九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

赤松及黒松芽條の伸長生長と肥大生長との關係に就て

森川, 均一
九州帝國大學農學部植物學教室

https://doi.org/10.15017/20731

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 1 (5), pp.292-309, 1925-12. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

赤松及黑松芽條の伸長生長と肥大生長との關係に就て[1)]

森　川　均　一

(大正十四年十一月十七日受領)

I. 緒　　言

樹木の生長は內的及び外的原因に依り支配せられ其の生長の終始の境に於て構造上大なる變化を示し普通一年を一期とする顯著なる週期あり。樹木頂端部の芽條の生長も同樣通常週期的なりと雖も，常に單なる冬眠に依る生長の中止の結果にあらざるは既知の事實にして(13) 此の樹木若しくは其の芽條の生長に關する研究，特に之と外的原因との關係の研究に至りては非常に多しと雖も (2, 8, 11, 12, 16. 17, 19, 20, 22) 樹木各個體の伸長生長の經過及び之と其肥大生長との相關關係の精密なる研究に至りては未だ多からず (1, 4, 15, 18, 21,)。故に此方面の知見開發の一助として本研究を試みたるものにして，松の芽條に付き其の生長現象の外部的及び組織的觀察を行ひ，伸長生長と肥大生長との間に如何なる相關々係の存するかを考察したり。

本研究は九州帝國大學農學部在學中纐纈教授の勸誘及び指導の下に植物學教室及び林學教室に於て行ひたるものなり，玆に同教授及び研究の遂行中種々助言を賜りたる土井，藤岡兩教授に深厚なる謝意を表す。

II. 研究材料及研究法

研究材料はアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) 及びクロマツ (*Pinus Thunbergü Parl.*) にして九州帝國大學工學部構內に天然に生育せる 10-15 年生のものを用ひ，日向地と日陰地に於ける生長狀況を比較する爲めに日當り良き開放地と老樹の下に生じ日當り惡き所との 2 箇所に材料を選擇せり。

土地は輕鬆にして肥沃ならざれども天然に根强く發育生長せるものなれば何れも强勢にして，成る可く同一外界條件の下に於ける伸長生長と肥大生長との相關的關係を研究する爲に

1) 九州帝國大學植物學教室業績第 10 號

は何等支障を見ざりしなり。

大正 11 年 12 月前記 2 箇所に於て健全にして且つ整形のものを選擇し置き，大正 12 年 2 月 15 日第 1 回の測定をなし，以後大略 1 週間置きの豫定を以て測定し，生長の速かなる時季には更に短き間隔を以てし，生長次第に衰へるに至れば測定日の間隔を延ばす等適宜伸縮して大正 14 年 1 月上旬まで測定を經續せり，而して尙種々の異常的原因が伸長生長及肥大生長に及す影響を知るために芽條を適宜摘去し，側生芽條の數に差異を生ぜしめたる材料をも使用したり。

即ち用ひたる材料の狀態に依り分類すれば A 乃至 E の 5 型となる（VI の 3 及 4 參照）。

而して大正 13 年度に再び同樣の實驗を新に選擇したる試驗木を以て繰返したり。

伸長生長の測定は墨汁を以て冬芽の基部に基準を印し，之より頂端までの長さを0.5 mm.迄讀得る竹尺にて測定し，肥大生長は直徑測定（14, 15）に依る事とし芽條の基部より少し上部に測定點を標識し，芽條に直角にして 1/100 mm. 迄讀得る精密測厚器を以て之を測定せり。

而して伸長，肥大兩生長共に前後各兩回の讀數の差を以て其の期間中の生長量となし，之を其期間の日數にて除したるものを其期間に於ける日日の生長量となせり。尙芽條の生長帶の位置及び其移動の模樣を知るためには墨汁に依る附標法を以てせり。

生長現象の組織的觀察の爲には適當の時に試驗木と類似の他の芽條を採集して檢鏡し，外部測定の結果と內部解剖學上の結果とを一々比較調査したり。

本研究に用ひたる材料には赤松及び黒松相混じ居れども兩者とも其生長經過は同一なりし故兩者を合して總ての平均を求めたり。

III. 芽條生長現象の經過

Coville 氏（6）は冬季溫暖ならば翌春の生長は遲延するか又は不正常の生長をなす，之れ寒冷に暴露せば貯藏澱粉を糖分に化し滲透壓を高める爲なりとせり，即ち生長の開始期は地方に依つて異るのみならず，同一地方に於ても前年の冬の寒暖及び其年の春季の氣候に至大の關係あり，從つて其年の生長の經過に多少の差異を生ずべし。

今玆に述ぶべき一般生長現象の經過は側生芽條に何等手術を行はざる正常のもの（A 型）に就て論ずるものなり。

1. 伸長生長の經過

大正 12 年 2 月 15 日より 12 月 31 日までの第 1 回觀察，大正 13 年 1 月 3 日より同 14 年 1 月 8 日までの第 2 回觀察の結果に依れば赤松及び黑松の伸長生長開始期は 2 月 23 日乃至 25 日（平均氣溫 5.°0 C）にして，其の休止期 (4) は 6 月 5 日乃至 10 日（平均氣溫 17.°7 C）とす（第 1 表 A の部參照）。

第 1 表　赤松及黑松芽條の日日の伸長生長平均表

測定年度	摘芽の程度	伸長生長量 (mm.)															
		自 2月15日 至 2月21日	2月22日 2月26日	2月27日 3月7日	3月8日 3月25日	3月26日 4月2日	4月3日 4月10日	4月11日 4月20日	4月21日 4月24日	4月25日 5月2日	5月3日 5月12日	5月13日 5月16日	5月17日 5月25日	5月26日 5月30日	5月31日 6月6日	6月7日 6月13日	6月14日 6月23日
大正拾貳年	A*	0.00	0.20	0.14	1.06	4.39	5.29	8.49	9.20	9.30	9.82	9.80	9.13	4.48	2.03	1.39	0.00
	B	0.00	0.14	0.88	5.83	3.25	2.94	4.32	4.88	5,38	5,66	6.63	5.32	3.32	1.49	0.43	0.00
	C	0.00	0.26	0.19	0.91	4.18	5.04	7.47	6.63	6.88	7.43	7.48	5.31	1.82	0.91	0.46	0.00
	D	0.00	0.34	0.14	0.40	2.71	3.29	4.48	5.63	5.88	6.10	5.58	5.30	2.06	1.11	0.41	0.00
	總平均	0.00	0.24	0.14	0.79	3.71	4.36	6.58	6.93	7.18	7.61	7.70	6.72	3.06	1.43	0.76	0.00
		自 2月6日 至 2月15日	2月16日 2月22日	2月23日 2月29日	3月1日 3月8日	3月9日 3月17日	3月18日 3月28日	3月29日 4月9日	4月10日 4月19日	4月20日 4月29日	4月30日 5月10日	5月11日 5月21日	5月22日 5月27日	5月28日 6月7日	6月8日 6月24日	6月25日 7月7日	7月8日 8月5日
大正拾參年	A	0.00	0.00	0.06	0.09	0.23	0.52	1.50	4.97	7.45	8.39	6.66	4.45	2.39	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.01	0.05	0.06	0.14	0.75	1.85	3.70	7.22	4.65	2.75	0.45	0.00	0.00	0.00
	C	0.00	0.00	0.12	0.16	0.20	0.42	1.42	4.41	7.73	10.40	7.39	5.66	2.83	0.00	0.00	0.00
	E	0.00	0.00	0.00	0.16	0.27	0.36	1.75	5.55	8.32	7.89	5.26	3.66	3.79	0.00	0.00	0.00
	總平均	0.00	0.00	0.07	0.13	0.20	0.40	1.37	4.34	7.19	9.15	6.55	4.70	1.63	0.00	0.00	0.00

* A は A 型の中伸長生長の休止期まで測定し得たるものの平均にして途中病蟲害の爲め故障ありたるものは始めより計算に入れず，他の B C. D, E に於ても之と同樣なり。

而して 5 月 15 日乃至 20 日頃（平均氣溫 16°. 8 C）には芽條の頂端に翌年生長すべき冬芽 (5) 抽出し肉眼にて認めらるゝに至れり，此時に於ける內部組織は芽條の基部より中央まで形成層輪完成し，中央より先端部は未だ形成層輪完成せず，其外觀は旣に頂端まで葉出で居るも上方は未だ葉短く且つ密着す。而して 6 月 5 日乃至 10 日に於て全く伸長生長の休止せる時には翌年の冬芽は約 5mm. に達す。

次に一生長期間內に於て最大の生長をなしたるものは最小なりしものに比し必ずしも生長の開始當時より其全長大なるものに非ず，生長の始期に小なりしものが最大となれるものあ

り。而して一般に小なる生長をなしたるものは生長の開始期遲く，總ての經過遲るるものなり。6 月上旬其年の芽條の伸長生長全く休止する前より翌年の冬芽は生長し，其冬芽の伸長生長の休止期は 11 月上旬なり（第 2 圖參照）。

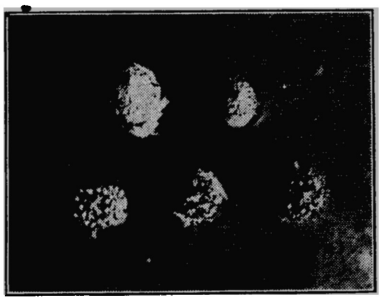
即ち冬芽は前年の 5 月 20 日前後に芽條の頂端に抽出し，之より 11 月上旬まで生長し，冬季の寒氣の爲め一時生長を中止し翌春 2 月下旬再び伸長生長を開始し，6 月上旬に頂端に抽出したる翌年の冬芽の爲に節を生じ其節以下に於ては最早伸長生長を行はず。

次に翌年の冬芽の發生源（Anlage）が芽條中に始めて形成せられる時季を確めんが爲に大正 13 年 1 月 31 日より一定の時日毎に芽條を採集檢鏡せしに 4 月 29 日（平均氣溫 15°.00）に發生源の形成せられ居るものを多數見出したり。此時の芽條は長さ約 23 cm. 基部に於ける直徑 10 mm. 前後にして，未だ鱗片（Knospenschuppen）にて蔽はれ（3）葉出でず，肥大生長の爲め鱗片の開舒隆起せる部分は芽條の中央にあり，上方は未だ鱗片密着す。

尙此時期の著しき外觀的變化としては是迄は芽條の頂端が鋭く尖り居しも此時に至り頂端開舒し，扁平となる事なり（第 1 圖參照）。

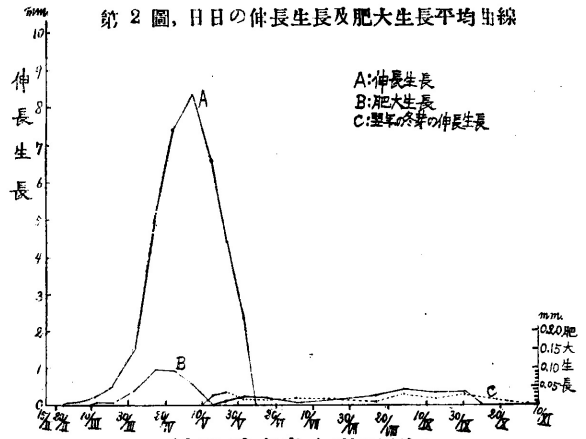
更に此時期の解剖學的變化は芽條の下方のみに發達し居りし木質部が頂端生長點（3）の附近まで進及し，同時に此先端部の木質部より分岐し翌年の冬芽の發生源の基部に向ひ居るを見る。故に冬芽の發生源の形成せられてより約 1 箇月の間の伸長生長は主として是迄に分裂せられたる細胞自身の分裂（1），伸長及び肥大に依るものの如し。

第　1　圖



A：未だ翌年の冬芽の發生源（Anlage）形成せられず頂端尖れるもの。
B：翌年の冬芽の發生源形成せられ頂端開舒し扁平となれるもの。

第 2 圖，日日の伸長生長及肥大生長平均曲線



（大正 13 年度 A 型の平均）

伸長生長の開始期（2 月下旬）より休止期（6 月上旬）に至る伸長期中（4）5 月 1 箇月間は最も著しき伸長生長をなし，日日の伸長生長曲線（18）は唯 1 回の最高點を示すのみなり（第 1 表及第 2 圖參照）。

2. 肥大生長の經過

肥大生長の開始及び終止季節を決定せんが爲に大正 13 年 1 月より一定の時日毎に檢鏡したる結果其年の冬芽（全長約 3.5 cm. 基部の直徑 6 mm.）と前年度の主軸との間に極めて著しき差異あるを認めたり。即ち前年度の主軸（2 年生部）の春材形成は一般に先端より始り下方に及ぶを見（9, 10），先端より 5—10 mm. 下の斷面に就て檢鏡せしに 2 年生部に於ては 2 月 29 日（平均氣溫 5°. 4 c）に辛ふじて形成層の始動を見，3 月 6 日には既に 2-3 層の木質部新成細胞層を見たり。是に依つて 2 年生部組織的肥大生長の開始は芽條の伸長生長の開始と殆んど同時なり（10），而して 2 年生部先端の春材部細胞層が 3—5 層となりし時の 3 月 5 日乃至 10 日（平均氣溫 5°. 6 c）に其頂端に存する冬芽が外觀的肥大生長を開始す。

2 年生部にありては明かに冬眠し居り秋材部の限界明瞭なれども冬芽の斷面は春秋材の境界極めて不明瞭にして 1 月下旬に於て既に維管束內木質部に 6-7 層の未だ木化せず，內容に富みたる新生細胞層を見たり，而して前年の秋材部の終期を見るに明かなる境界存する故一時肥大生長を休止したる事は確實なるも其の秋材部境界に凹凸あり，2 年生部に於ける如く正しき圓弧狀をなさず。尙又初生維管束の間に形成層輪を造る爲に獨立せる新生維管束の生ぜるあり。

是に依りて之を見れば福岡地方に於ては冬芽の肥大生長は晩秋一時休止すれども冬季中全く休止するに至らず極めて徐々に生長をなすものの如し。故に組織的肥大生長の開始期は 2 年生部に就て初めて明瞭に之を知るを得べし。

次に芽條の基部より少し上部に測定點を印し，肥大生長を測定せし結果外觀的肥大生長の開始期は 3 月 5 日乃至 10 日（平均氣溫 5°. 6 c）にして，伸長生長の開始期より約 10 日間遲るるを見たり（第 2 表參照）。

肥大生長開始後芽條の多くは基部より鱗片隆起し始む，然れども冬芽には種々の形狀あり非常に早くより鱗片の隆起し始めるものと容易に隆起せず單に鱗片の弛める程度のものとあり，從つて實測直徑の增加の程度に多少の誤差を示す。

一旦鱗片の隆起したる後 4 月 10 日乃至 20 日（平均氣溫 14°. 0 c）に至れば伸長生長急激に速かとなるため各鱗片の間隔遠ざかると共に次第に基部より鱗片脫落し，實測直徑は急

第 2 表　赤松及黒松芽條の日日の直徑肥大生長及面積肥大生長平均表

測定年度	摘芽の程度		肥大生長量 (mm. 又は mm²)																									
			自 2月22日 至 2月26日	2月27日 3月7日	3月8日 3月25日	3月26日 4月2日	4月3日 4月10日	4月11日 4月20日	4月21日 4月24日	4月25日 5月2日	5月3日 5月12日	5月13日 5月16日	5月17日 5月25日	5月26日 5月30日	5月31日 6月6日	6月7日 6月13日	6月14日 6月23日	6月24日 6月29日	6月30日 7月12日	7月13日 7月31日	8月1日 8月10日	8月11日 8月21日	8月22日 9月1日	9月2日 9月11日	9月12日 9月22日	9月23日 10月3日	10月4日 11月15日	10月16日 11月1日
大正拾貳年	直徑肥大生長	A*	0.000	0.027	0.076	0.167	-0.012**	0 010	0.055	0.015	0.010	0.030	0.029	0.088	0.020	0.074	0.030	0.020	0.045	0.029	0.012	0.029	0.016	0.026	0.069	0.083	0.026	0.000
		B	0.000	0.000	0.085	-0.005	0.006	-0.034	0.023	0.001	0 014	0.015	0.000***	0.054	0.038	0.032	0.017	0.027	0.011	0.016	0.006	0.006	0.017	0.010	0.012	0.025	0.013	0.000
		C	0.000	0.039	0.047	0.112	-0.019	-0.010	0·045	0.025	0.027	0.015	0.017	0.130	0.057	0.078	0.035	0.028	0.038	0.015	0.010	0.011	0.015	0.022	0.059	0.061	0,024	0 000
		D	0.000	0.030	0.052	0.181	-0.103	0.006	0.010	0.012	0.013	0.018	0.018	0.048	0.009	0.020	0.030	0.011	0.023	0.011	0.010	0.018	0.036	0.014	0.003	0.020	0.008	0.000
		總平均	0.000	0.030	0.070	0.110	-0.030	-0.010	0.040	0.020	0.020	0.030	0.020	0.080	0.030	0.060	0.030	0.020	0.040	0.020	0.010	0.020	0.020	0.020	0.040	0.060	0.020	0.000
	面積肥大生長總平均		0.000	0.202	0.743	1.194	-0.311	-0.121	0.613	0.156	0.126	0.645	0.146	1.080	0.603	0.835	0.302	0.517	0.486	0.317	0.169	0.311	0.349	0.355	0.663	1.036	0.327	0.000
			自 1月3日 至 1月19日	1月20日 2月5日	2月6日 2月15日	2月16日 2月22日	2月23日 2月29日	3月1日 3月8日	3月9日 3月17日	3月18日 3月28日	3月29日 4月9日	4月10日 4月19日	4月20日 4月29日	4月30日 5月10日	5月11日 5月21日	5月22日 5月27日	5月28日 6月7日	6月8日 6月24日	6月25日 7月7日	7月8日 8月5日	8月6日 8月21日	8月22日 9月5日	9月6日 9月24日	9月25日 10月9日	10月10日 10月29日	10月30日 11月21日	11月22日 12月10日	12月11日 1月8日
大正拾參年	直徑肥大生長	A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.040	0.095	0.092	0.055	0.000	0.011***	0.018	0.018	0.006	0.016	0.025	0.043	0.033	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
		B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.025	0.035	0.055	0.031	0.030	0.000***	0.014	0.004	0.002	0.003	0.003	0.011	0 004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
		C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.009	0.020	0.036	0.094	0.108	0.098	0.024	0.028***	0.040	0.021	0.005	0.013	0.018	0.051	0.020	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
		E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.041	0.078	0.130	0.051	0.000	0.000***	0.050	0.047	0.006	0.017	0.018	0.058	0.048	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000
		總平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.010	0.040	0 080	0.100	0.080	0.020	0.020	0.040	0.020	0.010	0.010	0.020	0.050	0.030	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
	面積肥大生長總平均		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	0.109	0.091	0.346	0.905	1.272	1.028	0.271	0.253	0.565	0.381	0.000	0.232	0.326	0,847	0.400	0.657	0.000	0.000	0.000	0.000

* A は A 型の中肥大生長の休止期まで測定し得たるものの平均にして、途中故障ありたるものは始めより算入せず、他の B.C.D.E に於ても之と同樣なり。

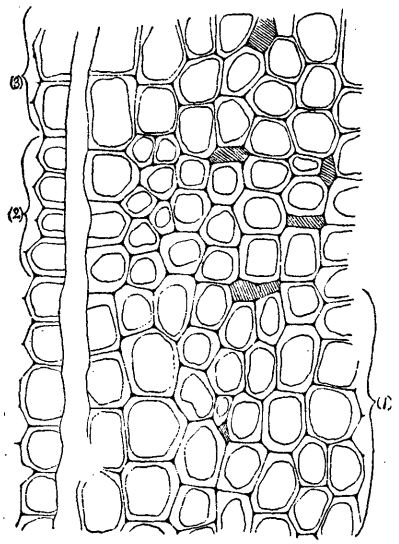
** 負號（－）の付きたるものは鱗片の脫落の爲め直徑減じたるを意味す。

*** 肥大生長の一時休止せしを示す、總ての供試木が一時休止せしも互ひに相前後して表はれたる故平均には良く表れざるなり。

に減少す. 即ち 4 月上旬までの 直徑測定數は 鱗片を含むものにして，是以後は 眞の數値なり。

次に 5 月 10 日乃至 25 日（平均氣溫 16°. 5-17°. 0c）即ち芽條の頂端に 翌年の冬芽の抽出する少し前より之が伸長して全長3-4 mm. に達する迄の間は肥大生長は極めて少きか又は行はず，恰も *Phycomyces* が *Sporangium* の形成の時に一時生長を休止し，二つの生長の大期を造るに似たり (7)。從て此の肥大生長の一時的休止期には一時小なる春材部細胞の數層形成せられ，大なる木質部細胞よりなる春材部中に介在するに至るを見る。(第 3 圖參照)

第 3 圖。 肥大生長の一時的休止期に形成せられたる稍ゝ小なる春材部細胞が大なる春材部細胞中に介在する模樣



(1)： 4 月より 5 月に亙りて形成せられたる大なる春材部細胞
(2)： 肥大生長の外觀的一時休止期に形成せられたる小なる春材部細胞
(3)： 肥大生長の一時的休止期を過ぎ再び大なる春材部細胞の形成せられたる所

而して此肥大生長の一時的休止期は生育地及び樹勢の如何に依り長短あり，日當り良き所にあるもの及び大なる生長をなしたるものは此の休止期短きが如し。

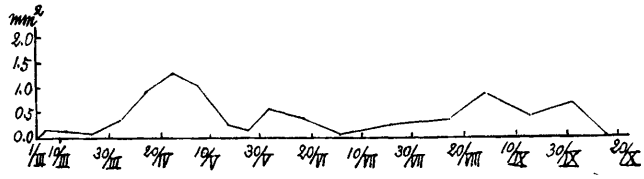
藤岡博士 (10) はスギ (*Cryptomeria japonica*) に就て肥大生長の終止期に就ては年輪構成の開始期の如く明かに確むる事能はざるも東京附近に於ては 10 月及び 11 月の候にあるものの如く且つ該終止期の最も遲き部分は常に梢端一年生部にある事明確なりとせられたり. 是と同樣の關係が余の研究したるアカマツ及びクロマツの芽條に於ても見られ，該終止期は芽條の基部に於ては 10 月 5 日乃至 10 日にして，頂端にありては 10 月下旬（平均氣溫 12°. 0 -13°. 0c）なるを見たり。

元來肥大生長を研究するには或期間に生長せる體積即ち物質生長の量を比較するを可とすれども眞の物質生長量は測定し難き故斷面積肥大生長又は直徑生長を以て代用する場合多

是れ生理的に生長經過を知る爲には單に長さの割合を知れば可なる故なり。

今便宜上面積肥大生長及び直徑生長の兩者を用ひて肥大生長の經過を見るに 3 月上旬生長開始後 4 月より 5 月迄に速かなる生長をなし，5 月 20 日前後に一時休止し，6 月初頭に至り翌年の冬芽の全長 5 mm. 以上となるに及び再び大なる肥大生長をなし，8 月暑氣甚だしき候には生長衰へ 9 月乃至 10 月に又速かなる生長を行ひ合計 3 回の肥大生長の速かなる時期を有す（第 2 圖及第 4 圖參照）。

第 4 圖。 日日の面積肥大生長曲線



此の 3 回の肥大生長の迅速期の中 6 月上旬の第 2 回のものは 3 回中最も小なり，即ち第 2 回の速かなる生長は第 1 回の延長と見做すべきものならん。

次に伸長生長は 2 月 23 日より 6 月 10 日に至る伸長期中 (4) に於て 1 年間の總生長量の 100 % を生長すれども直徑肥大生長にては該期間中に約 50-60%，面積肥大生長にありては約 40-50 % の生長をなし得るのみなり（第 3 表參照）。

第 3 表

測定年度	伸長期中の伸長生長	一年間の伸長生長	伸長期中の直徑肥大生長	一年間の直徑肥大生長	伸長期中の面積肥大生長	一年間の面積肥大生長	一年間の伸長生長に對する伸長期中の伸長生長の百分率	一年間の直徑肥大生長に對する伸長期中の直徑肥大生長の百分率	一年間の面積肥大生長に對する伸長期中の面積肥大生長の百分率
	cm.	cm.	mm.	mm.	mm².	mm²	%	%	%
大正12年度總平均	43.03	43.03	3.38	6.57	39.26	100.61	100	49	39
大正13年度總平均	36.83	36.83	3.95	6.68	50.41	98.97	100	59	51

IV. 芽條に於ける生長帶の部位及び其移動の模様

生長帶を決定せんが爲に大正 13 年 2 月 2 日の未だ生長の開始せざる時より芽條の基部より 1 cm. 毎に墨汁を以て測定點を印し，頂端に近き 1 區分のみは 5 mm. としたり。而して各測定點間の長さ及び各測定點の直徑を測定せしに伸長生長開始當時は頂端に近き部分のみが伸長生長をなし，他の部分は生長せず，即ち冬芽の生長開始も亦先端に始り下方に進及し (10). 伸長生長の終止部位は芽條の基部に始り上方に進及するものの如く，芽條の先端は最も

長き生長期間を有す（第 4 表參照）。

第 4 表　赤松及黑松芽條の各部分の日日の生長率

試驗木番號	測點間番號	測點間の長さ (mm)	各部分の日日の伸長生長率 (%)											
			自2月22日 至2月29日	3月1日 3月8日	3月9日 3月17日	3月18日 3月28日	3月29日 4月9日	4月10日 4月19日	4月20日 4月29日	4月30日 5月10日	5月11日 5月21日	5月22日 5月27日	5月28日 6月7日	6月8日 6月24日
I	1	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	**4.0**	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	10	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	4.1	**4.5**	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	10	0.0	0.0	1.0	2.4	2.9	3.8	4.0	**3.1**	2.5	0.6	0.0	0.0
	4	5	0.0	0.0	1.0	0.8	1.1	5.0	1.8	2.7	**3.4**	2.7	0.0	0.0
	先端部	4	1.6	0.5	0.7	1.5	0.6	3.8	3.2	3.9	0.3	**3.6**	0.7	0.0
II	1	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	**5.0**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	10	0.0	1.1	0.9	1.8	2.6	5.3	**3.7**	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	10	0.0	1.1	2.1	2.3	2.8	4.6	3.1	**3.7**	1,6	0.0	0.0	0.0
	4	10	0.7	0.6	0.5	0.4	3.1	2.4	2.9	2.0	**2.1**	1.8	0.6	0.0
	先端部	3	3.5	0.0	1.2	0.9	3.4	1.5	4.1	1.7	0.2	**3.9**	1.6	0 0
III	1	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	**4.3**	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	10	0.0	0 0	1.0	0.7	3.7	**5.1**	4.3	1 3	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	10	0.0	1.1	1.0	1.0	3.2	5.3	3.7	**4.3**	1.2	0.0	0.0	0.9
	4	5	2.3	1.8	0.7	0.6	2.3	3.5	4.8	2.0	**2.7**	1.8	0.4	0.0
	先端部	1.5	0 0	0.0	0.0	6.4	1.3	1.4	1.3	2.8	3.9	0.4	0.2	0.0

肉太字の位置は最大生長帶の移動の模樣を示し，各部分共最大生長期を過ぐれば急に伸長生長の休止するを見る。

4 月末（平均氣溫 15°. 0 c）即ち翌年の冬芽の發生源 (Anlage) の形成せられるまでは芽條の基部には既に分化せる木質部存すれども此部分は未だ一種の Meristem と見做すべきものにして完全に木化せず，此の時期までは芽條の全部が生長帶なり (1, 21)。然れども此冬芽の發生源の形成せられる時季を境界として 5 月上旬より葉出づる時は芽條の下方の葉出でざる部位は鱗片脫落後青綠色の樹皮を出し，此部分は既に形成層輪は完成せられ決して伸長生長を行はず，斯くて此伸長生長を行はざる部分は葉の存する部分にも進及し生長帶は次第に芽條の下部より上方に移動す (18, 21)。

次に最大生長帶の部位は芽條が鱗片を以て蔽はれ居る 5 月上旬までは鱗片の開舒隆起せ

る部分にして葉の出でてよりは葉の長さ約 1 cm. に達し，稍々隆起したる部分に存す。

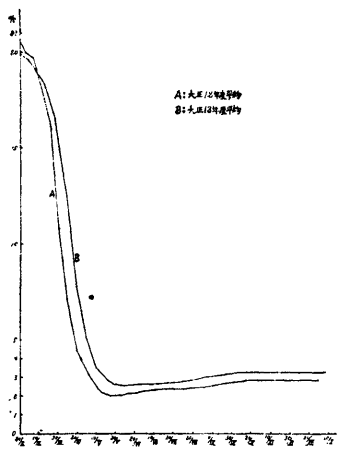
此最大生長帶の部位は形成層輪を完成する少し前にして，伸長生長の終止せる部位は形成層輪の完成せるを認めたり。葉の出でたる部分にては，既に最大生長期を過ぎ葉の長さ約 5cm に達し，芽條の軸に對し約 30° の角度に開きたる部分は既に形成層輪を完成し，同時に木質部は木化し唯肥大生長のみを營むものなり。

V. 伸長生長と肥大生長との相關的關係

伸長生長には唯 1 回の最大伸長期あり，肥大生長には 3 回の速かなる時期ある事既記の如くにして，第 1 回の肥大生長の迅速期は伸長生長の大なる時季と一致し，第 2 回の肥大生長速進期は翌年の冬芽の大な伸長生長を始めたる時季と同じく，第 3 回は 8 月一時生長減退せる冬芽が 9 月及び 10 月に再び大なる伸長生長を行ふ時と一致す（第 2 圖參照）。而して肥大生長の第 1 回と第 2 回との速進期の間に於て一時休止するは芽條の頂端に翌年の冬芽を抽出する時期と一致し，此時期には稍々小なる春材部細胞を形成する事既記の如し，是冬芽形成の爲め營養物質は主として頂端に向ふ爲ならん。斯くの如く伸長生長と肥大生長との間には互に密接なる關係存するなり。

1. 芽條の全長と其基部の太さ（直徑）との關係

總ての時期を通じて其時の芽條の全長に對する基部の直徑の百分率の經過を見るに伸長期中は肥大生長の增進は伸長生長の增進に比して割合に小なるを以て百分率は次第に減少し來り，6 月上旬以後は肥大生長のみ行はれる 故該百分率は除々に增加し來るを見る。（第 5 圖參照）。

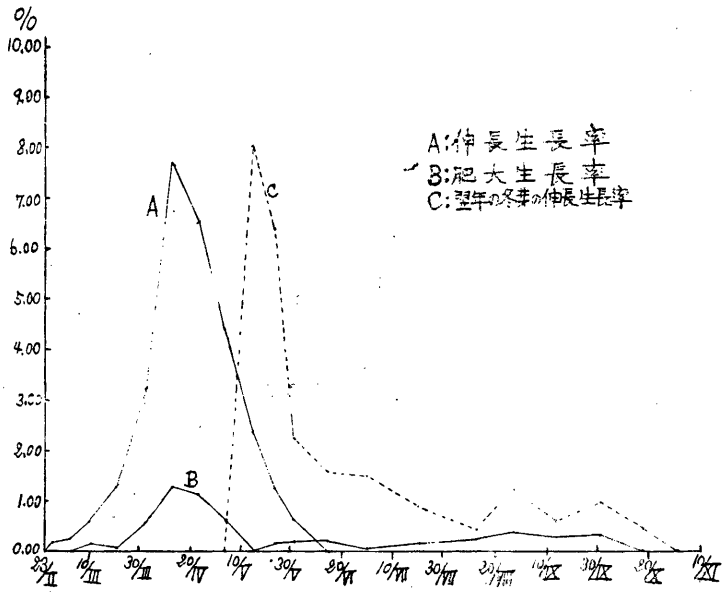


第五圖。 芽條の全長に對する其基部の直徑の百分率

2. 芽條の日日の伸長生長率と其の基部に於ける肥大生長率との關係

各測定期間內に於ける日日の伸長及び肥大生長の平均生長量の，其期間最後の日に於ける全長又は太さ（直徑）に對する百分率を求め，之を其期間に於ける生長率となし，兩者の關係を見るに，日日の伸長生長率の大なる時には日日の肥大生長率も亦大にして兩生長率は大體に正比例的經過を取るものなり（第 6 圖參照）

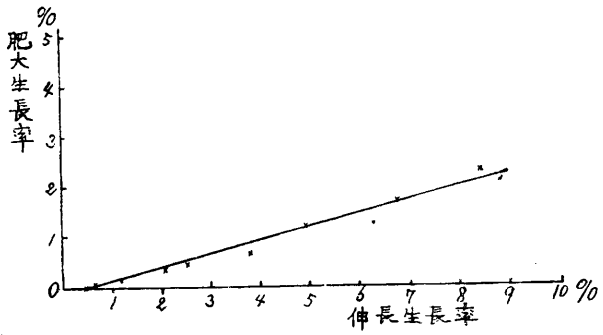
第 6 圖。 日日の伸長生長率及肥大生長率曲線



而して伸長及び肥大兩生長が共に行はるゝ期間中に就て，伸長生長率を横軸に取り肥大生長率を縱軸に取りて兩者の大さの關係を考察する時は兩者の間に大體に正比例的關係の成立する事を一層明かにする事を得（第 7 圖參照）。

尙ほ日々の生長率の最大となる時季は日日の生長量の最大となる時季よりも早く來るものなり。

第 7 圖， 伸長生長率と肥大生長率との大さの關係



3. 芽條の一局部に於ける伸長生長と肥大生長との關係

芽條の伸長生長帶又は最大生長帶は基部より先端に向つて進及する故，何れの時にも伸長生長は其時の芽條の上部（最大生長帶より以上の小部を除き）の方が下部より大なり。然るに形成層輪は芽條の基部に於て最も早く完成され上部程遲き故肥大生長は形成層輪の早く完成されたる基部に於て最大にして順次芽條の上部程少し，即ち芽條の一局部に於ける伸長生長と肥大生長との間には反比例的關係あり。

VI. 種々異常的原因が生長に及す影響

1. 肥大生長を抑制したる場合の伸長生長

肥大生長を抑制する爲に大正 13 年 5 月 29 日造花用の絲針金を極めて密に側生芽條に卷付けたり，側生芽條を用ひたるは手術せざる對照芽條と同一條件の下にあらしめんが爲にして，此手術と同時に此時までの生長經過を知らんが爲に 1 本の枝條を採集し檢鏡に供し，尙他に手術せざる正常の對照芽條を取り何れも此時の側生芽條の全長及び基部より約 1 cm. 上方の直徑を測定し置き，12 月生長終止せる後に採集し測定檢鏡せり。

然れども此實驗に於ける手術は遲きに過ぎしを以て手術後間も無く伸長生長休止せし爲め其年の芽條に就ては比較困難なりしも頂端に抽出せる翌年の各芽の伸長生長には大差あるを見たり。即ち手術せしものの冬芽の全長は，手術せざるものゝ約 40% に過ぎず，人工的に肥大生長を抑制する時は伸長生長を減退せしむるものの如し。

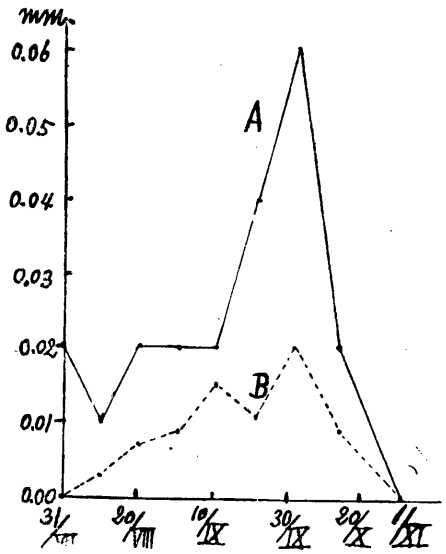
尙本實驗に於て解剖學的に認めたる著しき變化は肥大生長を抑制したるものは手術前に形成せられたる春材部細胞が著しく厚膜になりし事なり，即ち該厚膜細胞は正常のものの春材部細胞と同樣の形狀を有し，秋材部細胞の如く扁平ならざる事より春材部細胞たる事は明かにして其厚膜の程度も極めて著しく到底秋材の比に非ず，尙此の厚膜になりし部分の面積は秋材部の面積より遙かに大なり。之れ春材部細胞が針金の壓力の爲に機械的影響を受けて特に厚膜細胞となりたるものにして，外側に向つて使ふべき肥大生長の勢力を既成細胞の膜の肥厚に用ひたるものなり。

2. 芽條の先端を切斷したる場合の肥大生長

伸長生長を抑制する意味に於て大正 13 年 7 月 12 日に芽條の先端を切斷せり，此時には

既に形成層輪は芽條の頂端に至るまで完成せられ居るを見，斯く手術したるものは翌年の冬芽も生ぜず全く伸長生長をなさざるも切斷點以下には尙多くの葉を有し肥大生長は進行するを見る。然れども此時より 10 月中旬の生長休止期に至る迄の肥大生長は正常のものに比し非常に少く約 34% なり（第 8 圖參照）。即ち伸長生長を抑制する場合には肥大生長の減退するを見，此事實は前記肥大生長を抑制したる場合の結果と共に芽條の伸長及び肥大の兩生長現象には並行的關係の存するありて，其一方を抑制せば他も亦衰へるに至る事を示すものなり。

第 8 圖。芽條の先端を切斷したるものと，せざるものとの日日の肥大生長の比較



A：芽條の先端を切斷せざるもの —— 日々の肥大生長曲線
B：芽條の先端を切斷したるもの——日々の肥大生長曲線

3. 側生芽條の一部を除去したる場合の主軸芽條の生長

側生芽條の一部を除去し殘存芽條の數に依り

A 型：自然に出でたる芽條を其儘としたる正常のもの

B 型：主軸と側生芽條 2 本，合計 3 本の芽條を同一垂直平面內に殘し他の側生芽條は全部除去したるもの

C 型：主軸のみを殘し，側生芽條は總て除去したるもの

D 型：其年に生長すべき梢端の芽條は A 型の如く總て殘し，梢端以外の枝の芽條は最下部のものまで全部除去したるもの

の 4 型に分ち，殘存せし側生芽條の數に依り主軸芽條の生長に及す影響を研究せり。

其結果 A 型即ち正常のものを標準として考察せば次の如し。

B 型の主軸は A 型よりも稍々生長可良なり，然れども B 型の側生芽條（2 本）は何れも劣り獨り主軸のみ生長勝りたり。C 型は總ての型の中最も旺盛なる生長をなし，生長開始期も早く且つ 5 月下旬の肥大生長の一時的休止も短し，即ち翌年の冬芽の形成に長期間を要せ

ず概して充實せる感あり。次に D 型は稍々生長良きも A 型中にも樹勢盛なるものは之れ以上の生長をなすものあり，然れども D 型の總ては A 型中の優勢木と略々同樣の生長をなすを得たり。是に依つて之を見れば人工的に側生芽條の數を減少すれば其年の主軸芽條の生長を增進せしめ得と云ひ得べし。

更に大正 12 年度に手術し測定したるものの主軸に生ぜる 13 年度の芽條に就て生長の模樣を見るに B, C 及び D 型の主軸の如く人工的に大なる生長をなさしめたるものは何れも其前年度に比し著しく生長の劣れるを認む，即ち前年に於ける過度の生長は翌年の生長に惡影響を與ふるものの如し。今手術せし年に於ける生長狀態に就て各型の順位を大略定むれば C, B, D 及び A 型の順序なり。

4. 前年度に於ける土用芽形成の影響

松に於ける土用芽形成の模樣を見るに主軸芽條に之の出づるもの極めて少く主軸の伸長惡しきものの側生芽條に之を生づるもの多きを見たり。然れども芽條の生長は之まで主に主軸に就て觀察し來りたるを以て材料には前年度に主軸に土用芽を生じたるものを用ひたり，即ち大正 12 年度に主軸に土用芽を形成したるものを E 型とし，大正 13 年度に於ける生長を測定せしに，前年度に土用芽を形成したるものは生長の開始遲く，又翌年の冬芽を抽出すべき 5 月 20 日前後の肥大生長の一時的休止期も長く，正常（A 型）のものの中劣勢木の如き生長經過を取りたり，即ち前年に於ける土用芽の形成は翌年に於ける芽條の生長に有害なるを見る。而して一般に土用芽は日向地に多く且前年に土用芽を形成したるものは其翌年も亦之を形成するを常とす。

VII. 總　　括

1. 芽條の伸長生長開始期は 2 月下旬（平均氣溫 5° C）にして 2 年生部先端の組織的肥大生長の開始期と一致す。而して其外觀的肥大生長の開始期は 3 月上旬（平均氣溫 5°.6 C）にして，2 年生部先端に 5-6 層の春材部細胞が新成せられたる時なり。

冬芽は冬季中を通じて除々に春材部細胞を形成し，其組織的肥大生長の開始期は明かに決定し難し。

2. 伸長生長の終止期は 6 月上旬（平均氣溫 17°.7 C）にして肥大生長の終止期よりも著しく早く，肥大生長の外觀的終止期は芽條の基部に於ては 10 月上旬，先端にては 10 月末（平

均氣溫 12°-13°C) にして，芽條の頂端に抽出したる翌年の冬芽の伸長生長の終止期と一致す。

3. 翌年の冬芽の發生源 (Anlage) の形成せらるる時期は 4 月末 (平均氣溫 15° C) にして，此時期は芽條に葉出でて外觀の變化する境界となり。5 月 20 日前後 (平均氣溫 16°.8 C) に至れば芽條の頂端に翌年の冬芽抽出す。而して此時期の前後に於て肥大生長は一時休止す。

4. 伸長生長期は 2 月下旬乃至 6 月上旬にして唯 1 回の最高點あるのみなれども，肥大生長には 4 月に 1 回，5 月末より 6 月初頭に亙る間に 1 回，9 月及び 10 月の候に 1 回，合計 3 回の急速生長期あり。

5. 芽條の最大生長帶 (伸長生長の) は芽條の基部より 先端に向つて進及し，此最大生長帶は未だ鱗片を以て蔽ははれ居る間は鱗片の開舒隆起せる部分にして，葉の出でたる 5 月上旬以後は葉の長さ約 1 cm. に達し稍々隆起したる部分なり。

而して此最大生長帶の內部組織は形成層輪が完成せらるる少し前にして，伸長生長の止りたる部分に於ては旣に之が完成せられ居るを認めたり。

6. 芽條の全長に對する其基部の太さ (直徑) の百分率は伸長期中は漸次減少し，6 月上旬伸長生長の終止せし以後は除々に增加す。

7. 芽條の日日の伸長生長率と其の基部に於ける日日の肥大生長率との間には密接の關係あり，兩者は大體に正比例的經過を取る。

8. 芽條の一局部に於ける伸長生長と肥大生長との間には反比例的關係あり。

9. 人工的に芽條の肥大生長を抑制し，又は先端を切斷したる場合には何れも他の一方の生長を減退せしむるものなり。

10. 側生芽條の數を少くする程主軸芽條の其年の生長を旺盛ならしむるものなり。然れども此場合過度に生長旺盛となりたる芽條に生づる翌年の芽條の生長は正常のものに劣る。又前年度に土用芽を形成したるものの芽條の生長經過は遲々とし旺盛ならず。即ち前年度に於ける異常的過度生長は翌年の生長に對して惡影響を及すものの如し。

(1925 年 11 月，九州帝國大學農學部林學教室に於て)

文　　獻

1. Askenasy, E. Ueber eine neue Methode, um die Verteilung der Wachstumsintensität in wachsenden Pflanzentheilen zu bestimmen. (Verhandl. d. Nat.-med. Vereins zu Heidelberg. 2, 1878.) Ref. in Just's Bot. Jahresber. 1, 210-211, 1878.
2. Anderson, M. L., Branch growth of Douglas fir. (Trans, Roy. Scottish Arbor. Soc. 35, 144-147, 1921.) Ref. in Bot. Abst. 11, 549, 1922.
3. Berthold, G., Untersuchungen zur Physiologie der Pflanzenorganisation. Leipzig 190', Ref. in Just's Bot. Jahresber. 32, 655, 1904.
4. Büsgen, Blütenentwicklung und Zweigwachstum der Rotbuche. (Zeitschr. f. Forst-u.-Jagdw. 48, 289. 1916.) Ref, in Bot. Centrbl. 133, 113, 1916.
5. Benecke, W. und L. Jost, Pflanzenphysiologie. 4.- Aufl. 2, 27, 1923.
6. Coville, F. V., The influence of cold in stimulation the growth of plants. (Proc. Nation. Acad. Sci. (U. S) 6, 434-435, 1920.) Ref. in Bot. Abst. 7, 66, 1920.
7. Errera, Leo., Die Grosse Wachstumsperiode bei den Fruchtträgern von Phycomyces. (Bot. Zeit. 32, 497-503, 1884.) Ref. in Bot. Centrbl. 21, 259-262, 1885.
8. Erkki, L., 赤松の生長と天候の關係, (Arbeiten der Forstwiss. Gesell. in Finland. 17, 1920. 林學會雜誌 (抄錄) 21, 292-293, 1924.
9. Fujioka, M. (藤岡光長), 杉樹の年齡査定法及植栽年度の鑑定, 山林公報 8, 749-814, 1916.
10. Fujioka, M. (藤岡光長), すぎ樹齡査定及植栽年度鑑定法に關する研究. 林業試驗場報告 20, 1-235, 1920.
11. Garner, W. W., and H. A. Allard, Effect of the relative length of day and night and other factors on growth and reproduction in plants. Jour. agri. Res. 18, 553-605, 1920.
12. Hartig, R., Holzuntersuchungen, Altes und Neues. Berlin 1901.
13. Jahn, E., Holz und Mark an den Grenzen der Jahrestriebe. Inaugural-Dissertation. Berlin 1894.
14. Jost, L., Beobachtungen ueber den zeitlichen Verlauf des sekundären Dickenwachstums der Bäume. Ber. d. deu. Bot. Ges. 10, 587-605, 1892.
15. Kaburagi, T., (鏑木德二), 稚齡期に於ける松類年生長經過の研究, 林學會雜誌 2, 1-12, 1919.
16. Kageyama, J. (影山純介), 林木の生長と陽光の强度とに關する數理的研究, 北海道帝國大學農學部演習林報告 3, 1-124, 1923.
17. MacDougal, D. T. Growth in trees. (Amer. Phil. Soc. 60, 7-14, 1921.) Ref. in Bot. Abst. 10, 121, 1921.
18. Miyake, K., Ueber das Wachstum des Blütenschaftes von Taraxacum. (Beih. z. Bot. Centrbl. 16, 403-414, 1904.) Ref. in Just's Bot. Jahresber. 32, 612-613, 1904.
19. Perry, W. J., Some observation on the relation of soil moisture to height growth in yellow pine saplings. Journal of Forestry 19, 752-753, 1921.
20. Reed, H. S., Growth and sap concentration. Jour. agri. Res. 21, 81-98, 1921.
21. Rothert, W., Ueber Heliotropismus. (Coh. Beitr. z. Biol. d. Pfl. 7, 1, 1894.) Ref. in Bot. Centrbl. 61, 159-166, 1895.
22. Wollny, W., Untersuchungen ueber den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum der Pflanzen. München 1898.

UEBER DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEM STRECKUNGS- UND DEM DICKENWACHSTUM AN DEN JAHRESTRIEBEN VON *PINUS DENSIFLORA* UND *P. THUNBERGII.*

(Resumee)

Kinichi MORIKAWA

Die Wachstumserscheinungen der Jahrestriebe von *Pinus densiflora* und *P. Thunbergii* wurden sowohl durch Dimensionsmessungen als auch durch die anatomischen Beobachtungen studiert, um die korrelativen Beziehungen zwischen dem Streckungs- und dem Dickenwachstum an denselbeh ersichtlich zu machen. Die benutzten Versuchsmaterialien, die in dem Universitätsfeld zu Fukuoka wuchsen, waren 10-15 Johre alt. Da aber die Wachstumserscheinungen in Bezug auf unsere Beobachungspunkte an den beiden benutzten *Pinus*-Arten einander sehr ähnlich waren, kamen nur die durchschnittlichen Werte der Resultate erhalten an den Individuen beider Arten zu Betrachtung, ohne dass beide voneinander getrennt studiert worden wären. Die erhaltenen Ergebnisse waren die flolgenden :

1. Das Streckungswachstum der Knospen begann zu Ende Februar (durchschnittliche Temperatur 5° C.) und der Beginn des anatomischen Dickenwachstums am obersten Teile des zweijährigen knospentragenden Zweiges fällt in diegleiche Zeit. Dagegen war das Dickenwachstum des Knospen erst gegen Anfang März (durchsch. Temp. 5.6°C) äusserlich wahrmehmbar, zu welcher Zeit in dem Holzgewebe an dem obersten Teile des zweijäerigen Triebes schon 5- oder 6-schichtige Fruhlingsholzzellen gebildet zu sein pflegten. Die Anfangszeit des anatomischen Dickenwachstums des Knospen ist aber nicht sicher konstatierbar, weil in denselben die Neubildung der Holzzellen während des Winters selbst langsam stattfinden kann.

2. Das Streckungswachstum ist bereits um Anfang Juni (durchsch. Temp. 17.7°C) vollendet, während die Beendigung des Dickenwachstums erst weit später in Oktober, und zwar etwas früher an des Basis als an dem obersten Teile, zu sehen ist. Das Streckungswachstum der neu gebildeten Winterknospen steht gleichzeitig mit dem Dickenwachstum des diesjährigen Triebes still.

3. Die Anlage der Winterknospen wird Ende April (durchsch. Temp. 15° C) gebildet. Von dieser Zeit an beginnt der diesjährige Trieb die Blätter zu

entfalten. Erst gegen den 20. Mai (durchsch. Temp. 16.8°C) wird die Winterknospe an der Spitze des Jahrestriebes sichtbar. Es ist merkwürdig, dass während dieser Bildungszeit der Winterknospen das Dickenwachstum des diesjährigen Triebes zeitweilig unterdrückt wird. Dementsprechend wird die Kurve des Dickenwachstums des Jahrestriebes. mit einer zweigipfligen sommerlichen und einer eingipfligen herbstlichen zusammen gebildet, während die Kurve seines Streckungswachstums, das nur von Ende Mai bis zum Anfang Juni dauert, nur einen einzigen Gipfel zeigt.

4. Die Zone des maximalen Streckungswachstums, derer Situation äusserlich durch die nun entfalten beginnenden Knospenschuppen oder später durch die jetzt ca 1 cm. lang werdenden Blätter gekennzeichnet wird, wird von unten nach oben übertragen. Diese Zone entspricht innerlich der Stelle, wo der Kambiumring beinahe aber noch nicht vollständing ringsum gebildet ist.

5. Zwischen der täglichen prozentualen Zunahme des Trieblänge und derjenigen des Durchmessers an der Basis des Triebes besteht eine beinahe lineale Beziehung, die ganze Streckungsperiode des Jehrestriebes hindurch, während der Verlauf des Streckungs- und des Dickenwachstums an ein und derselben Stelle des Triebes natürlich in umgekehrten Verhältnisse zueinander stehen.

6. Falls das Dickenwachstum des Jahrestriebes künstlich durch die Windung des Drahtes oder das Streckungswachstum des Jahrestriebes durch Abschneiden der Spitze gehemmt wird, so wird auch das Streckungs-bzw. Dickenwachstum unterdrückt, was wieder das Dasein einer korrelativen parallelen Beziehung zwischen den beiden Wachstumserscheinungen beweist. Je geringer durch das Abschneiden die Zahl der Seitentriebe wird, desto lebhafter wird das Wachstum des Haupttriebes. Aber die Knospen eines solch übermässig wachsenden Haupttriebes wachsen im nächsten Jahre weniger lebhaft als die normalen. Dieses Abnehmen des Triebwachstums ist in gleicher Weise auch bei den Individuen, die im letzten Jahre Johnnistriebe gebildet hatten, zu beobachten.