央にて2, 3層 50μ 、基部にて9層 100μ 内外の薄膜な假導管を生ずるに過ぎぬ。伸長成長も亦遲滞して5月上旬最高を示し、葉は伸長するに至らず、6月上旬に凋枯する。

Ⅵ. 輪截し、芽を除去した場合

肥大成長は後期に於て殆んど停止するが、輪截を行わない場合(Ⅱ)に比較すると總成長量は大

第 9 表

	直 徑 成 長 (6月24日迄)	同 (10月28日迄)
實 驗 Ⅵ 平 均	6.0mm	5.8mm
實 驗 Ⅱ 平 均	2.2	2.2

である。(第9表)

Ⅶ. 輪截し、舊葉及び芽を除去した場合

此結果肥大成長全く起らず、只輪截直上部にて1、2層の薄膜の新生細胞を見る事がある程度である。

之等を輪截を施さないAの場合と對比すると結果の傾向は同様であるが、舊葉を除いた場合(V)の肥大成長は輪截によつて減じ、芽を除いた場合(VI)の肥大成長は輪截を施した方に大である。之は前者では輪截によつて同化物質の他よりの補給が斷たれ、後者に於ては舊葉の同化産物が他へ移動する事が制限されるからであると解される。

C. 光 の 遮 断

Ⅶ. 頂部全體に光を遮断した場合

黒い羅紗紙の圓筒を以て2年軸を芽も共に包み、同化作用を制限すると其軸の肥大成長は著しく減じ標準の約30%に落ちる。主芽の伸長は正常以上に大となるが側芽の伸長は不良、新葉は短く標準の約60%に止り葉緑素を生ぜず黄化の状態を現す。舊葉は早く枯死するが新軸には弱い乍ら頂芽を生じ、夫が生活せる限り下枝に背地性上向屈曲の起る事はない。

尙此場合新軸に生ずる材は赤褐色を帯びアテの構造を示す●が注意される。

Ⅸ. 芽のみに光を遮断した場合

此場合2年軸の肥大成長は特に後期に於て減退するが、前の場合に比較すれば成長量は大である。芽の伸長は前と同様著しく、新軸は黄化し、葉の長さは標準の約70%となる。(第10表)

第 10 表

	直径成長(6月24日迄)	同 (10月27日迄)	伸 長 成 長
實 驗 Ⅸ 平 均	3.8mm	3.25mm	710cm
標 準 無 處 理	7.1	12.15	542

Ⅹ. 舊葉に光を遮断した場合

此場合は芽は光に浴し、舊葉のみを黒紙にて覆うたもので、芽の伸長も肥大成長も支障なく起るが、成長量は少々劣る。(第11表)

第 11 表

	直径成長(10月28日迄)	伸 長 成 長
實 驗 Ⅹ 平 均	10.55mm	512cm
標 準 無 處 理	12.15	542

XI. 芽に光を遮断し、舊葉を除去した場合

此處理により肥大成長は著しく減するが、芽の伸長は標準と同じ程度になる。しかし舊葉を残した場合の實驗VIIに比較すると成長量は低い。従て光を遮断した舊葉も多少肥大成長に關與する様に思われる。第12表は此成績を比較したものである。

第 12 表

	直 徑 成 長	伸 長 成 長
實 驗 XI 平 均	1.6mm	485cm
實 驗 VII 平 均	1.9	580

XII. 芽を除去し、舊葉に光を遮断した場合

此場合短枝より新しい芽が伸び、それが黄化せるのを見るが2年軸の肥大成長は僅少であつて、平均春材10層、秋材3層の新生假導管を見るに過ぎぬ。

之等を要するに頂軸に光を遮断すると肥大成長は多少減退するが、伸長成長は寧ろ正常以上となる。新軸は黄化の状態にあるが、其存在は下方の軸の肥大成長を促し、且下位の側枝の背地性上向屈曲を抑える意義を有する。

D. 輪截、摘葉、摘芽及び光の遮断

XIII. 輪截し、上部に光を遮断した場合

幹の2年軸の基部にて輪截し、その上部全體を黒紙にて覆うた場合、2年軸の肥大成長は極めて少く、鏡下に7~9層、200 μ 内外の新生假導管を認めるに過ぎぬ。芽の伸長も僅少であつて5,6cmに止り、新葉を伸すに至らずして凋枯する。

XIV. 輪截し、芽に光を遮断した場合

2年軸の基部にて輪截し、芽のみを黒紙にて包み光を遮断すると、2年軸の肥大成長は6月下旬より略々停止する。芽の伸長量は正常に近いがその直徑は小、新葉は短小であつて黄化し、材にアテの構造を有する假導管を見る事實實驗IXと同様である。(第13表)

第 13 表

	直徑成長(6月24日迄)	同 (10月26日迄)	伸 長 成 長
實 驗 XIV No. 1	11.20mm	12.25mm	480cm
" No. 2	11.45	11.30	440

XV. 輪截し、舊葉に光を遮断した場合

此場合肥大成長は著しく減退し、僅に數層の假導管を生ずる程度で止み、伸長成長も甚だ少く葉を伸ばすに至らない。(第14表)

第 14 表

		年 輪 幅 (2 年軸中央)	同 (同 基部)		伸 長 成 長
實 驗 XV	No. 1	4 層 90 μ	12層	200 μ	100cm
"	No. 2	2 60	5	80	0
"	No. 3	9 170	9	170	40

XVI. 輪截し、芽に光を遮斷し、且舊葉を除去した場合

此結果肥大成長は全く起らず、只頂芽の直ぐ下の部分にのみ數層の薄膜な假導管を見る例がある。芽の伸長も僅少にて止み凋れ枯れる。

XVII. 輪截し、芽を除去し、且舊葉に光を遮斷した場合

此結果も亦肥大成長は全く起らないか、或は2、3層の薄膜な假導管を生ずるのみで、舊葉は早く枯れ、短枝を伸ばすに至らない。(第15表)

第 15 表

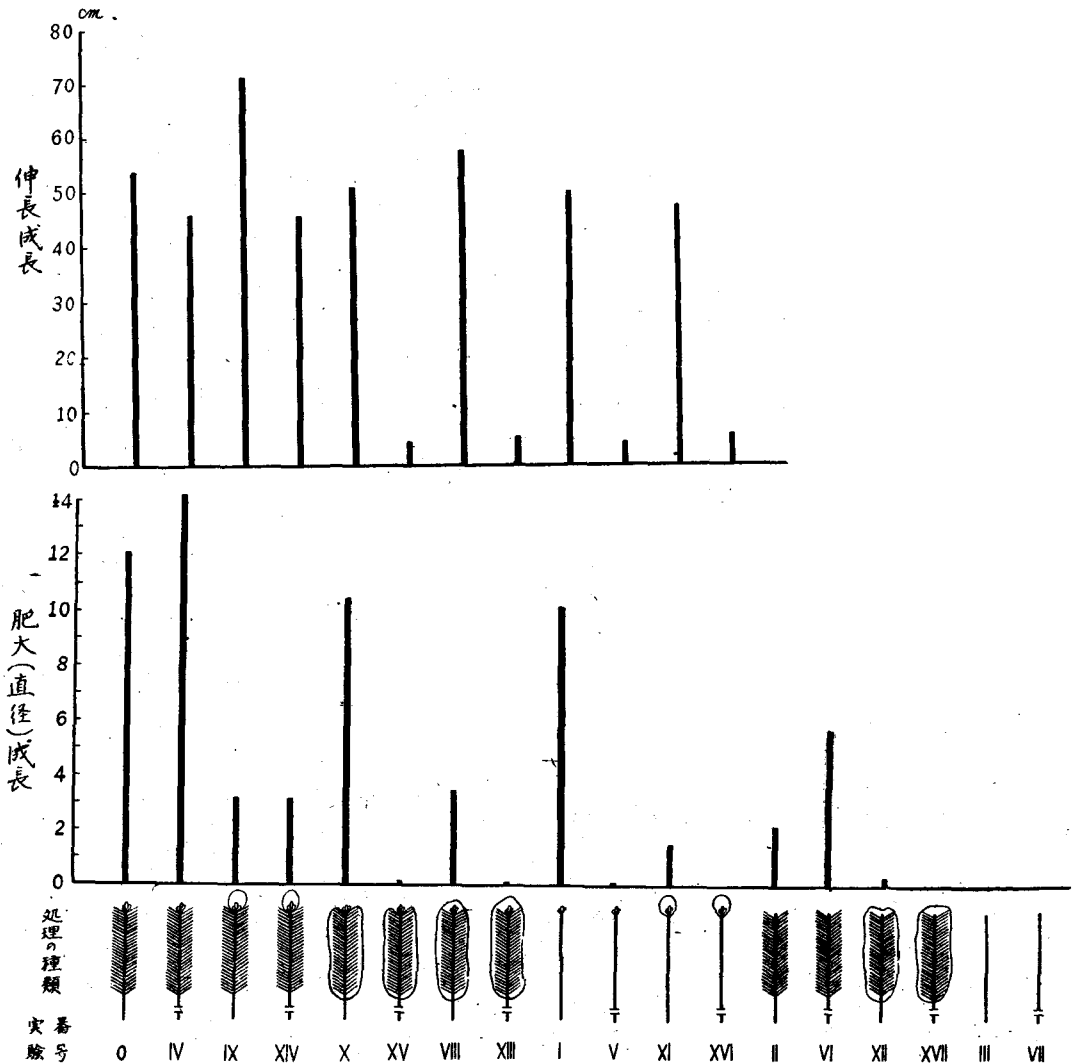
		年 輪 幅 (2 年軸 中央)	同 (同 輪截直上部)	
實 驗 XVII	No. 1	0 層 0 μ	2層	30 μ
"	No. 2	5 80	12	200
"	No. 3	0 0	5	60

以上の諸實驗の成績を見ると輪截を行つた場合、芽は光を遮斷しても伸長し、2年軸の肥大成長も起るが、之は略々成長期の後半に停止し、舊葉に光を遮ると伸長成長も肥大成長も微弱となる。又芽も舊葉も共に光に浴しない時は殆んど全く成長を起さない。之等を前述實驗Cの輪截を施さない場合に夫々對比すると成長低下の傾向は同様であるが、成長量に於て更に著しく劣るのが認められる。

E. 考 察

本節に取扱つた實驗 I ~ XVII の諸結果を一括圖示すると第22圖の如くなる。之を見ると或場合には成長正常以上となり、或場合には殆んど全く停止している。之等は果して如何なる理由に基くものであろうか。現在成長に對して必須の物質として數えられているものに凡そ三がある。一は同化物質であり、一は土壤養分であり、一は成長に對しホルモンの作用をなす物質即ち成長素である。前二者に就ては既に説明の必要もない。成長素に就ては從來主として單子葉或は草本植物に於て研究され、其結果が樹木に類推されていたものであるが、SNOW (1933) SÖDING (1936) 等によ

第22圖 摘葉，摘芽，輪截及び光の遮斷がクロマツ主軸頂部の成長に及ぼす影響



つて夫が形成層の活動に與る事が指摘され，他の草本に於けると同様，其形成は芽，特に伸長しつつある葉の部分にて行われ，常に基部に向つて移動すると言われている。

之等によつて本實驗の結果を考察すると，先ず肥大成長の全く停止する場合として摘芽し，且舊葉を除去した實驗Ⅲ及び夫に輪截を加えた實驗Ⅶがある。此場合軸の皮層に於ける若干の緑色の組織の他は全く同化器官を缺くが，軸に多少の貯藏物質を存する。土壤養分は葉の喪失により蒸散作用の減ずる結果蒸騰流による其上昇は制限されるであらう。成長素は其給源と目される芽及び葉が除去されるから當然缺乏を來すとせねばならぬ。

次に肥大成長の著しく減退する場合として摘芽し、舊葉に光を遮斷した實驗Ⅻ及びⅩⅦがある。此場合葉は存在するが同化作用は制限される。幹に多少の貯藏物質を存する事は前と同様である。蒸散作用は葉が包まれるから幾分減少するであろう。成長素は夫が新芽にのみ生ずるものとすれば此場合も之を缺く事になる、併し實驗Ⅻに於ては光の遮斷下にあつても短枝の芽を伸すものがあり肥大成長も幾分起る。實驗Ⅻは輪截が施されていないから構成物質は他の同化作用の行われる部分から轉流し來る事が出来る筈であり、肥大成長の制限因子としては成長素の缺乏が主たるものと考えられる。

肥大成長の殆んど停止する場合として更に輪截し、舊葉を除くか(Ⅴ, ⅩⅥ),或は舊葉に光を遮斷した實驗(ⅩⅢ, ⅩⅣ)がある。此中ⅩⅥ及びⅩⅢは芽に光を遮斷したものであるが、之等何れにあつても芽は殆んど伸長せず、葉も伸びない。同化作用は制限され、且輪截によつて構成物質が他より轉流し來る事が遮られているから軸内に存する貯藏物質のみを以ては伸長成長も十分遂げられず肥大成長も起らないものと考えられる。

輪截を施さずに舊葉を除去した場合(Ⅰ)には2年軸に同化器官を有しないが、伸長成長は略々正常に近く行われる。之に要する構成物質は他から移轉し來る事が出来るからである。肥大成長は成長期の前半に多少劣るが、新葉の伸長と共に正常と大差なきに至る。然るに其芽に光を遮斷した場合(ⅩⅠ)は伸長成長が正常に近いにも拘らず、肥大成長は著しく劣る。同化物質は他よりの轉流を妨げられていないのであるから、之は芽の成長素供給が光の遮斷によつて制限されたによると判斷される。更に舊葉を残し芽と共に光を遮斷した場合(Ⅶ)にも芽の伸長は正常と同様或は夫以上となるにも拘らず肥大成長は著しく劣る。しかし前の實驗Ⅹと比較すれば成長量稍々優り、光に浴せざる舊葉も多少は成長素を生ずるかと思われる。尤も其葉は早く枯れ落ちるから、かゝる影響はあるとしても微弱に止まるであろう。

光に浴する舊葉が存在すれば、芽を除き且輪截を施した場合(Ⅵ)にも2年軸の肥大成長は成長期の前半に於て殆んど減ぜず、後半に至つて停止する。故に舊葉は少くとも春の間同化作用のみならず、其軸の形成層活動を起すに要する成長素の調達をなすとしなければならぬ。之に對し輪截を施さない場合(Ⅱ)の方が却つて肥大成長が劣る。おそらく舊葉の成長素供給が新芽に比較して少いため芽を除かれた軸では其同化産物が他へ轉流し去るからであろう。

上述の實驗Ⅶ及びⅡに對し、芽を残して夫に光を遮斷した場合(ⅩⅣ及びⅩ)を見ると、輪截を施した實驗ⅩⅣに於ても伸長成長は正常に近く、輪截を施さぬ實驗Ⅹにあつては正常以上に大となる。然るに肥大成長は著しく少く、特に後期に至つて減退する。之は實驗ⅩⅠに就て述べたと同様に新葉も光の遮斷の下にて異常に伸長はするが成長素の形成が少ないからであると思われる。

舊葉に光を遮断した場合 (X) は伸長、肥大共に正常の如く起るが、成長量は正常よりも少々劣り、舊葉を除去した場合 (I) に比較すると僅に優る。此場合輪載は施されないから構成物質は他の同化器官の存する部分より轉流し來り、又新芽は浴光下に伸長するから十分成長素を供給すると考えられ、2年軸の肥大成長は支障なく起り得るのであろう。光を遮断された舊葉には勿論同化作用は行われぬ。たゞ多少の成長素形成が考えられるが其量は新芽に比べて極めて少く、かゝる舊葉の存否は軸の肥大成長に殆んど影響しないと云つてもよい。

2年軸の基部にて輪載した場合 (IV) の成長も正常と略々同様であるが、伸長成長に於て少々劣り、肥大成長に於て少々優る。之に就ては既に第3節の實驗結果に於て考察した通りである。

以上述べ來つたところによつて凡そ次の様な事が言えるであらう。すなわち前年の葉は芽の伸長及び成長期前半の肥大成長に對し、之に要する構成物質の主たる給源をなすが、又同時に其軸の形成層活動を促す成長素を調達する能力がある。しかし此能力は夏以後、新葉の伸長の完成する頃より急に減退する。新葉は初主として前年の葉の同化産物によつて其成長を支えられるが、伸長の當初より成長素の主要な給源をなし、伸長完成の近づくと共に同化物質の生産を増加し、後期の肥大成長は構成物質に關しても、成長素に關しても主として新葉に依存する。併し葉に光を遮断すると同化作用が停止するのみならず、成長素の供給も著しく減じ、特に舊葉は其存否が肥大成長に殆んど關係しなくなる。

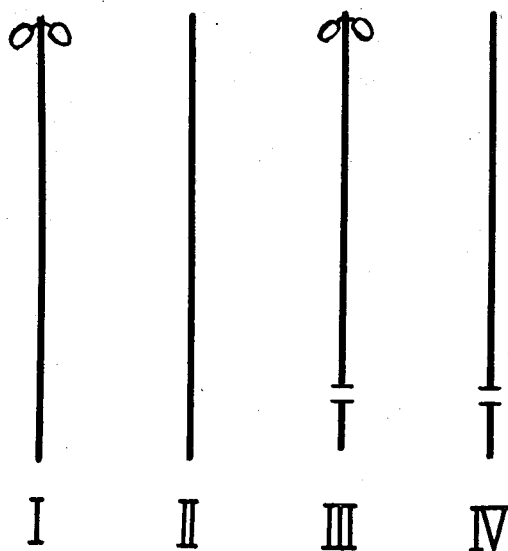
第6節 花及び毬果が軸の肥大成長に及ぼす影響

嘗て SNOW (1932) は *Agrimonia*, *Spiraea* 及び *Scrophularia* の成長中の花及び果實が夫をつけた枝に肥大成長を促す事を認め、GILL (1933) は葉芽より先に開く茱萸花を有する樹種の中 *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa* の如く初より露出した雄花は其軸の形成層活動に影響せず、*Populus serotina*, *Salix caprea* 等の如く冬の間芽の中にあつて早春開花の際に伸長するものは夫をつける附近の軸の形成層活動を促すとし、石部氏 (1937) もまた同様の事を觀察している。

京都附近に於て、ダンコウバイ、ミツマタ、レンギョウ、アセビ等は春3月中・下旬に開花するが、開花當時にはその附近の小枝にも未だ新生木部を見る事なく、只トネリコに於て葉芽の未だ開かず花芽のみふくらんだ頃太い幹の基部に迄導管の形成が始まつているのが認められた。

MÜNCH (1938) はマツ類の毬果をつけた側はつけない側に比較して同一の軸にても肥大成長が幾分大なる傾向があると述べている。クロマツの雌花は京都市近郊に於て大體5月下旬に開花し、毬果は開花當年殆んど成長せず秋末にても縦徑10mm、横徑7mm内外に過ぎぬが、翌春急に成長して6~8月の間に略々其大いさを完成し、縦徑3cm、横徑4.5cm内外となる。此の急速に成長す

第 23 圖



る2年目に於て、毬果が之を着けた軸の肥大成長に如何に影響するやを見んとして第23圖に模型的に示す様な實驗を行つた。

其結果によるとⅠの場合、即ち毬果を有する軸の芽及葉を除去したものに於て、毬果は略々標準の大いさに迄成長し、秋鱗片を開いて種子を出すか、Ⅲの場合、即ち實驗Ⅰの處理に更に軸の基部にて輪截を施したものでは毬果の成長僅かにして停止し、鱗片を開くに至らなかつた。10月下旬其軸を切つて鏡檢すると第16表に示す如く毬果を有しない軸(Ⅱ)に於ては基部附近の他は全く成長せずに枯死し、毬果を有するも

第 16 表

供 試 木	毬 果 の 大 い さ 縦 × 横 徑	2 年軸の新生假導管細胞層			
		頂 部	中 部	基 部	
Ⅰ	1	34×22mm	44層	44層	55層
	2	32×20	24	14	30
Ⅱ	1	/	0	0	14
	2	/	0	0	10
Ⅲ	1	16×13	5	0	9
	2	20×15	8	0	9
Ⅳ	1	/	0	0	0

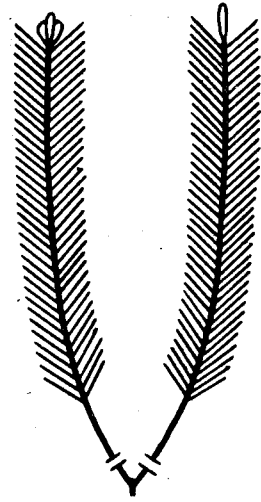
の(Ⅰ)では頂部にても20~40層の新生假導管を認めた。之によつて見れば毬果は成長に要する構成物質を下方の同化器官の存する部分に求め、成長素は自身之を生じて軸の肥大成長を促すものと思われる。又毬果をつけた軸の基部にて輪截したもの(Ⅲ)では毬果のつける附近にのみ數層の薄膜の假導管を生じ毬果のない軸(Ⅳ)では全く成長しなかつた。毬果は貯藏物質のみによつても幾分成長し成長素も生ずるが、輪截上部にては貯藏物質にも限度があり成長を遂げるに至らないのであろう。

第7節 芽の數が軸の肥大成長に及ぼす影響

クロマツの春季に於ける肥大成長及び伸長成長が主として前年の葉の同化物質に負うものであり、又芽の數を減ずる時は暫く肥大成長の増加する傾向が現れる事は第4節實驗Ⅲ、或は第5節實

驗ⅥとⅩⅣを對照して認められたところであるが、此處に更に梢端が對をなして叉狀に分岐し夫々同數の芽を有する材料を選んで第24圖に示す如く、一方には中央の主芽のみを残して側芽を除き、一方は其儘として2年軸の肥大成長を比較した。

第 24 圖



其結果は第17表に見る様に側芽を整理したものに於て何れも伸長成長及び前期の肥大成長が大となり、新芽の徑、新葉の長さも優るのが認められた。併し肥大成長は後期に於て減退する様になる。之は成長期の前半には側芽を減ずれば其成長に要する構成物質の消費がなく、それが主芽の伸長及び肥大成長に用いられて成長量を増加し、後期にあつては側枝を缺くために生ずる新葉の總量が少く、同化物質の生産量を減ずる結果肥大成長の減退を來したものと考えられる。

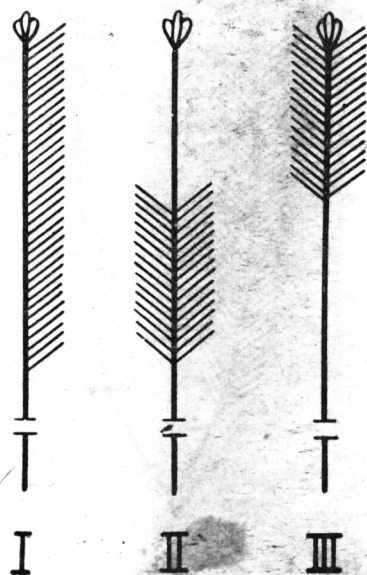
第 17 表 側芽除去が主軸の成長に及ぼす影響

	直徑成長 (8月1日迄)	伸長成長	葉の長さ	新軸の徑
供試軸 1	5.35mm	469cm	13.0cm	7.55mm
標準	5.15	460	9.5	6.66
(比 %)	(104)	(102)	(137)	(113)
供試軸 2	5.70	407	12.9	7.77
標準	5.15	348	9.2	4.44
(比 %)	(110)	(117)	(140)	(176)
供試軸 3	7.64	440	12.0	7.40
標準	6.36	420	9.0	6.60
(比 %)	(120)	(105)	(133)	(112)

第 8 節 葉の量及び位置が軸の肥大成長に及ぼす影響

葉の量と肥大成長の關係に就ては從來より BUSSE (1930), BURGER (1930), 大平 (1936) 等研究に乏しくない。しかし葉は量的に於てのみならず、其存在する位置が軸の肥大成長に重大な關係を有する事が第4節實驗Ⅰ及びⅡ等によつて認められた。更に此點に關し第25圖に示す様な實驗を行つた。供試木は第5節の實驗に用いたと同様のクロマツであつて2年軸の基部にて輪截し、輪截上部に於て成長開始前に(Ⅰ)は片側、(Ⅱ)は上半部、(Ⅲ)は下半部の舊葉を除去し、2年軸中央に於ける肥大成長を測定した。

第 25 圖



Ⅰ．片側の葉を除去した場合

此結果成長期前半の肥大成長に於て標準の約半量となり、特に葉を除いた側にて減ずる。

NÖRDLINGER (1871) は此場合葉を除いた側の側芽の伸長も劣ると述べている。成長期の後半には其差が少くなるが之は後期の成長が既述の如く主として新葉によつて支えられるものであり、新葉には別段の處理も施さなかつたからであらう。しかし芽の伸長及び新葉の長さは幾分小であり、後期の肥大成長も標準よりは劣る。(第18表)

Ⅱ．上半部の葉を除去した場合

此結果は第19表に示す如く、成長減退の程度が前の場合より著しい。

第 18 表

	直径成長(6月24日迄)	同 (10月27日迄)	伸長成長	葉の長さ
實驗Ⅰ平均	2.60mm	8.65mm	371cm	9.0cm
標準無處理	5.75	12.30	463	10.5

Ⅲ．下半部の葉を除去した場合

此場合も成長減退するが第19表に見る如く前二者に比べて影響の程度は著しくない。

第 19 表

	直径成長(6月24日迄)	同 (10月27日迄)	伸長成長	葉の長さ
實驗Ⅱ平均	1.55mm	5.65mm	297cm	8.0cm
同Ⅲ平均	2.75	9.10	403	9.7

以上によつて見らるゝ如く、等しく半量の葉を除く場合に於ても、其除去する部分によつて影響の程度を異にし、頂部に近い葉を除去する程成長の低下が著しいと言う事が出来る。

第9節 マツに於ける成長素

上述來の實驗に於て肥大成長は軸の上部に葉の存在する事を必要とし、しかも其葉と皮部の連り

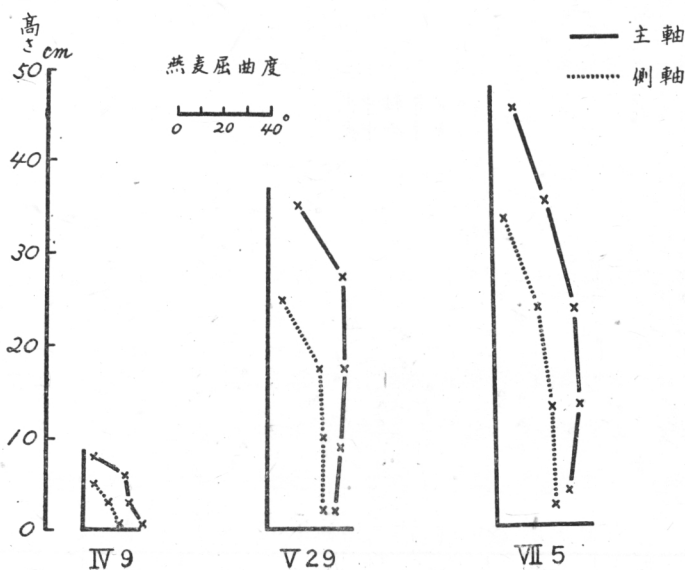
がある部分にのみ起る事が認められた。又其葉は光を遮断せる状態に於ても効果があるのであるから肥大成長に對し葉の有する意義は同化物質の生産の他に成長素の給源として必須のものたるにあると目される。併し乍ら實際樹木に就て成長素を測定された例は甚だ少く、ZIMMERMANN (1936), SÖDING (1937), AVERY, BURKHOLDER 及び CREIGHTON (1937) 等が主として潤葉樹を材料とし、マツに就ては MIROV (1941) 及び筆者 (1942) の記載を見る程度である。

マツに於ける成長素は從來知られているオーキシンと同一物であるか否かは未だ明かにされていないが、兎も角オーキシンと同様寒天に擴散し、燕麥子葉鞘の成長を促す物質として見出され、其分布は形成層及び若い靱皮の組織の範圍に限られている。故に之が形成層活動に對する關係を考えるには軸の横斷面積に對する量によるよりも單位の形成層に對する量による方が適當と思われ、筆者は形成層の横斷面に於ける長さ 1 cm に對する平均燕麥屈曲度によつて比較する事とした。茲に³¹⁾上節の實驗に關連して測定した成長素の分布に就て述べる事とする。測定の方法に就ては先に報告したから此處には省略する。

A. 芽に於ける成長素

伸長しつつある樹木の芽に成長素が多い事は既に CZAYA (1934), ZIMMERMANN (1936) 等によつて指摘され、MIROV (1941) は Ponderosa pine 及び Torrey pine に就て芽の先端には成長素が少く基部に向つて増加すると述べている。筆者のクロマツに就ての測定によつて見ても頂端は少

第 26 圖
クロマツの頂芽に於ける成長素の分布



く基部に向つて増加するが、ある點に於て急に増加しそれより基部に向つて變化がないか或は多少減少する傾向がある。(第26圖) 而して其急に増加する點は芽の伸長と共に次第に上部に移り芽の最大伸長部に略々一致するものの様である。(第20表参照)

尙伸長を終つた後も芽は急に成長素を減ずる事なく、葉の伸長中常に高

い値を示している。

第20表 芽の部分による成長素の相違

主軸, 先端よりの距離	cm	2	16	30	32	34	38	42
5月13—15日の伸長率	%	0.0	0.0	1.7	1.8	1.9	1.2	1.0
成長素	°	0.0	8.2	21.4	26.9	28.1	27.4	24.1
側軸, 先端よりの距離	cm	2	10	18	26	28	30	32
5月13—15日の伸長率	%	0.0	0.0	1.0	1.3	1.5	1.8	1.2
成長素	°	0.0	10.3	16.6	18.2	21.5	22.4	19.3

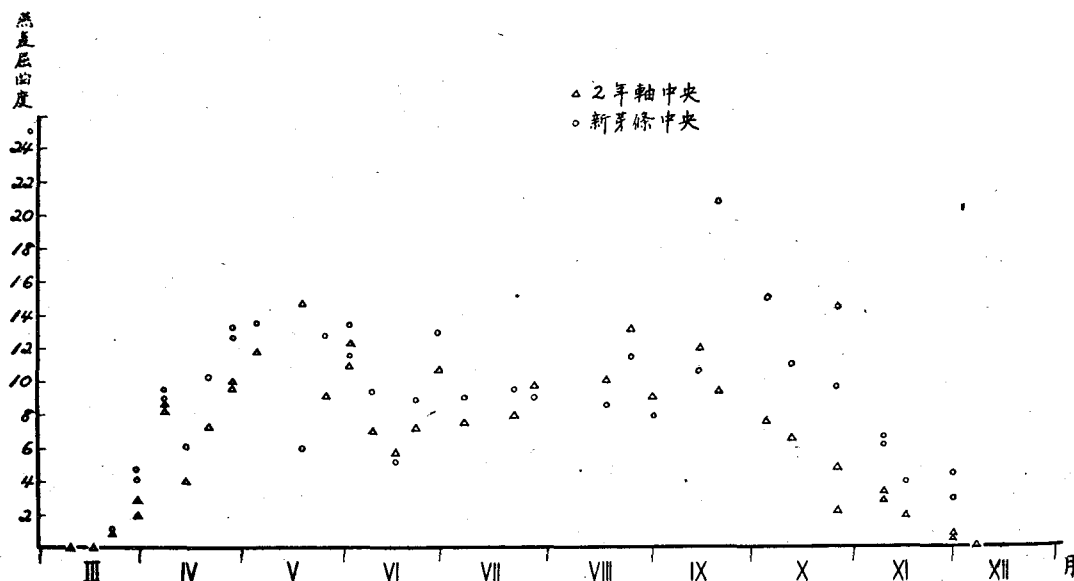
成長素量は形成層1cmに對する燕麥平均屈曲度にて示す。以下の表も同斷とす。

B. 成長素の季節的變化

樹木の成長素が季節的に如何なる變化を示すかに就ては未だ十分な研究がない。SÖDING (1937, 1940) は *Acer* にて春芽の伸長期に頂部に急に増加し、其後時と共に最大部が幹の下方へ移動し、幹の形成層活動を促すと述べ、5月末より6月上旬を最高とし其後は急に減するが、肥大成長も之と共に減退するとしている。又 AVERY, BURKHOLDER 等 (1937) は *Aesculus* に就て外見的に芽の伸長の顯著でない頃より成長素が現れ葉芽の伸長の盛な頃に最大を示し、之を縦斷的に見ると軸の基部は常に少量であるから、初は頂部に大なる配置を見るが、後に頂部にて減少し、6, 7月頃には各部均等な分布をとる様になると言う。

筆者が昭和16, 17 兩年に亘り測定したクロマツ幼齡木の頂端1, 2年軸に於ける成長素量を一括圖示すると第27圖の如くである。之によつて見ると成長素は3月下旬成長の初まる頃より現れ4月

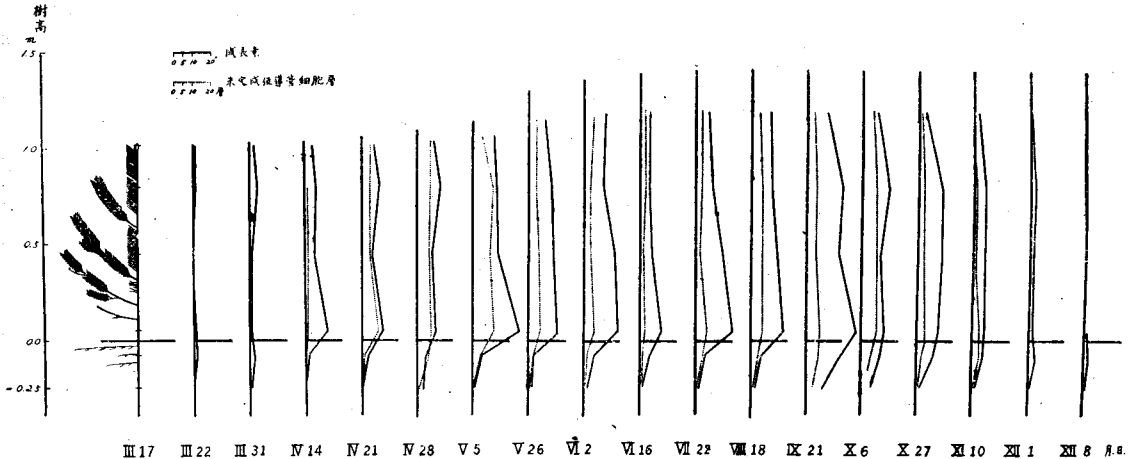
第27圖 クロマツ頂部に於ける成長素の季節的消長



中に急に増加し、6, 7月多少の低下を見るが著しい変化なく10月迄持続し11月中に急に減じ、12月上旬に殆んど消失している。

又之を幹の各部に於ける配分状態に就て見るに、クロマツ7年生、樹高凡そ1mのものとつて調査したところを示すと第28圖の如くである。之によると成長素は3月下旬2年軸と根際附近より

第28圖 幹に於ける成長素の季節的消長



少量が検出され、芽の伸長が盛になると共に頂部に増加し、其後基部の増加も著しく、5月以後は稍々向基的に大なる傾向がある。10月に入ると頂部より減少するが、11月肥大成長停止後もなお若干残存し、特に根際の附近に最もおそく迄認められる。之を第2圖に掲げた成長経過の曲線と對比すると成長素の出現は成長の開始期と略々一致するが6, 7月に於ける成長減退期に夫程の減少がなく、又秋末成長休止後も成長素は多少存在する様である。尤も成長素の量は個體によつて相當の相違があり、如何に外觀的に同様の材料を選んでも個體差による誤差は免れ難く、詳細な傾向を掴むには更に多くの測定を要するであろうが、兎も角成長素は芽の伸長中のみならず肥大成長の起りつゝある間、全樹幹の形成層帯を通じて存在すると見る事が出来る。

C. 摘葉及び摘芽の影響

第2節實驗AⅡ, AⅣ等に於て新葉又は芽を除去した場合にも舊葉の存在の下に肥大成長の起る點より見て、舊葉は同化物質の生産のみならず、多少は成長素の給源となると考察されたが、6月上旬略々伸長を終つた新芽を除去し、幹の成長素を測定したところによると頂部に於て著しく減少するが、基部にはなお多少の存在が認められた。しかし新葉の伸長の終れる秋になつて後は新葉除去の影響は顯著であつて全軸に亙り成長素は殆んど消失した。(第21表参照)

逆に芽を残し、舊葉を除去した場合には幹の頂部には影響なく、基部に於て多少減する傾向があるが、夫も8月下旬より後には殆んど影響が認められぬ。

第21表 摘葉、摘芽が成長素量に及ぼす影響
(材料はクロマツ樹高約1mのもの)

測定日	處理の種類	處理後日数	1年軸	2年軸	3年軸	5年軸	基部
7. 2	舊葉除去	32日	20.5°	17.4°	15.0°	15.7°	13.7°
	新芽條除去	32	—	3.0	2.9	4.6	8.0
	無處理標準	—	26.2	37.3	30.8	41.5	36.1
8.21	舊葉除去	52	13.6	25.0	23.0	27.0	23.0
	新芽條除去	52	—	2.6	6.8	6.2	12.4
	無處理標準	—	24.1	35.3	28.5	34.0	—
10. 1	舊葉除去	95	11.6	25.4	30.7	32.0	29.4
	新葉除去	60	0.0	5.4	9.3	—	12.2
	新芽條除去	95	—	0.9	0.7	0.3	1.0
	無處理標準	—	12.2	26.7	29.6	26.6	31.3

新葉及び舊葉のすべてを除去した場合には成長素は次第に頂部より減少して遂に全く消失するに至る。

之等によつて見ると新芽は成長素の給源として主要なものではあるが、伸長を終れる葉も成長素を生ずる能力があり、越年葉にも多少其能力が残るが新葉の伸長に伴い次第に衰え秋に入ると之を除去しても殆んど影響せざる程度となると言う事が出来る。

D. 輪截の影響

輪截の際其下部に葉のない場合は肥大成長が減退し停止するに至る事は既に述べた。此理由に就ては従來同化物質の下降が輪截部にて妨げられるからであると考えられた事もあるが、成長に要する構成物質は MÜNCH (1937) の説くが如く、又第4節の實驗にて見られた如く、篩管中を上昇もし下降もする。従て輪截下部に形成層活動が停止する理由は、常に向基的に移動するとされている成長素の供給が断たれるによると解する方が適當であろう。筆者は此點を實證するためにクロマツ2年軸に就て輪截を施し、處理部より下の葉を除き或時間をおいて後成長素の測定を試みた。第22表は其結果の例である。

第22表 輪截後における成長素の分布

調査月日	處理後の日数	輪軸上部 10cm	同 1cm	同 下部 1cm	同 5cm
6月1日	1日	12.0°	21.6°	1.0°	12.6°
" 8	3	12.2	9.5	0.0	0.0
" 22	22	31.2	17.2	0.0	0.5

之によつて見ると輪截部より下へ1cmのところにては處理後1日の後、5cmのところにては3日の後に殆んど成長素を消失している。更に之より下方に就ては別の材料により輪截下10cm、20cmに於て毎日測定したが、第23表に示す如く10cmにては3日目に、20cmにては6日目に消失

第23表 輪截後に於ける成長素の分布

調査月日	処理後の日数	輪軸下 10cm	同 20cm	同 30cm
9月21日	1日	24.3°	—°	—°
" 22	2	17.8	—	—
" 23	3	0.3	—	—
" 25	5	0.4	—	—
" 26	6	0.0	1.5	9.8

する結果となつている。之によると1日平均約3cmの速さで消失が下方へ進む事になる。之は成長素の下降する速さを示すとは限らないが、燕麥子葉鞘にてオーキシンの移動が1時間10~12mm⁴⁰⁾と言うのに比較すると緩慢である。

又重複輪截を行い、其間の成長素を調査したところによると第29圖に示す如く其間の葉を除去した場合は数日の後全く成長素を消失し、葉を存する場合は向基的配分を示すのが認められた。此事は第3節實驗Bに見られる肥大成長の配分と一致するものであるが、たゞ輪截直上部にて癒傷組織の發達により著しい直徑の増加を見る割合から見ると、成長素はそれ程多く檢出されない。之或は異常の成長に成長素の使用が多く、寒天に擴散する量が少くなるのではないかと想像される。

なお SÖDING (1936) は芽の伸長に際して多量の成長素を生じ、夫が潮の如く下降して下部の幹の形成層活動を覺醒せしめ、一度活動を開始した形成層はまた自ら成長素を生じ、更に下方の形成層の活動を繼續せしめると考えているが、成長中の軸も輪截を施せば夫より下に葉のなき限り成長素は殆んど消失し、肥大成長も停止する事實より見て、假令形成層が成長素を生ずるとしても極めて僅であつて形成層活動を繼續するには足らぬとせねばならぬ。

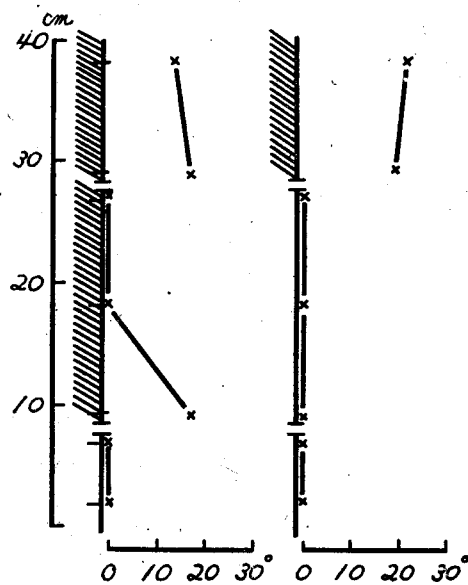
E. 光の遮斷の影響

第5節實驗Cに於て新芽に光を遮斷した場合には伸長成長は正常以上になり、下方の枝に背地性

第 29 圖

クロマツ2年軸の重複輪截による成長素の分布状態 (6月上旬處理後12日)

輪截間に葉を残せる場合 輪截間の葉を除去せる場合



上向屈曲が起らない點等より見て成長素の形成は光の遮斷下に行われるとせねばならぬが、軸の肥大成長は減退する傾向があるところから見ると、光を遮斷した状態に於ては芽の成長素生産は或程度に減少すると考えられる。之に關し光を遮斷した二三の芽に就て實際の成長量を測定してみたが、其結果は明かに成長素の減少を示している。しかし其葉がなお生活せる限り成長素が全く消失するとは思われない。

以上述べ來つたところによつて、成長素は主として伸長中の新芽、特に新葉に形成されるが、伸長完成の後もまた越年した葉にあつてもなお之を生ずる能力があり、光を遮斷すれば減少はするが全然消失する事はないと認められる。而して此成長素は形成層又はそれより外部を通つて向基的に移動し、下部の形成層の活動を促すものであつて、若し此供給が斷たれた場合には如何に環境條件がととのい豊富な養分があつても肥大成長は起らないと言う事が出来る。

第10節 合成成長素が肥大成長に及ぼす影響

摘葉、摘芽、輪截等により肥大成長の停止するのは成長素の缺乏による場合がある事は上述の諸實驗によつて認められたところであるが、かゝる場合成長素を加うれば肥大成長が起る筈である。SÖDING (1940) は樹木の有する成長素を寒天に擴散せしめ之を以て此種の實驗に用いているが、此方法は成長素を含む寒天を絶えず更新する必要があり、實驗上不便が多いので、筆者は成長素と同様の作用を有するとして知られているヘテロオーキシン其他の合成成長素剤をラノリン軟膏とし之を以て次の様な實驗を行つてみた。

I. 摘葉、摘芽、輪截を施せる軸にヘテロオーキシン軟膏を塗布した場合

クロマツ幼齡木の2年軸に就て、成長開始前其基部を輪截し且芽及び葉を除いた場合、輪截直上部に僅少の新生假導管を見る事がある外肥大成長の停止する事は第4節實驗BⅦに記した通りであるが、之等の處理と同時に其軸の中央部の片側の表層下へヘテロオーキシン 0.5% ラノリン軟膏を塗布し、7月中旬之を切斷鏡檢したところによると、塗布部に平均16層、0.23mmの材部細胞を生じ、塗布部より下2cmを距たるところにても、7層 0.11mmの新生假導管が認められた。而して塗布部より上方へ0.5mm以上隔たるところ及び塗布側と反對の側には全く成長が起らなかつた。

II. 摘葉、摘芽を施せる軸にヘテロオーキシン軟膏を塗布した場合

之は前の場合に對し輪截を省略したものに當る。肥大成長は塗布部より下方數cmに互つて現れ成長量も前の場合より優り塗布部に平均25層、0.49mmに及ぶ新生假導管を見、皮層の柔組織も細胞の膨大により厚さ正常の1.5mmに對し3.5mmに達した。

■. 全部の芽及び葉を除去しヘテロオーキシン軟膏を塗布した場合

4年生のクロマツを用い成長開始前に全部の芽及び葉を除き幹の2年軸中央にヘテロオーキシン軟膏を塗布した場合、其部分は7月に至るも枯死せず、塗布部に平均20層、0.35mmの假導管を生じ、皮層も局所的に膨大するのを見た。之に對しヘテロオーキシンを含まないラノリンを塗布したものは全く成長せず、只根際附近に數層の薄膜扁平の假導管を生ずるのみで枯死した。

Ⅳ. 輪截し、下部の葉を除去した部分へヘテロオーキシンを塗布した場合

2年軸を用い、其中央部に輪截し、下部の葉を除去した部分へヘテロオーキシン軟膏を塗布した場合、塗布部は1.8mm、3cm下方にて0.75mmの新生假導管が認められた。

之等の場合は何れも肥大成長の停止が成長素の缺乏に基くと見られたところへヘテロオーキシンを使用したものである。結果は何れも豫想の通り成長を起している。此中實驗Ⅰでは同化器官を缺き、しかも輪截によつて下方の同化器官の存する部分と篩管の連絡のない部分に成長が起るのであるから、之に用いられた構成物質は専ら貯藏物質によつたと見る外なく、従て成長にも限度がある。實驗Ⅱに於ては輪截が施されてないから下方の枝葉の同化産物が轉流し來り得る状態にあり、従て成長も成長素の刺戟のある限り續くから前者に比べて成長量の異なるのは當然である。實驗ⅢはⅠと同様同化器官を缺き、貯藏物質の消費によつて成長したものである。夫々の場合に全く成長素を含まないラノリンを使用すると勿論成長を起さずして早く枯死したが、かゝる點より見て成長素は成長のみならず、組織の生活のためにも必要なものの様に思われる。又ヘテロオーキシン處理によつて生ずる假導管にはアテの構造を示すものが見られるが、之に就ては筆者(1940)は前に報告したから此處には觸れないで置く。尙同様の効果はヘテロオーキシンの他ナフタリン醋酸等にも認められるが、發根効果或はエピナスチーを促し、成長ホルモン劑として數えられているすべての合成藥劑が形成層刺戟に有効であると言うわけではない。

摘 要

本報告は常緑針葉樹中主としてクロマツを材料として行つた摘葉、摘芽、輪截、光の遮斷等の處理が成長、特に肥大成長に及ぼす影響に就ての實驗の結果と、之に關連して形成層活動に對する條件、特に成長素の關係に就て考察したものである。實驗の結果の主要なる點は次の通りである。

1. 實驗に用いたクロマツ幼齡木の無處理の標準状態に於ける成長は凡そ次の如き経過をとる。即ち年によつて多少の相違はあるが、成長の開始は4月上旬にあり、伸長、肥大殆んど同時と見られる。而して前者は5月上・中旬に最大、6月中旬に略々完了し、其後7月中旬以後に僅乍ら新芽

の伸長を見る。後者の最大は4月下旬に1度現れ、其後低下して6,7月の間は衰え、8,9月に第二の最大が現れ、10月下旬に略々停止する。

2. 成長開始前にすべての芽を摘去しても、舊葉を残す時は肥大成長は起る。芽の存否は肥大成長開始の条件とはならない。併し頂部の成長は遅滞し、特に成長期の後半に成長著しく減退する。

3. 芽を残し、すべての舊葉を除くときは、芽の伸長と共に肥大成長も起るが、新葉の伸びる迄は成長量は微々たるものである。

以上によつて見ると肥大成長は成長期の前半に於ては主として舊葉によつて支えられ、後半に於ては新葉によつて維持されると思われる。

4. すべての芽及び舊葉を除くときは肥大成長は全く起らない。貯藏物質は存在してもそのみを以て肥大成長を起す事は出来ない。しかし貯藏物質を消費して潜伏芽が伸長し、新しく葉を生ずるときは之に伴つて肥大成長が現れる。尤も芽が伸長しても其新葉を摘去すれば肥大成長は止む。結局肥大成長には葉の存在を必要とすると言う事になる。

5. 輪截によつて上部に存する葉と皮部の連絡を断つときは其部分の肥大成長は停止する。

輪截の上部にては其處に存する葉の量により夫が少なれば肥大成長は減少し、夫が或程度以上に存在すれば正常以上に成る。しかし伸長成長、特に葉の伸長は常に制限される。

6. 主軸と側枝は皮部の連絡ある限り互に同化物質を交流して其成長を支えるが、其間の距離が大なる程、又経路が曲折せる程それは困難になる。

7. 光を遮断せる状態に於て伸長せる芽も其下の軸の肥大成長を促す効果がある。舊葉に於ても同様の効果はあるが極めて微弱である。

8. 成長しつつある毬果もその着ける軸の肥大成長を促すが其効果は甚しく僅少である。

9. 芽の伸長とその軸の肥大成長は成長に要する構成物質を互に競合する。従て芽の数を減ずれば軸の肥大成長は大となるが、芽の減少は新葉の減少を意味するから成長期の後期には全體としての成長量が劣る様になる。

10. 葉の減少は肥大成長の減少を來すが、それは單に失われたる葉の量に比例するものではなく葉のつける位置に關係し、上位の葉の喪失は下位の葉の喪失よりも影響が著しい。

以上によつて見ると肥大成長には上部に葉の存在を必要とし、しかも夫と皮部の連絡あるを要する。又その葉は必ずしも光に浴するを要しないから、葉の存在は形成層の活動に對し同化作用以外何等かの意義ある事を示唆する。之は近時成長に對し必須の要素と見られている成長素が葉に生じ皮部を下降して形成層を刺激するによる事を物語るものであろう。しかし樹木に就て成長素の研究は未だ十分でない。筆者はクロマツに就て直接成長素を測定し、次の様な事を知つた。

a. 芽は伸長を開始すると共に成長素を増加し、伸長の最大なる附近に最も多く見出される。しかし伸長を終れる部分にも消失する事なく、秋末迄多量に検出される。

b. 芽に成長素が増加すると共に夫より下の軸にも成長素が現れ、成長期中多少の増減はあるが秋末迄存続する。

c. 芽又は新葉を除去すると其下の軸の成長素は著しく減する。故に新葉は成長素の主要な給源と目される。しかし舊葉が残れる限り、すべての芽を除去しても成長素は消失しない。従て舊葉も多少は成長素を供給するとせねばならぬ。尤も夏以後、新葉の伸長の終る頃より後は舊葉を除去しても成長素の量に殆んど変化が見られないから其頃より舊葉の成長素生産能力は著しく減すると思われる。

d. 輪截を行つた場合處理部直下にて急に成長素は消失し、時と共にそれが下方へ波及する。而して其處に葉のない場合は全く見出されなくなる。

e. 新葉に光を遮斷すると成長素は減するが、葉の生活する限り全く消失する事はない。

之等によつて見ると前述の肥大成長を停止せる場合は成長素の消失する場合と一致しているが、もし成長素の缺乏が肥大成長停止の原因であるならば、之に成長素を加うれば成長が起らなければならぬ。此問題に關し筆者は摘葉、輪截等によつて肥大成長の停止せる部分へヘテロオーキシ其他の合成成長素劑を塗布して見たが、其結果局所的乍ら明かに新生假導管の出現を見た。摘葉により全く同化器官を缺く場合に於ても貯藏物質の存する限り形成層の活動が認められた。勿論之は温度水分其他の環境條件が許す範圍に於てである。

本研究は筆者が可なり前に行つたものであるが、とりまとめる機會を失つていた。此處に其機會を專まれたる沼田教授と、公表の便宜を與えられたる佐藤並びに上田教授、演習林當局の厚意に深謝する。

引用文獻

- 1) Avery, G. S., P. R. Burkholder and H. B. Creighton (1937) *Am. J. Bot.* 24 : 51.
- 2) Burger, H. (1930) *Mitt. Schweiz. Centralanst. f. d. Forst. Versuchswesen.* 15 : 243.
- 3) Büsgen, M. und E. Münch (1927) "Bau und Leben unserer Waldbäume." Jena.
- 4) Busse, (1930) *Forstwiss. Cbl.* 57 : 310.
- 5) Chalk, L. (1930) *Oxford Forest. Memoirs.* 10.
- 6) Clements, H. F. and O. J. Engard (1938) *Plant physiol.* 13 : 103.
- 7) Craft, A. S. (1938) *Plant physiol.* 13 : 791.
- 8) Creighead, F. C. (1940) *J. Fore.* 38 : 885.
- 9) Curtis, O. T. (1920) *Am. J. Bot.* 7 : 101.
- 10) Czaya, A. Th. (1934) *Ber. d. Bot. Ges.* 52 : 267.
- 11) Gill, N. (1933) *New Phyto.* 32 : 1.
- 12) Harper, A. G. (1913) *Am. J. Bot.* 27 : 621.
- 13) Hartig, R. (1885) "Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume." Berlin.
- 14) Hartig, Th. (1858) *Bot. Zeitung.* 16 : 337.
- 15) ——— (1862) „ „ . 20 : 73.
- 16) 日比野信一. (1916) *植物學雜誌* 30 : 165.
- 17) Ishibe, O. (1935) *Memoir. Coll. Sci. Kyoto. Imp. Univ.* 11 : 1.
- 18) 石部修. (1937) *生態學研究* 3 : 95.
- 19) Jost, L. (1893) *Bot. Zeitung.* 51 : 89.
- 20) 鐺木德二. (1919) *林學會雜誌* 2 : 1
- 21) Loomis, W. E. (1935) *Ann. Bot.* 49 : 247.
- 22) Mirov, N. H. (1941) *J. Fore.* 39 : 457.
- 23) Münch, E. (1930) "Die Stoffbewegungen in der Pflanze." Jena.
- 24) ——— (1937) *Forstw. Cbl.* 59 : 305.
- 25) ——— (1938) *Jb. wiss. Bot.* 86 : 581.
- 26) 森川均一. (1925) *九大農學部學藝雜誌* 1 : 292
- 27) Nördlinger, H. (1861) *Kritische Blätter f. Forst u. Jagdwiss.* 43 • 2 : 239,
- 28) 大平 隆. (1936) *朝鮮總督府林業試驗時報* 15 : 1.

- 29) 尾中文彦. (1940) 日本林學會誌 22 : 573
- 30) " (1941) 昭和16年林學會講演集 47.
- 31) " (1942) 日本林學會誌 24 : 341.
- 32) " (1944) 26 : 11.
- 33) Palmquist, E. M. (1938) Am. J. Bot. 25 : 97.
- 34) Snow, R. (1932) New Phyto. 31 : 336.
- 35) ——— (1933) „ „ . 32 : 288.
- 36) Söding, H. (1937) Jbuch. wiss. Bot. 84 : 639.
- 37) ——— (1940) Zeitschr. Bot. 36 : 113.
- 38) Swarblick, T. (1926) J. Pomol. Hort. Sci. 6 : 137.
- 39) Wieler, A. (1897) Tharand. Forst. Jbuch. 47 : 172.
- 40) Went, F. W. and K. V. Thiman (1937) "Phytohormones." New York.

Résumé.

The work presented herein has been undertaken to investigate the effects of defoliation, disbudding, girdling, darkening and other treatments upon the growth in trees, with particular reference to evergreen conifers, and special attention has been paid to the relation of growth hormone to cambial activity. The young trees of *Pinus Thumbergii* growing in the nursery of the Kyoto University Forest were mainly used for as experimental subjects.

Under normal conditions in this locality, the radial growth of the pine began in general, at the first week of April, and continued till late in October. The growth-curve showed two maxima, one in April-May and the other in August-September, and some depression between them. As the response of the treatments the following results were observed:

1. The removal of all old leaves before the growing period was followed by the retardation of radial growth until young leaves elongated, whilst, the same treatment after the young leaves fully developed had almost no effect upon the course of growth.

2. By the removal of all buds leaving old leaves the radial growth did not stopped, but its gradual fall was seen in the later period. The removal of young leaves in midsummer also resulted in the marked reduction of autumnal growth.

From these facts it may be assumed that the radial growth in evergreen conifers is mainly supported by the activity of old leaves in the early period, and by that of young current leaves in the later season.

3. The complete removal of buds and leaves throughout a tree stopped the growth at once. The similar result was found in the case of girdling. No woody layer was formed below the girdled zone unless dormant buds had arose. In such cases, the reserve substance can not be employed for cambial growth, however abundant it may be.

4. When developing buds or young leaves of a shoot were kept in a dark place the radial growth of the shoot was considerably checked, but it did not ceased as far as the leaves were still alive. Therefore, it is to say that the leaf has, even in dark, some ability to actuate cambial growth. The growing cone showed also similar but slight effect on the bearing shoot.

5. When either a terminal or branches were defoliated above a girdle, the growth of each shoot continued, but its rate was somewhat reduced, especially at the operated shoot. This means that the food-substances used for growth can be transported each other between the terminal and branches, though this become difficult with distance and complexity of the path to travel.

6. The partial excision of buds was beneficial to the growth of the remained parts at least in the beginning, because the competition for building material was relieved. But, afterwards, the gradual fall in growth as the whole was seen according to the reduction in number of new leaves.

7. The decrease in radial growth caused by the partial defoliation was not always

proportional to the amount of lost leaves. The removal of leaves at upper part was more effective than at lower part.

As the above mentioned, the presence of leaves, and that at upper level, is a matter of special significance for cambial growth. This may be attributable to the effect of growth hormone or auxin, which produced in leaves and transmitted in the morphologically downward direction. In trees, however, the behavior of such substance has not been sufficiently known. Some data obtained from the writer's investigation in pine are as follows:

a. In buds, auxin appeared with the inception of height growth and increased with its progress. The maximum was found near the region of the greatest growth, but the amount of auxin did not diminish so much after the elongation ceased. Considerable quantity could be detected throughout the growing season.

b. In stems, the occurrence of auxin was almost simultaneous with in the buds at the upper parts, and spread in downward direction.

c. The disappearance of auxin in the late season took place first at the upper part of young shoots and spread also downwards.

d. By the removal of all buds or young leaves auxin did not entirely disappear, as far as the old leaves were left on. The same thing was seen in the case of girdling at the parts below the girdle.

e. When leaves or buds were brought in a dark place the production of auxin decreased by degrees.

In the foregoing experiments, it is to be noted that the decrease or disappearance of auxin always associated with the cessation of radial growth. If the stoppage of radial growth were due to the lack of auxin, the cambial activity must be restored by the use of growth hormones. To test this, attempts were made with heteroauxin and other hormonal reagents. The results have evidently shown that the new woody elements were formed beneath the parts which the hormone paste were applied. Therefore, the presence of auxin is surely considered as a factor of absolute necessity for cambial growth, but it should be remembered, of course, that the effect of auxin does not appear so long as the other factors, such as temperature, water and food supply etc., were not favourable.